

А.С.Подколзин

Компьютерное моделирование логических процессов

Том 5. Опыт обучения компьютерного решателя
задач

Элементарные физика и химия, шахматы

2016 г.

Введение

Вот уже семьдесят лет ходят упорные слухи о том, что скоро будет создан искусственный интеллект. Еще в пятидесятые годы двадцатого века, когда появились первые ЭВМ, состоявшие из множества блоков размером со шкаф и охлаждавшиеся мощными компрессорами, на них смотрели как на носителей загадочного сверхинтеллекта. Во всяком случае, их размеры впечатляли и подавляли. Однако, время шло, и надежды на разумность таких ЭВМ постепенно угасали. Для сравнения заметим, что сегодня даже обычный смартфон имеет гораздо большие вычислительные возможности, но отнюдь не обладает разумом.

Следующий взлет надежд пришелся на появление персональных компьютеров. Машинные вычисления стали доступны широким массам, и казалось, что это, наконец, приблизит момент появления машинного разума, не уступающего естественному. В этот период Япония озвучила программу по созданию ЭВМ пятого поколения, способных мощным потоком применять правило резолюции для вывода следствий. Впрочем, время шло, и эта программа не привела к желаемому результату.

Автору довелось лет двадцать назад присутствовать на международной выставке SEWIT компьютеров и программного обеспечения в Ганновере, где на японской экспозиции демонстрировались роботы. Да-да, настоящие роботы, которые ходили и общались с обступившей их толпой посетителей. Через некоторое время, уже в одиночестве, автор стоял в полутора метрах от такого робота и смотрел на него в упор, а робот отвечал ответным взглядом. Было немного жутковато и интересно. Увы, через день выяснилось, что никакие это были не роботы, а обычные люди, прошедшие специальную тренировку. Однако, выглядело все очень правдоподобно.

В наше время наблюдается новая волна слухов об искусственном интеллекте, на этот раз связанная с искусственными нейросетями. В Яндекс-новостях пестрят сообщения наподобие "Искусственный Интеллект научился распознавать собак по отпечаткам носов". Об этом интеллекте говорят как о свершившемся факте. Реальным фактом является пока лишь то, что нейросеть наконец научилась безошибочно распознавать лица после того, как через нее прогнали фантастически большое количество обучающих примеров. Не идущее ни в какое сравнение с тем, в общем-то, небольшим количеством, которого достаточно человеку. Аналогичные успехи она демонстрирует и в других задачах распознавания. Появились термины типа "глубокое обучение". Настораживает то, что такое обучение происходит в отсутствии учебников, а у учителя для передачи информации имеются лишь "кнул и пряник", но не какой-либо вариант естественного или логического языка. В сущности говоря, для обучения распознаванию изображений никакие учебники и не нужны, но это, пожалуй, все, чему можно научиться без учебников.

Предыстория вопроса и указанные сомнения заставляют задаться вопросом, действительно ли дела с искусственным интеллектом сегодня обстоят так уж хорошо. Кстати

сказать, не вполне понятно, что вообще такое искусственный интеллект. В конце концов, когда-то за него можно было принять даже обычные карманные калькуляторы, умеющие мгновенно вычислять логарифмы и синусы. На сегодняшний день создано огромное количество прикладных программ, приносящих несомненную пользу и усиливающих человеческий интеллект. Появились даже программы, реально управляющие роботоподобными механизмами. Можно ли все это считать уже созданным искусственным интеллектом, или, все-таки, нет ?

Чтобы ответить на вопросы об искусственном интеллекте, попробуем сначала разобраться с тем, что из себя представляет интеллект естественный. Человечество веками создавало свою пирамиду знаний и умений: теории, технологии, культурные обычаи и т.п. Она развивалась медленно, и каждый вносил в нее лишь относительно малый вклад. То, что обычно считается естественным интеллектом, становится таковым лишь по мере того, как человеческий мозг впитывает в себя содержимое этой пирамиды. Не будем приводить здесь хорошо известные истории про детей - "маугли", выросших вне человеческой цивилизации. Естественный интеллект создается искусственно созданным информационным миром и по хорошо отработанной технологии обучения.

С учетом данной картины, можно предположить, что для создания искусственного интеллекта необходимо каким-то образом вложить в компьютер содержимое этого информационного мира. Что мы имеем на сегодняшний день? Производительность и объемы памяти современных компьютеров достигли фантастических размеров. В тех задачах, для которых удастся написать программы, масштабы их возможностей несопоставимо велики по сравнению с человеческими - даже для обыкновенных ПК. Интернет давно представляет собой подлинное всемирное хранилище знаний - вся или почти вся пирамида знаний и умений давно оцифрована и хранится в компьютерах мировой сети. Почему же эта сеть, все-таки, не обладает подлинным интеллектом, сопоставимым с интеллектом человека? Ответ прост: человек умеет использовать прочитанные знания, иными словами, умеет их алгоритмизировать, а компьютер пока лишь может их хранить. Поисковые системы не в счет - они плохо понимают смысл и часто выдают совершенно нелепые результаты. "Понимание" знаний и есть их алгоритмизация.

К сожалению, в этом направлении прогресс невелик. Программы, алгоритмирующие знания, по-прежнему пишутся людьми. Их написание обычно требует прекрасного владения соответствующей предметной областью. Хотя такие программы позволяют автоматизировать и поднять на качественно новый уровень множество сфер интеллектуальной деятельности, их вряд ли стоит называть искусственным интеллектом. Это всего лишь компьютерная обработка данных.

Вышесказанное заставляет прийти к выводу, что ключ к созданию искусственного интеллекта - решение проблемы алгоритмизации знаний. В переводе на математический язык - проблемы перехода от теорем к алгоритмам.

Математическая логика давно искала способы применения теорем для решения задач. Стартуя с исходной постановки задачи и применяя различные теоремы, имеющиеся в доступном хранилище, можно шаг за шагом видоизменять задачу, перемещаясь по некоторой траектории в дереве задач. Однако, если траектория решения достаточно длинна, экспоненциальный рост трудоемкости процесса поиска по дереву почти не оставляет шансов на успех. Наблюдается так называемый эффект "экспоненциального взрыва". Различные попытки отсечения ветвей дерева задач ничего

не меняют - экспоненциальный рост трудоемкости сохраняется. Эвристические методы "угадывания" нужной ветви тоже малоэффективны. Простые задачи такими методами решать можно, но и не более того.

Вообще, многочисленные попытки найти универсальный способ "управления" теоремами при решении задач, при котором можно было бы пользоваться ими без всякой дополнительной обработки, просто загружая в некоторое хранилище, потерпели неудачу. Стало понятно, что каждая теорема требует своего, индивидуального управления. К сожалению, современная математическая логика не знает, как такое управление создавать. Чтобы разобраться в этом, остается лишь один путь - моделировать рассуждения решающего задачи человека с помощью компьютера и анализировать возникающие при этом способы управления теоремами. Фактически, компьютер здесь превращается в микроскоп для изучения логических процессов.

Данная монография посвящена как раз такому исследованию. В ней предпринята попытка, начиная с нижнего уровня конкретных приемов решения задач, иными словами, снабженных управлением теорем, шаг за шагом подниматься вверх, к источникам этих приемов.

Для получения исходного материала - приемов решения задач - рассматривались задачки из различных предметных областей: элементарной математики (алгебры, геометрии и комбинаторики), математического анализа, аналитической геометрии, дифференциальных уравнений, линейной алгебры, общей алгебры, комплексного анализа, теории вероятностей, элементарных физики и химии, шахмат, понимания естественного языка, распознавания рукописных текстов и др. Всего было проработано свыше 13 тысяч задач. В основном, прорабатывались задачи, решаемые более - менее регулярными ("стандартными") методами, хотя и не только такие. Как правило, брались все стандартные задачи подряд. Процесс решения задачи разбивался на шаги, и для каждого шага писалась программа приема, обобщающего данный шаг. Фактически, это была теорема, снабженная некоторым управлением и развитая для охвата возможно большего числа случаев. Прием, созданный на одном примере, впоследствии подвергался многочисленным коррекциям для обеспечения разумности выполняемых им действий. Таким образом, алгоритм как-бы извлекался из потока примеров. Всего таким образом было создано более 50 тысяч приемов. В результате обучения возникла автоматика решателей задач, способных самостоятельно решать множество задач, аналогичных проработанным. Ход решения допускал прослеживание по шагам. Хотя сейчас системы, дающие пошаговое решение задач по элементарной алгебре, уже не новинка, но данная система могла это делать 25 лет назад.

На самом нижнем уровне программа приема записывалась на специальном алгоритмическом языке ЛОС, позволяющем формулировать сложные условия целесообразности того или иного действия. По существу, это был логический язык, описывающий ситуации, складывающиеся в тех логико-сетевых структурах данных, которые представляли задачу. Он сильно упрощал программирование процессов, связанных с усмотрением в задаче стандартных ситуаций, однако обладал тем недостатком, что теоремная и управляющая компоненты в программе сильно перемешивались. Для реализации программы на ЛОСе был создан интерпретатор, обеспечивавший неплохое быстроедействие.

Следующим шагом на пути к источнику программы приема было разделение теоремной и управляющей частей. Оказалось, что подавляющее большинство приемов, возникших при анализе траекторий решения задач, основаны на некоторой теореме.

Эти приемы подсказали, какой именно алгоритмизирующей разметкой необходимо снабдить теорему, чтобы компилятор мог по ней воссоздать исходную программу приема на ЛОСе. В результате появился язык задания приемов ГЕНОЛОГ. Прием здесь определяется парой "теорема - алгоритмизирующая разметка". Фактически, это не просто язык, а извлеченная из тысяч примеров коллекция способов алгоритмизации теорем. Обучение решателей задач на этом языке резко упростилось и ускорилося. Это позволило освоить, хотя бы в первом приближении, такие требующие огромного количества приемов предметные области, как планиметрия.

Однако, задание приема на ГЕНОЛОГе оставалось достаточно громоздким, а его теорема, будучи фрагментом описания алгоритма, иной раз существенно отличалась от исходной "нормальной" теоремы. На ГЕНОЛОГе подробно описывалось, как использовать теорему при решении задач. Эти рекомендации являлись следствием того, с какой целью предполагалось ее применять.

Поэтому следующим шагом на пути к источнику приемов было создание языка, на котором теорема сопровождалась бы лишь целевой установкой на ее применение. Чтобы прийти к такому языку, понадобилось провести работу по классификации накопленных приемов ГЕНОЛОГа. В основу классификации была положена как раз целевая направленность действий приема. Итогом стал язык более высокого уровня, чем ГЕНОЛОГ, получивший название логического ассемблера. В этом случае теорема сопровождается лишь указанием типа приема и небольшого числа сопровождающих его опций. Ситуация напоминает обычный ассемблер, где тип приема уподобляется коду операции, а опции - операндам. Непосредственная компиляция с логического ассемблера на ГЕНОЛОГ, хотя и возможна, дает сырые приемы, иногда плохо взаимодействующие с другими приемами решателя. Чтобы обеспечить необходимое качество их работы, в процесс компиляции пришлось включить создание тестовых примеров для новых приемов и доводку этих приемов на всем имеющемся обучающем материале задачника решателя. После этого система действительно смогла начать создавать приемы, не уступающие введенным в нее при ручном обучении.

Впрочем, теорема приема, заданного на логическом ассемблере, по-прежнему является лишь "технической" версией исходной "логической" теоремы. По сути дела, логический ассемблер - язык, максимально близкий к пограничному слою между теоремами и приемами, но расположенный со стороны приемов. Чтобы продвигаться дальше к источникам приемов, необходимо было перейти указанную границу и начать работать собственно с теоремами. Для этого каждый прием ГЕНОЛОГа был "спроецирован" на свой источник в базе теорем.

Необходимо было объяснить, каким образом из такого источника, т.е. уже вполне корректной теоремы, сформулированной на логическом языке, переходить к заданию приема на логическом ассемблере. Рассмотрение большого числа приемов позволило выделить ряд характеристик теорем, по которым можно было бы воссоздавать такое их задание. Некоторые из этих характеристик легко вычисляются по самой теореме, другие - требуют знания истории ее возникновения. Была создана процедура, генерирующая по снабженной характеристиками теореме множество потенциально полезных приемов, заданных на логическом ассемблере. Окончательный отбор приемов осуществляется после примерки и доводки их на задачнике.

Сравнение теорем, являющихся источниками приемов решателя, с "базисными" теоремами предметной области показало, что обычно переход к первым от вторых требует существенных шагов логического вывода. Либо теорема, являющаяся источником

приема, возникает из базисной теоремы путем ввода большого числа дополнительных параметров, позволяющих охватить возможно более широкий класс ситуаций, либо получается каким-либо комбинированием группы базисных теорем. Поэтому многообразие теорем - источников приемов решателя - оказывается своего рода задачкой на "программирующий логический вывод", обеспечивающим переход к ним от фундаментальных теорем, аксиом и определений, содержащихся в учебниках.

Работа над обучением системы, реализующей программирующий логический вывод, начата, и накоплены несколько тысяч ее приемов. В этих приемах широко используются возможности самого решателя, так как обычно прием ставит те или иные вспомогательные задачи. Даже начальная стадия обучения системы вывода теорем продемонстрировала ее хорошую эффективность и способность дополнять обученные вручную решатели множеством новых полезных приемов.

Таким образом, поднимаясь от нижних уровней обучения решателей путем разбиения "на приемы" траекторий решения задач, удалось достичь верхнего уровня знаний, извлекаемых непосредственно из учебников. Каждый шаг этого пути определялся анализом множества примеров, причем был практически однозначен. Разумеется, возникла лишь общая схема алгоритмизации теорем. На каждом уровне она требует огромного количества своих приемов, и обучение этих уровней лишь начато.

Однако, уже сейчас работает полностью автономный цикл анализа теоремы и создания по ней приемов. Начинается он с запуска по выбранной теореме цикла программирующего логического вывода. Иногда в этом цикле порождаются сотни предположительно полезных следствий. По каждой выведенной теореме генерируются возможные задания приемов логического ассемблера - иногда десятки таких приемов. По заданию приема на логическом ассемблере компилируется его задание на ГЕНОЛОГе, и далее - программа приема на ЛОСе. Далее по каждому приему, в зависимости от его типа, порождается какой-либо тестовый пример, позволяющий проверить избыточность приема. Те приемы, необходимость которых решателю была выявлена при тестировании, сохраняются в буфере. Предпринимается отбрасывание тех новых приемов, которые для созданных тестовых примеров оказываются избыточными относительно других новых приемов. Наконец, запускается цикл прокрутки решателя по разделам задачника, позволяющий выявить приемы, нарушающие либо тормозящие решение "старых" задач. С этими приемами работает доводчик, варьирующий их уровень срабатывания либо тип приема, повышая степень мотивированности срабатываний. По завершении цикла доводки остается группа новых приемов, почти готовых к перенесению в основной решатель.

Разнообразие явлений, наблюдаемых на различных уровнях логической системы, заставляет серьезно усомниться в возможности быстрого создания искусственного интеллекта. Масштабы работы, которую предстоит проделать - это масштабы работы по развитию новой науки. Как минимум, здесь понадобятся многие десятки лет.

Затянувшееся предисловие к данному тому имело своей целью подчеркнуть основную направленность данного исследования. Речь шла не о создании решателей для пользователей, а о расшифровке процесса алгоритмизации знаний. Соответственно, предлагаемые решатели из различных областей никоим образом не претендуют на завершенность. Их роль была совсем другая - обеспечить обучающим материалом для прослеживания истории возникновения приемов. Однако, начатое обучение во всех перечисленных областях с успехом может быть продолжено. Даже обычный ГЕНОЛОГ предоставляет для этого очень хорошие средства. И база приемов данной

системы может послужить фундаментом для создания разносторонне образованного решателя, способного решать многие практические задачи.

Подробнее об автоматическом создании приемов будет рассказано в заключительных томах монографии. В первом ее томе была описана общая архитектура системы и языки ЛОС, ГЕНОЛОГ. Следующие тома, включая данный и следующий за ним, представляют собой иллюстрацию применения ГЕНОЛОГа в различных предметных областях. В томах со второго по четвертый были описаны приемы ГЕНОЛОГа, связанные с различными разделами математики.

В данном томе мы переходим к нематематическим разделам. Будут описаны приемы решателя, созданные в элементарной физике, элементарной химии и в шахматах. Не будучи специалистом ни в одной из упомянутых областей, автор строго придерживался тех учебных пособий, которые предоставляли обучающий материал. В первую очередь, это задачки "А.И.Черноуцан. Физика. Задачи с ответами и решениями. М., Книжный дом "Университет", 2001.", "В.В.Еремин, Н.Е.Кузьменко. Сборник задач и упражнений по химии. Школьный курс. М., "Мир и Образование", 2003." и учебник "С.Б.Губницкий, М.Г.Хануков, С.А.Шедей. Полный курс шахмат. М., "Фolio", 2004."

В нематематических разделах наиболее трудоемкой частью работы оказалась логическая формализация понятий. Например, в элементарной физике больше всего хлопот доставляли не приемы, основанные на тех или иных законах и формулах, а приемы, обслуживающие "сценарий" задачи - технические устройства, их взаимосвязи и расположение. Каждый из перечисленных разделов, хотя и допускал создание приемов на ГЕНОЛОГе, имел свою особую "общелогическую" специфику. Впрочем, сколь-нибудь значительного развития ГЕНОЛОГа, по сравнению с математическими разделами, не понадобилось. Управление приемами в элементарной физике и химии напоминало случай планиметрии, но было существенно проще. За время написания данного тома обучение в этих разделах по указанным задачкам продолжалось. На момент завершения тома к решателю по элементарной физике добавились разделы "Магнетизм" и "Колебания и волны".

В шахматах было проработано множество примеров, где требовалось определить первый ход, ведущий к достижению гарантированного материального выигрыша или мата. Это лишь начало обучения, однако оно позволило прийти к достаточно удобной организации "шахматных" рассуждений. Собственно описания шахматных позиций спрятаны в технических структурах данных, а на уровень логики вынесены лишь утверждения о свойствах этих позиций. Приемы ГЕНОЛОГа определяют схему быстрых вычислений над шахматными позициями. Сначала из общих соображений определяются "интересные" конфигурации в позиции, а затем предпринимается их анализ на некоторую глубину. Видимо, ничего принципиально нового в этом нет, но формулировка шахматных приемов на ГЕНОЛОГе необходима для прослеживания их источников.

Такие нематематические разделы, как текстовый анализ и анализ рисунков, вынесены в следующий, шестой том монографии. Изложение процедур автоматического создания приемов начнется с седьмого тома.

Напомним, что последнюю версию логической системы можно получить по адресу " www.intsys.msu.ru/invest/solver/logsys.zip".

Автор выражает искреннюю благодарность В.Б.Кудрявцеву, поддержка которого сделала возможным проведение данного исследования.

Оглавление

1	Приемы по элементарной физике	5
1.1	Общие свойства физических объектов	8
1.1.1	Логические символы, используемые решателем для обозначения общих свойств физических объектов	8
1.1.2	Простейшие приемы, относящиеся к общим свойствам физических объектов	12
1.2	Общие свойства процессов	41
1.2.1	Логические символы, используемые решателем для обозначения общих свойств процессов	41
1.2.2	Простейшие приемы, относящиеся к общим свойствам процессов	42
1.3	Единицы измерения	46
1.3.1	Логические символы, используемые решателем для обозначения единиц измерения	46
1.3.2	Приемы, связанные с единицами измерения	47
1.4	Константы	67
1.4.1	Логические символы, используемые решателем для обозначения констант	68
1.4.2	Приемы, связанные с физическими константами	68
1.5	Технические устройства	70
1.5.1	Логические символы, используемые решателем в связи с техническими устройствами	70
1.5.2	Простейшие приемы, связанные с техническими устройствами	71
1.6	Кинематика	77
1.6.1	Логические символы, используемые решателем в кинематике	77
1.6.2	Примеры формулировки задач по кинематике на языке решателя	83
1.6.3	Приемы решателя, связанные с кинематикой	89
1.7	Динамика	175
1.7.1	Логические символы, используемые решателем в динамике	175
1.7.2	Примеры формулировки задач по динамике на языке решателя	177
1.7.3	Приемы решателя, связанные с динамикой	183
1.8	Закон сохранения импульса	265
1.8.1	Логические символы, используемые решателем в связи с законом сохранения импульса	265
1.8.2	Примеры формулировки задач, связанных с понятием импульса, на языке решателя	267
1.8.3	Приемы решателя, связанные с законом сохранения импульса	270
1.9	Работа и энергия	286
1.9.1	Логические символы, используемые решателем в связи с работой и энергией	286

1.9.2	Примеры формулировки задач, связанных с работой и энергией, на языке решателя	287
1.9.3	Приемы решателя, связанные с работой и энергией	293
1.10	Статика	310
1.10.1	Примеры формулировки задач по статике на языке решателя	311
1.10.2	Приемы решателя, связанные со статикой	313
1.11	Гидростатика	317
1.11.1	Логические символы, используемые решателем в гидростатике	317
1.11.2	Примеры формулировки задач по гидростатике на языке решателя	318
1.11.3	Приемы решателя, связанные с гидростатикой	323
1.12	Молекулярная физика. Газовые законы	340
1.12.1	Логические символы, используемые решателем в молекулярной физике и газовых законах	341
1.12.2	Примеры формулировки задач по молекулярной физике и газовым законам на языке решателя	341
1.12.3	Приемы решателя, связанные с молекулярной физикой и газовыми законами	344
1.13	Термодинамика	354
1.13.1	Логические символы, используемые решателем в термодинамике	354
1.13.2	Примеры формулировки задач по термодинамике на языке решателя	356
1.13.3	Приемы решателя, связанные с термодинамикой	360
1.14	Электростатика	378
1.14.1	Логические символы, используемые решателем в электростатике	378
1.14.2	Примеры формулировки задач по электростатике на языке решателя	379
1.14.3	Приемы решателя, связанные с электростатикой	383
1.15	Постоянный ток	412
1.15.1	Логические символы, используемые решателем в связи с постоянным током	412
1.15.2	Примеры формулировки задач о постоянном токе на языке решателя	413
1.15.3	Приемы решателя, связанные с постоянным током	418
1.16	Поиск экстремальных значений путем численной параметризации	438
1.17	Сокращенный ввод условий физических задач	447
2	Приемы по элементарной химии	451
2.1	Общие свойства веществ	452
2.1.1	Логические символы, используемые решателем для обозначения общих свойств химических веществ	452
2.1.2	Интерфейс ввода молекулярных формул	456
2.1.3	Примеры формулировки задач на общие свойства веществ на языке решателя	456
2.1.4	Приемы решателя, связанные с общими свойствами веществ	460
2.2	Химические элементы	514
2.2.1	Логические символы, используемые решателем для обозначения химических элементов и их типов	514

2.2.2	Приемы, используемые решателем в связи с конкретными химическими элементами и их типами	515
2.3	Химические вещества	518
2.3.1	Логические символы, используемые решателем для обозначения химических веществ и их типов	518
2.3.2	Приемы, используемые решателем в связи с конкретными химическими веществами и их типами	520
2.4	Газовые законы	532
2.4.1	Примеры формулировки задач по газовым законам на языке решателя	532
2.4.2	Приемы решателя, связанные с газовыми законами	536
2.5	Строение атома	540
2.5.1	Логические символы, используемые решателем при рассмотрении строения атома	540
2.5.2	Примеры формулировки задач, связанных со строением атома, на языке решателя	542
2.5.3	Приемы, используемые решателем в связи со строением атома	544
2.6	Химические реакции	553
2.6.1	Логические символы, используемые решателем в связи с химическими реакциями	553
2.6.2	Примеры формулировки задач на химические реакции на языке решателя	557
2.6.3	Приемы, используемые решателем в связи с химическими реакциями	564
2.7	Электролитическая диссоциация	636
2.7.1	Логические символы, используемые решателем в связи с электролитической диссоциацией	636
2.7.2	Пример формулировки задачи на электролитическую диссоциацию на языке решателя	636
2.7.3	Приемы, используемые решателем в связи с электролитической диссоциацией	636
2.8	Органическая химия	639
2.8.1	Логические символы, используемые решателем в органической химии	639
2.8.2	Примеры формулировки задач по органической химии на языке решателя	640
2.8.3	Приемы, используемые решателем в органической химии	642
2.9	Приемы по элементарной химии, реализованные на ЛОСе	650
3	Приемы решателя в шахматах	657
3.1	Ввод задач на выбор хода в шахматах	657
3.2	Структуры данных и вспомогательные процедуры для шахмат	659
3.2.1	Структуры данных, используемые решателем для работы с шахматной позицией	659
3.2.2	Процедуры для работы с шахматной позицией, реализуемые интерпретатором ЛОСа	660
3.2.3	Вспомогательные процедуры для работы с шахматной позицией, реализованные на ЛОСе	663
3.3	Логические символы, используемые решателем в шахматах	668

3.3.1	Задание шахматных приемов на ГЕНОЛОГе	668
3.3.2	Логические символы теорем приемов, реализующие вычисления	670
3.3.3	Логические символы, встречающиеся в задачах на выбор хода	679
3.4	Цикл реализации выбранного хода	686
3.5	Приемы, используемые решателем в шахматах	689
3.5.1	Приемы, реализованные на ЛОСе	689
3.5.2	Расчистка обозначений ходов	690
3.5.3	Усмотрение мата в один ход	690
3.5.4	Усмотрение мата в два хода	692
3.5.5	Преследование одинокого короля	695
3.5.6	Пешечные окончания	708
3.5.7	Анализ взятия фигур	715
3.5.8	Анализ угроз фигурам	745
3.5.9	Анализ шаха чужому королю	761
3.5.10	Нападение на фигуру	784
3.5.11	Угроза мата чужому королю	848
3.5.12	Развязывание фигуры	873
3.5.13	Превращение пешки в фигуру	878
3.5.14	Возможность возникновения пата	892
3.5.15	Выбор хода	894
3.5.16	Дебюты	909
3.6	Пример поведения решателя при выборе хода	926

Глава 1

Приемы по элементарной физике

Обучение решателя задачам по физике сталкивается с дополнительными трудностями, отсутствовавшими в математических разделах. Во-первых, возникает проблема оптимальной логической формализации множества неформальных понятий. Чтобы понять достоинства и недостатки того или иного варианта формализации, необходимо сначала поработать с ним на серии задач, и лишь затем, откатившись обратно, ввести необходимые коррективы в язык и приемы. Во-вторых, условие физической задачи обычно содержит множество подробностей, принимаемых "по умолчанию". Явное восстановление таких подробностей, необходимое для работы решателя, приводит к чрезмерно громоздким формулировкам. Так как его приходится выполнять вручную, повышается вероятность пропустить какую-либо мелочь и сделать задачу некорректной. Сокращенная запись с элементами "умолчания" проникает даже в приемы, логику которых приходится уточнять по мере того, как при обучении возникают альтернативные ситуации. По-видимому, для упрощения ввода физических задач понадобится создавать специальные интерфейсы с автоматическим восстановлением подробностей.

Проиллюстрируем неоднозначность логической формализации в физике следующей ситуацией. При обучении решателя простейшие физические задачи первоначально возникли как текстовые арифметические задачи "на движение". Для текстовых задач оказались характерными трехместные предикаты $P(a, b, c)$, у которых a - действие, b - субъект действия, c - объект действия. По этой же схеме выполнялась и формализация задач при дальнейшем обучении физике, с той лишь разницей, что a обозначало не действия, а процессы. В качестве примера такой формализации можно рассмотреть следующую задачу: "Велосипедист за первые 5 секунд проехал 35 метров, за последующие 10 секунд - 100 метров и за последние 5 секунд - 25 метров. Найдите среднюю скорость движения на всем пути".

С использованием предиката "движение(a, b, c)", означающего, что a есть процесс движения субъекта b по траектории c , задачу можно формализовать следующим образом. Ее посылки суть: "движение(a, b, c)", "движение(d, b, e)", "движение(f, b, g)", "длительность(a) = 5сек", "длительность(d) = 10сек", "длительность(f) = 5сек", "длина(c) = 35м", "длина(e) = 100м", "длина(g) = 25м", "движение($p, b, \text{путь}(c, e, g)$)", "исхмомент(a) = исхмомент(p)", "исхмомент(d) = послмомент(a)", "исхмомент(f) = послмомент(d)", "послмомент(f) = послмомент(p)". Единственным условием задачи на описание, имеющей цель "известно", служит равенство $x = \text{скорость}(p, \text{путь}(c, e, g))$. Неизвестная - переменная x .

Здесь b - велосипедист; a, d, f - процессы его движения на трех этапах; p - процесс

его же движения на всем пути; s, e, g - три отрезка пути. Видно, что при данном подходе к формализации задач возникает множество переменных для различных процессов и подпроцессов, а также множество других малоиспользуемых переменных. В целом, условие выглядит несколько громоздким. Возможен другой подход, при котором переменные вводятся только для субъектов и временных промежутков, а вместо предикатов для типа процесса используются предикаты, характеризующие поведение субъекта на временном промежутке. При таком подходе предыдущая задача формулируется более коротким образом:

"точка(a)", "длина(Путь(a, T_1))=35м", "длина(T_1) = 5сек", "длина(Путь(a, T_2))=100м", "длина(T_2) = 10сек", "длина(Путь(a, T_3))= 25м", "длина(T_3) = 5сек", " $T_1 = [t_1, t_2]$ ", " $T_2 = [t_2, t_3]$ ", " $T_3 = [t_3, t_4]$ ". Единственное условие - " $x = \text{скорость}(a, T_1 \cup T_2 \cup T_3)$ ".

Без отвлекающих внимание многочисленных переменных для процессов запись стала гораздо более понятной. После того, как разрыв по сложности формулировок между первым и вторым подходами к формализации стал достаточно ощутимым, обучение решателя по первой схеме было прервано, а созданные к этому моменту приемы скорректированы на второй подход.

Еще одна трудность формализации текстовых задач, в том числе задач по физике, связана с использованием сослагательного наклонения. После того, как фиксирован исходный контекст, делаются различные допущения о дальнейшем развитии событий, и для каждого из них сообщается некоторая информация о том, что произойдет в этом подслучае. Приведем два примера задач такого рода:

1. Дачник, идущий к поезду, пройдя за первый час 3.5 км, рассчитал, что, двигаясь с такой скоростью, он опоздает на 1 час. Поэтому он остальной путь проходит со скоростью 5 км/час и приходит за 30 минут до отхода поезда. Определить, какой путь должен был пройти дачник.
2. Для экскурсии нужно собрать денег. Если каждый экскурсант внесет по 75 копеек, то на расходы не хватит 4.4 руб.; если каждый внесет по 80 копеек, то останется 4.4 руб. Сколько человек принимает участие в экскурсии ?

Прежде всего, заметим, что использование импликации для формализации сослагательных наклонений типа "если A то B " в этих примерах невозможно. Рассмотрение ситуации, когда дальнейшие события разворачивались бы по сценарию A , дает какую-то полезную для решения задачи информацию I о том, что имело место до этого. Эта информация извлекается и передается в описание исходного контекста. Если соответствующую посылку задачи представить как импликацию " $A \rightarrow B$ ", или, в отсутствие варьируемых переменных, как дизъюнкцию " $\neg A \vee B$ ", то при разборе случаев мы имели бы следствие I для подслучая B и не имели бы его для подслучая $\neg A$.

По-видимому, наиболее естественный способ формализации сослагательных наклонений - ввести специальную техническую запись, что-нибудь типа "еслибы(A, B)", а при решении задачи рассматривать каждую такую ситуацию во вспомогательной подзадаче на исследование, к посылкам которой добавлены утверждения A и B . После анализа посылок из них извлекались бы и переносились во внешнюю задачу только те следствия, которые относятся к периоду "до A ". Заметим, однако, что

фактически при обучении решателя пока реализован более грубый способ - все альтернативы рассматриваются в общем логическом контексте, но действующие лица для альтернативных продолжений исходной ситуации обозначены различными новыми переменными. Например, первая из приведенных выше задач формализована следующим образом:

"равндвиж(a, T_1)", "равндвиж(a, T_2)", "равндвиж(b, T_3)", "длина(Путь(a, T_1)) = 3.5 км", "длина(T_1) = 1час", "Путь(b, T_3) = Путь(a, T_2)", " $T_2 = [t_1, t_2 - 30\text{мин}]$ ", " $T_3 = [t_1, t_2 + 1\text{час}]$ ", "скорость(a, T_1) = скорость(b, T_3)", "скорость(a, T_2) = 5км/час". Условие задачи - " $x = \text{длина(Путь}(a, T_1)) + \text{длина(Путь}(a, T_2))$ ".

Здесь a - исходный дачник, не изменяющий скорости, b - его двойник, изменивший скорость после первого часа. Хотя все данные и оказались погруженными в общий логический контекст (что упростило создание приемов), недостатки такого подхода становятся очевидными, если учесть, что нахождение объекта и его двойника в одной и той же точке траектории может быть замечено системой, и из него могут быть сделаны неадекватные выводы. Предоставляя читателю возможность самостоятельно скорректировать формализацию и решение задач с сослагательными наклонениями, заметим лишь, что в "обычных" физических задачах при обучении решателя оно нигде не возникало.

Несколько слов об единицах измерения. Формально они не являются числовыми величинами. Однако, арифметические правила работы с ними ничем не отличаются от правил работы с числовыми коэффициентами. Поэтому, для простоты программирования приемов, единицы измерения трактуются решателем как числа. Это всего лишь технический трюк. Никакой дополнительной информации о том, как соотносятся между собой значения разнородных физических величин, решатель не имеет, и нежелательных коллизий указанное соглашение не вызывает. Можно было бы работать с единицами измерения отдельно от числовых выражений, однако такой способ более сложен и не соответствует общепринятой практике.

Рассмотрение временных промежутков в физических задачах потребовало специального управления. Обычно временной промежуток T задается равенством вида $T = [a, b]$, помещаемым в список посылок. Если это равенство ориентировано так, как указано, то общий прием символа "равно" немедленно устранил все ссылки на переменную T , заменив ее повсюду на $[a, b]$. В типичном случае, когда a, b - вспомогательные переменные, вместо одной неизвестной в выражениях "длина(T)" будем иметь две неизвестных в выражениях $b - a$. Соответственно, система не будет усматривать, что она уже получила столько же уравнений, сколько в них содержится неизвестных, и задачи окажутся не решенными. Поэтому пришлось специальным приемом создавать обратную ориентацию равенства, преобразуя его к виду $[a, b] = T$. Явное выражение для длины промежутка T разрешается подставлять лишь в особых случаях.

Решение задач по физике напоминает решение вычислительных задач по планиметрии: сценарий процессов описывается в списке посылок, и для выражения неизвестных величин через известные параметры создается задача на описание с целью "известно ...". Ее решение реализуется как вывод следствий в блоке анализа. Отметим, что управление выводом следствий в физике оказалось существенно более простым, чем в планиметрии. Поэтому те средства, которые использовались в планиметрии для ускорения решения и уточнения принятия решений, в физике решателем пока практически не используются. Напомним, что к числу таких средств относятся

пакетные операторы, в том числе пакетные индикаторы. По мере перехода к задачам с усложняющимися сценариями, недоиспользование пакетов постепенно привело к ощутимому замедлению процессов решения. Из-за ослабленного управления стали появляться ненужные длинные цепочки преобразований громоздких выражений. Список посылок оказался заполнен множеством второстепенных утверждений. Нередко приемы создавались для слишком частных случаев, так как их обобщение потребовало бы создания специальных идентифицирующих операторов и пакетных синтезаторов. Поэтому, после первичной проработки всех разделов задачника по элементарной физике, предполагается "вторая итерация" - полная переработка материала за счет усиления роли пакетных средств. Начало этого этапа, однако, в ближайшем будущем не планируется, и в данном томе мы опишем лишь первую версию приемов данного раздела. Общие средства отладчика ГЕНОЛОГа легко позволяют находить все задачи, в которых срабатывал тот или иной сомнительный или чрезмерно "зауженный" прием, и при необходимости выполнять любую его переработку.

В качестве основного источника задач по элементарной физике, при обучении решателя использовалась книга "А.И.Черноуцан. Физика. Задачи с ответами и решениями. Книжный дом "Университет", М., 2001."

1.1 Общие свойства физических объектов

1.1.1 Логические символы, используемые решателем для обозначения общих свойств физических объектов

Выражение "масса(a)" обозначает массу объекта a . Это выражение используется только в таких контекстах, где масса данного объекта не зависит от времени. Если же она может зависеть от времени, то для обозначения массы в момент времени t используется выражение "Масса(a, t)". К сожалению, связанные с массой приемы приходится дублировать для учета обоих случаев. Однако, так как зависящая от времени масса встречается крайне редко, фактическое дублирование, предпринимавшееся в процессе обучения, незначительно. При наличии автоматического синтеза приемов альтернативную версию приема можно будет создавать по мере надобности и даже не сохранять после использования.

Выражение "объем(a)", встречавшееся в геометрии, распространяется и на случай материальных - твердых либо жидких - тел a .

Выражение "температура(a, t)" обозначает температуру по Цельсию объекта a в момент t , либо среднюю температуру этого объекта за период t . Измеряется в градусах. Выражение "абстемпература(a, t)" обозначает термодинамическую температуру объекта a в момент t , либо его среднюю термодинамическую температуру за период t . Измеряется в кельвинах.

Утверждение "констемпер(a, T)" означает, что на протяжении промежутка времени T температура тела a не изменяется.

Утверждение "вещество(a, b)" означает, что тело a состоит из вещества b , либо что a - течение вещества b . Если тело в контексте задачи может изменять свое фазовое состояние, то используется утверждение "теквещество(a, b, t)", означающее, что в момент либо период t тело a состоит из вещества b .

Выражение "плотность(a)" обозначает плотность вещества a (для газов - плотность при нормальных условиях). Выражение "Плотность(a, t)" обозначает плотность газообразного тела a в момент t , либо среднюю его плотность за период t .

Утверждение "нормусловия(a, t)" означает, что газообразный объект a имеет в момент либо период t давление, равное 1 атмосфере, и температуру 0 градусов Цельсия.

Утверждение "твердотело(a)" означает, что объект a представляет собой твердое тело.

Утверждение "точка(a)" означает, что a есть материальная точка.

Утверждение "стержень(a)" означает, что a есть длинномерное твердое тело. Утверждение "невесомвнутри(a)" означает, что a есть стержень, вся масса которого сосредоточена в нескольких выделенных точках (обычно концевых).

Выражение "площесечения(a)" обозначает величину поперечного сечения длинномерного тела a .

Утверждение "брусоч(a)" означает, что a есть твердое тело, имеющее форму прямоугольного параллелепипеда.

Утверждение "клин(a)" означает, что a есть твердое тело, имеющее форму прямоугольной призмы, в основании которой лежит фигура, близкая к треугольнику.

Утверждение "колесо(a)" означает, что a есть твердое тело, имеющее форму колеса.

Выражение "внешокружность(a)" обозначает условную внешнюю окружность круглого тела a (колесо и т.п.), рассматриваемую как множество материальных точек этого тела.

Утверждение "шнур(a)" означает, что a есть гибкое длинномерное тело.

Утверждение "Шар(a)" означает, что a есть однородное твердое тело, имеющее форму шара.

Утверждение "Сфера(a)" означает, что a есть твердое тело, имеющее форму сферы.

Утверждение "Куб(a)" означает, что a есть твердое тело, имеющее форму куба.

Утверждение "пластина(a)" означает, что a есть плоское однородное тело. Утверждение "кругпластина(a)" означает, что a - пластина, имеющая форму круга.

Утверждение "диск(a)" означает, что a есть твердое тело, имеющее форму диска.

Утверждение "Кольцо(a)" означает, что a есть материальная окружность.

Утверждение "трубка(a)" означает, что a есть цилиндрическое твердое тело с тонкими стенками, полое внутри. Утверждение "капилляртрубка(a)" означает, что a есть капиллярная трубка.

Утверждение "цилиндртело(a)" означает, что a есть твердое тело, имеющее форму прямого кругового цилиндра.

Утверждение "гладкое(a)" означает, что a есть гладкая ориентированная поверхность либо тело, имеющее гладкую поверхность.

Выражение "размеры(a)" обозначает набор параметров, определяющих размеры материального тела a . В зависимости от типа a , рассматриваются различные наборы параметров. В случае бруска берется тройка чисел, равных длине, ширине и высоте

параллелепипеда. В случае клина берется пара (A, B) , где A - неупорядоченная тройка чисел, задающих размеры треугольного основания призмы; B - высота призмы. Выражение "толщина(a)" обозначает наименьший из трех размеров прямоугольного бруска a .

Утверждение "однородный(a)" означает, что a есть однородное тело либо поле.

Утверждение "длинномерный(a)" означает, что объект a является "однородным в длину", т.е. форма его сечения при движении вдоль оси не изменяется.

Утверждение "последсоединение(a, b, c)" означает, что тело a получается в результате последовательного соединения двух длинномерных тел b, c . Утверждение "параллельное соединение(a, b, c)" означает, что тело a получается в результате параллельного соединения двух длинномерных тел b, c , имеющих одинаковую длину.

Утверждение "соединены(a, t)" означает, что в течение промежутка времени t либо в момент t материальные точки множества a скреплены друг с другом.

Утверждение "состоит(a, b)" означает, что b есть множество составных частей объекта a .

Выражение "поверхнтела(a)" обозначает внешнюю поверхность материального тела a , рассматриваемую как множество материальных точек.

Выражение "Поверхнтела(a)" обозначает ориентированную наружу материальную поверхность материального тела a .

Утверждение "внутрипр(a, b, c, t)" означает, что в момент времени t геометрическая точка a находится на ориентированной материальной поверхности b , причем вектор c ведет из нее внутрь. Утверждение "внешнапр(a, b, c, t)" означает, что в момент времени t геометрическая точка a находится на ориентированной материальной поверхности b , причем вектор c ведет из нее наружу.

Утверждение "нормнапр(a, b, c, t)" означает, что в момент времени t геометрическая точка a находится на ориентированной материальной поверхности b , причем вектор c направлен из a наружу по нормали к b .

Выражение "уклон(a, b, c, d)" обозначает угол наклона в точке a линии, получающейся при пересечении неподвижной в контексте задачи материальной поверхности d с вертикальной в смысле прямоугольной системы координат c плоскостью, проходящей через точки a и b . Угол измеряется от $-\pi/2$ до $\pi/2$, причем если линия опускается при движении от a к b , то уклон считается положительным, иначе - отрицательным.

Утверждение "горизповерхн(a, b, t)" означает, что a есть ориентированная материальная поверхность, которая в момент либо промежуток времени t параллельна плоскости OXY прямоугольной системы координаты b (берется верхняя сторона).

Выражение "высотаповерхн(a, b, t)" обозначает высоту горизонтальной ориентированной материальной поверхности a относительно системы координат b в момент либо период t .

Утверждение "Наклплоск(a, b, c, t)" означает, что a есть прямоугольная ориентированная материальная поверхность, которая на временном промежутке t либо в момент t параллельна оси OY прямоугольной системы координат b и составляет с осью абсцисс угол c (от $-\pi/2$ до $\pi/2$).

Выражение "наклдлина(a, b, t)" обозначает длину наклонной плоскости a , рассматриваемой относительно системы координат b в момент либо период t .

Выражение "наклвысота(a, b, t)" обозначает высоту наклонной плоскости a , рассматриваемой относительно системы координат b в момент либо период t .

Выражение "наклоснование(a, b, t)" обозначает длину основания наклонной плоскости a , рассматриваемой относительно системы координат b в момент либо период t .

Утверждение "внутрсфера(a)" означает, что a есть материальная поверхность, имеющая вид сферы и ориентированная внутрь. Утверждение "внешнсфера(a)" означает, что a есть материальная поверхность, имеющая вид сферы и ориентированная наружу.

Утверждение "внутрцилиндр(a)" означает, что a есть материальная поверхность, имеющая вид цилиндра и ориентированная внутрь. Утверждение "внешнцилиндр(a)" означает, что a есть материальная поверхность, имеющая вид цилиндра и ориентированная наружу.

Выражение "мточки(a)" обозначает множество материальных точек ориентированной материальной поверхности либо материальной прямой a .

Выражение "мповерхн(a)" обозначает материальную ориентированную поверхность, образованную множеством a непересекающихся друг с другом ориентированных материальных поверхностей. Геометрические положения точек этих поверхностей в отдельные моменты времени могут совпадать.

Выражение "верхняясторона(a, b, t)" обозначает ориентированную материальную поверхность, соответствующую верхней стороне тела a относительно системы координат b в момент либо период t . Эта поверхность ориентирована вверх.

Выражение "нижняясторона(a, b, t)" обозначает ориентированную материальную поверхность, соответствующую нижней стороне тела a относительно системы координат b в момент либо период t . Эта поверхность ориентирована вниз.

Утверждение "контейнер(a)" означает, что объект a представляет собой некоторую емкость, нагруженную содержимым.

Выражение "емкость(a)" обозначает ту часть контейнера a , которая заполняется содержимым.

Выражение "содержимое(a)" обозначает содержимое контейнера a . Выражение "Содержимое(a, t)" обозначает содержимое контейнера a в момент либо период t .

Выражение "внутрповерхн(a)" обозначает внутреннюю поверхность контейнера a .

Утверждение "открытсверху(a, t)" означает, что контейнер a в момент либо период t открыт сверху.

Выражение "верхняячасть(a, b, c, t)" обозначает часть тела a , расположенную в момент t выше уровня b в системе координат c . Выражение "нижняячасть(a, b, c, t)" обозначает часть тела a , расположенную в момент t ниже уровня b в системе координат c .

Утверждение "вертикально(a, b, t)" означает, что длинномерный объект a в момент либо период t расположен вертикально относительно системы координат b .

Утверждение "вертикположение(a, b, t)" означает, что тело a в момент либо период t занимает вертикальное положение относительно системы координат b .

Утверждение "пренебрима(a, b)" означает, что масса тела a по сравнению с массой тела b пренебрежимо мала. Фактически является указанием на огрубление ответа задачи.

Утверждение "удалены(a, b, t)" означает, что в момент либо промежуток времени t расстояние между объектами a и b можно считать сколь угодно большим. Аналогично предыдущему.

Утверждение "Слияние(a, b, t)" означает, что на промежутке времени t произошло слияние объектов множества a , в результате которого возник объект b .

Выражение "уменьшить(a, b)" обозначает действие, состоящее в уменьшении параметра a объекта b . Встречается в ответах задач, где требуется указать направление изменения параметра. Обычно a - логический символ, являющийся названием параметра. Пока данное выражение использовалось лишь в задачах по химии.

Выражение "увеличить(a, b)" обозначает действие, состоящее в увеличении параметра a объекта b . Аналогично предыдущему.

Выражение "облполя(a, t)" обозначает геометрическую область, в которой в момент либо период t действует поле a .

Утверждение "внутриполя(a, b, t)" означает, что объект a на протяжении временного промежутка t либо в момент t расположен внутри поля b .

1.1.2 Простейшие приемы, относящиеся к общим свойствам физических объектов

В этом разделе перечислены приемы, относящиеся к понятиям, которые использовались в задачах для общего описания "сценария" - структуры рассматриваемых объектов и процессов. Разумеется, список данных понятий никоим образом не претендует на полноту. Еще менее претендует на полноту список приемов - приводятся лишь те, которые срабатывали в обучающей выборке. Кроме того, простейшие понятия данного раздела встречаются во многих приемах других разделов.

Приемы, связанные с символом "масса"

1. Неотрицательность массы.

$$\forall_a(\neg(\text{масса}(a) < 0))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{Aa}(\text{масса}(A) = a \ \& \ a < 0 \rightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование, имеющих цель "контроль". Выражение a не содержит неизвестных; в нем встречается символ "минус". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Введен сильный ограничитель трудоемкости. Уровень срабатывания равен 2.

2. Аддитивность массы.

$$\forall_{Bn}(l(B) = n \rightarrow \text{масса}(\{; B\}) = \sum_{i=1}^n \text{масса}(B(i)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Заголовком выражения B служит символ "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор", причем переменная n идентифицируется с натуральной константой. Конечная сумма разворачивается в обычную. Указатель "сравно" разрешает косвенную идентификацию выражения $\{; B\}$ через равенство в контексте. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdn}(a = b \cup c \ \& \ b \cap c = \{; d\} \ \& \ l(d) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{мточка}(d(i))) \rightarrow \text{масса}(b \cup c) = \text{масса}(b) + \text{масса}(c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(a)" в посылке задачи на исследование. Заголовком выражения d служит символ "набор". В задаче не встречаются выражения вида "масса(p)", где p - подвыражение выражения d . Таким образом отсекаются ситуации, когда в списке d имеются материальные точки с ненулевой массой. Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый и третий - выделены указателем "идентификатор". Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Указатель "сравно" разрешает косвенную идентификацию операнда a через равенство в посылках. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ABC}(C = A \setminus B \ \& \ B \subseteq A \rightarrow \text{масса}(A) = \text{масса}(C) + \text{масса}(B))$$

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование. Либо выражение "масса(C)", либо выражение вида "центртяжести(b, C)" уже встречается в задаче. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABC}(\text{центртяжести}(a, A) \ \& \ A = B \setminus C \ \& \ C \subseteq B \rightarrow \text{масса}(a) = \text{масса}(B) - \text{масса}(C))$$

Утверждение "центртяжести(a, A)" означает, что условная материальная точка a является центром тяжести тела A . Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(a)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой. Второй антецедент выделен указателем "возмравно". Либо он идентифицируется с посылкой, либо идентифицирует B, C непосредственно по A . Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. Прием определяет массу разности двух вложенных тел, ассоциированную с ее центром тяжести. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abc}(a = b \cup c \ \& \ \text{непересек}(b, c) \rightarrow \text{масса}(b \cup c) = \text{масса}(b) + \text{масса}(c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(b)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент выделен указателем "идентификатор", второй - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "сравно" разрешает косвенную идентификацию операнда a через равенство в посылках. Уровень срабатывания равен 3. На той же самой теореме создана еще одна версия приема. В ней первый антецедент идентифицируется с посылкой; указатель "сравно" не используется. Эта версия возникла при рассмотрении задач по элементарной химии. В ней требуется наличие посылки вида "химостаток(p) = q ", у которой b - подвыражение q . Речь идет о суммировании масс однотипных веществ, являющихся реагентами либо остатками химических реакций. Уровень срабатывания тоже равен 3.

$$\forall_A(A - \text{set} \ \& \ \text{конечное}(A) \rightarrow \text{масса}(A) = \sum_{i, i \in A} \text{масса}(i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения "масса(A)". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

3. Связь массы с объемом.

$$\forall_{ab}(\text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{плотность}(b)\text{объем}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(a)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Либо выражение a имеет заголовок "струя", либо выражение "плотность(b)" встречается в послылках, либо выражение "объем(a)" встречается в послылках, а плотность вещества b удастся определить при помощи нормализатора "нормплотность". Уровень срабатывания равен 2. Созданы еще две версии приема. В первой из них указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "объем(a)", причем существует послылка вида "плотность(b) = p", где выражение p не содержит неизвестных. Ее уровень срабатывания тот же. Во второй версии указатель "контрольвывода" относится к массе. Выражение b здесь константное, т.е. является названием конкретного вещества. Усматривается, что это вещество в нормальных условиях - жидкое либо твердое. В послылках встречается выражение "место(a, t)", обозначающее геометрическое положение материального тела a в момент t . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Aabt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{плотность}(b)\text{объем}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(a)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Не усматривается, что вещество b газообразное. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Aab}(\text{центртяжести}(a, A) \ \& \ \text{вещество}(A, b) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{плотность}(b)\text{объем}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(a)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. В задаче встречается либо выражение "плотность(b)", либо выражение "объем(A)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Aabct}(\text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{масса}(c) = \text{плотность}(b)\text{объем}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(c)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{at}(\text{Плотность}(a, t) = \text{масса}(a)/\text{Объем}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Плотность(a, t)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. В задаче встречается подвыражение "Объем(a, t)". Уровень срабатывания приема равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{плотность}(b)\text{объем}(\text{место}(a, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(место(a, t))" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. В задаче также должно встречаться либо выражение "плотность(b)", либо выражение "масса(a)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{плотность}(b)\text{Объем}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Объем(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. В задаче встречается либо выражение "плотность(b)", либо выражение "масса(a)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{теквещество}(a, t, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{плотность}(b)\text{Объем}(a, t))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{abcd}(\text{плотность}(a) = b \ \& \ \text{объем}(c) = d \ \& \ \text{вещество}(c, a) \rightarrow \text{масса}(c) = bd)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения b, d не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Aab}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{Плотность}(a, t)\text{объем}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(a)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Усматривается, что вещество b в нормальных условиях газообразное. Уровень срабатывания равен 2.

4. Отношение масс.

$$\forall_{abc}(\text{масса}(a)/\text{масса}(b) = c \leftrightarrow \text{масса}(a) = c \cdot \text{масса}(b))$$

Данный прием относится к категории арифметических приемов, связанных с конкретными типами числовых атомов. Причин, по которым такие приемы приходится создавать, две. Во-первых, для различных числовых атомов условия целесообразности применения приема могут сильно различаться (например, уровнем срабатывания). Во-вторых, создание одного общего приема вместо серии его частных случаев потребовало бы привязки его к какому-либо символу арифметической операции. Но тогда попытки применить прием предпринимались бы чрезвычайно часто - даже там, где никаких невырожденных числовых атомов нет и в помине. Это ощутимо замедлило бы работу системы. В то же время, частный случай приема будет активироваться только при встрече с числовым атомом соответствующего типа (в данном случае - с массой), и замедление окажется практически незаметным. При использовании генератора приемов создание любого количества таких частных случаев не является проблемой.

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подутверждению посылки задачи на исследование. Выражение c не содержит невырожденных числовых атомов. Задача имеет еще одну посылку, содержащую одновременно выражения "масса(a)" и "масса(b)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdfp}((a\text{масса}(b) + c)/(d\text{масса}(b) + f) = p \leftrightarrow a\text{масса}(b) + c = dp\text{масса}(b) + fp)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подутверждению посылки задачи на исследование. Допускаются вырожденные нулевые значения c, f и единичные значения a, d . Уровень срабатывания равен 4.

5. Выражение массы из линейного уравнения.

$$\forall_{abcd}(\neg(a = 0) \rightarrow a\text{масса}(b)/c + d = 0 \leftrightarrow \text{масса}(b) = -cd/a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подутверждению посылки задачи на исследование. Выражения a, c, d не содержат неизвестных. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания приема равен 2.

6. Ввод вспомогательного параметра для массы.

$$\forall_{abcp}(\text{масса}(a) = m \ \& \ (m \rightarrow \infty) \rightarrow p = \text{масса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(b)" в посылке задачи на исследование, имеющей цель "известно". Это подвыражение расположено внутри дроби. Текущая посылка имеет тип "неизв", т.е. прямо либо косвенно связана с неизвестными внешней задачи на описание. Указатель "вспомогательный параметр" определяет выбор новой переменной p и регистрацию ее в качестве вспомогательного параметра задачи. Она в процессе решения считается "известной", но включение ее в ответ будет заблокировано: если ответ окажется выражен через вспомогательный параметр, то этот параметр далее станет рассматриваться как неизвестная. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

7. Масса одноэлементного множества.

$$\forall_{ab}(a = \{b\} \rightarrow \text{масса}(a) = \text{масса}(b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Указатель "теквхожд" определяет выбор точки привязки в антецеденте. Этот антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Так как потребность в данном приеме пока возникла лишь в химии, при учете реагентов либо продуктов химической реакции, то для отсеечения замедляющих решатель попыток применения приема в других ситуациях введена проверка наличия посылки с заголовком "Химреакция". Уровень срабатывания равен 1.

8. Нормализатор общей стандартизации "норммасса".

Нормализатор имеет всего два приема. Первый из них использует равенство из посылок, дающее явное выражение для рассматриваемой массы. Теорема второго имеет следующий вид:

$$\forall_{ab}(a \in b \ \& \ \text{невесомвнутр}(b) \rightarrow \text{масса}(a) = 0)$$

Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "масса(a) = c " либо вида " $0 < \text{масса}(a)$ ".

Приемы, связанные с символом "температура"

1. Составной объект.

$$\forall_{abpt}(\text{температура}(a \cup b, t) = p \leftrightarrow \text{температура}(a, t) = p \ \& \ \text{температура}(b, t) = p)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Abct}(A = b \cup c \rightarrow \text{температура}(A, t) = \text{температура}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "температура(b, t)". Антецедент идентифицируется с равенством в посылках. Подразумеается, что это равенство ориентировано в обратном порядке, т.е. оно вводит, а не исключает переменную A . Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия данного приема. В ней указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "температура(A, t)". Это выражение, после обработки нормализатором "нормтемпература", не должно содержать неизвестных. Уровень срабатывания прежний.

2. Простейшее линейное уравнение.

$$\forall_{abcs}(\text{температура}(a, t) - \text{температура}(c, s) = b \leftrightarrow \text{температура}(a, t) = b + \text{температура}(c, s))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 5.

3. Нормализатор общей стандартизации "нормтемпература".

Нормализатор имеет всего два приема. Первый из них использует равенство из посылок, дающее явное выражение для рассматриваемой температуры. Теорема второго имеет следующий вид:

$$\forall_{abcm} (a = \text{Смесь}(\{b; c\}) \ \& \ \text{температура}(a, t) = m \rightarrow \text{температура}(b, t) = m)$$

Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение m не содержит символа "температура".

Приемы, связанные с символом "абстемпература"

1. Связь с температурой по Цельсию.

$$\forall_{at}(\text{абстемпература}(a, t) = \text{температура}(a, t)\text{кельв}/\text{градус} + 273.15\text{кельв})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "абстемпература(a, t)". Проверяется, что в задаче встречается также выражение "температура(a, t)", причем последнее выражение, после обработки нормализатором "нормтемпература", либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "неизв". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abst}(\text{температура}(a, s) - \text{температура}(a, t) = b \rightarrow \text{абстемпература}(a, s) - \text{абстемпература}(a, t) = b\text{кельв}/\text{градус})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "абстемпература(a, s)". Антецедент идентифицируется с посылкой.

Проверяется, что в задаче встречается также выражение "абстемпература(a, t)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{at}(\text{температура}(a, t) = \text{абстемпература}(a, t)\text{градус/кельв} - 273.15\text{градус})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения "абстемпература(a, t)". Проверяется, что в задаче имеется также вхождение выражения "температура(a, t)", причем это вхождение не является одной из частей равенства двух температур. Выведенная послылка снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 6.

2. Равенство абсолютных температур при равенстве температур по Цельсию.

$$\forall_{abst}(\text{температура}(a, s) = \text{температура}(b, t) \rightarrow \text{абстемпература}(a, s) = \text{абстемпература}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения "абстемпература(a, s)". Антецедент, выделенный указателем "равно", идентифицируется с одним либо двумя равенствами в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

3. Разность абсолютных температур равна разности температур по Цельсию.

$$\forall_{ampqst}(\text{температура}(a, t) = \text{температура}(a, s) + m \ \& \ p + q = 0 \rightarrow p \cdot \text{абстемпература}(a, t) + q \cdot \text{абстемпература}(a, s) = pt\text{кельв/градус})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение m не содержит символа "температура". Уровень срабатывания равен 2.

4. Разрешение простейшего линейного уравнения.

$$\forall_{abct}(\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(c, s) = b \leftrightarrow \text{абстемпература}(a, t) = b + \text{абстемпература}(c, s))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к послылке задачи на исследование. Результат снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 10.

5. Нормализатор общей стандартизации "нормаабстемпература".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из послылок.

Приемы, связанные с символом "твердотело"

1. Отнесение точки фрагмента твердого тела ко всему телу.

$$\forall_{abcd}(\text{твердотело}(a) \ \& \ a = b \cup c \ \& \ d \in b \rightarrow d \in a)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками, причем точка привязки выбрана в последнем из них. Уровень срабатывания равен 1. Хотя прием и имеет теоретико - множественный характер, срабатывание его в прочих ситуациях часто оказывается нежелательным. Первый антецедент введен, чтобы пока ограничиться теми случаями, где он был полезен.

2. Проверочный оператор "усмтвердоетело".

Ниже, если не оговаривается обратное, уровень срабатывания приема равен 1, а antecedentes идентифицируются с посылками.

(a) Брусok.

$$\forall_a(\text{брусok}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(b) Колесо.

$$\forall_a(\text{колесо}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(c) Клин.

$$\forall_a(\text{клин}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(d) Цилиндр.

$$\forall_a(\text{цилиндртело}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(e) Пластина.

$$\forall_a(\text{пластина}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(f) Шар.

$$\forall_a(\text{Шар}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(g) Куб.

$$\forall_a(\text{Куб}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(h) Стержень.

$$\forall_a(\text{стержень}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(i) Твердая связь.

$$\forall_{abct}(\text{тврдаясвязь}(a, b, c, t) \rightarrow \text{тврдоетело}(c))$$

Утверждение "тврдаясвязь(a, b, c, t)" означает, что материальные точки a и b в момент либо период времени t вязаны тонким стержнем c . Уровень срабатывания равен 2.

(j) Трубка.

$$\forall_a(\text{трубка}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(a))$$

(k) Погруженная часть твердого тела.

$$\forall_{abt}(\text{тврдоетело}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(\text{погружчасть}(a, b, t)))$$

Выражение "погружчасть(a, b, t)" обозначает часть твердого тела a , частично погруженного в жидкость b , находящуюся в момент либо период t ниже верхнего уровня этой жидкости. Antecedent реализует рекурсивное обращение. Уровень срабатывания равен 2.

(l) Верхняя либо нижняя часть твердого тела.

$$\forall_{abt}(\text{тврдоетело}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(\text{верхняячасть}(a, b, c, t)))$$

$$\forall_{abt}(\text{тврдоетело}(a) \rightarrow \text{тврдоетело}(\text{нижняячасть}(a, b, c, t)))$$

Antecedent реализует рекурсивное обращение. Уровень срабатывания равен 2.

3. Синтезатор "точкителя" определения конечного списка выделенных в задаче точек твердого тела.

Синтезатор реализует утверждение "точкителя(x_1 x_2)", означающее, что x_2 есть множество всех выделенных в текущей задаче материальных точек твердого тела x_1 , включая (если они выделены в задаче) также фиктивные материальные точки для центра тяжести этого тела либо его фрагментов. Входным данным синтезатора служит x_1 ; выходной переменной - x_2 .

- (a) Тело разбито на фрагменты, для которых введены центры тяжести.
 $\forall_{abcdmn}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow b(i) \in a) \ \& \ a = \bigcup_{i=1}^m d(i) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow \text{центртяжести}(c(i), d(i))) \rightarrow \text{точкителя}(a, \{; b; c\}))$
 Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, причем указатель "развертка" определяет идентификацию конечного объединения с обычным объединением. Второй и четвертый антецеденты, выделенные указателем "развертка", идентифицируются с группами посылок. Переменные b, c, d функциональные. Уровень срабатывания равен 1.
- (b) Выделен центр тяжести тела.
 $\forall_{abdn}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow b(i) \in a) \ \& \ \text{центртяжести}(d, a) \rightarrow \text{точкителя}(a, \{; \text{суффикс}(b, d)\}))$
 Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, третий - идентифицируется с посылкой. Второй антецедент, выделенный указателем "развертка", идентифицируется с группой посылок. Отсутствует посылка вида " $x \in \text{поверхнтела}(a)$ ". Переменная b функциональная. Уровень срабатывания равен 2.
 $\forall_{abdn}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow b(i) \in \text{поверхнтела}(a)) \ \& \ \text{центртяжести}(d, a) \rightarrow \text{точкителя}(a, \{; \text{суффикс}(b, d)\}))$
 Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, третий - идентифицируется с посылкой. Второй антецедент, выделенный указателем "развертка", идентифицируется с группой посылок. Отсутствует посылка вида "центртяжести(x, y)", где y отлично от a , причем усматривается включение y в a . Переменная b функциональная. Уровень срабатывания равен 2.
 $\forall_{abdefn}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow b(i) \in \text{поверхнтела}(a)) \ \& \ \text{центртяжести}(d, a) \ \& \ \text{центртяжести}(e, f) \ \& \ f \subseteq a \rightarrow \text{точкителя}(a, \{d, e; b\}))$
 Первый и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, третий и четвертый - идентифицируются с посылками. Второй антецедент, выделенный указателем "развертка", идентифицируется с группой посылок. Переменная b функциональная. Уровень срабатывания равен 2. Обобщение данного приема на случай многих фрагментов тела a с выделенными центрами тяжести предоставляем читателю.
- (c) Центр тяжести не выделен.
 $\forall_{abn}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow b(i) \in a) \rightarrow \text{точкителя}(a, \{; b\}))$
 Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Второй антецедент, выделенный указателем "развертка", идентифицируется с группой посылок. Переменная b функциональная. Уровень срабатывания приема равен 3.

Приемы, связанные с символом "стержень"

1. Длина стержня равна расстоянию между его концами.

$\forall_{BCabct}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \rightarrow \text{длина}(a) = l(BC))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражение "длина(a)" встречается в посылках. Выражения B, C не содержат символа "Место". Уровни срабатывания равны 1 и 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 2. Указатель "контрольвывода" инициирует попытку ее применения при усмотрении подвыражения "Место(b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий и четвертый - выделены указателем "идентификатор". Выражение "Место(c, t)" встречается в посылках. Результат обработки выражения "длина(a)" нормализатором "нормдлина" либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв".

$\forall_{abc}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \rightarrow \text{длина}(a) = l(bc))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(a)" в посылке задачи на исследование. Выражение "расстояние(bc)" встречается в задаче. Заметим, что здесь b, c - не геометрические точки, а материальные. Поэтому расстояние между ними может рассматриваться лишь в ситуациях, когда точки относятся к одному и тому же твердому телу. Обычно такое расстояние появляется лишь в исходном условии задачи. Уровень срабатывания равен 4.

2. Концы стержня принадлежат стержню.

$\forall_{ABC}(\text{концы}(A) = \{B, C\} \rightarrow B \in A)$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Эта задача имеет также посылку "стержень(A)". Уровень срабатывания равен 1.

3. Внутренняя точка лежит на отрезке между концами.

$\forall_{ABCDPQRt}(\text{стержень}(A) \ \& \ \text{концы}(A) = \{B, C\} \ \& \ D \in A \ \& \ P = \text{Место}(B, t) \ \& \ Q = \text{Место}(C, t) \ \& \ R = \text{Место}(D, t) \rightarrow R \in \text{отрезок}(PQ))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение D не совпадает с выражениями B, C . Уровни срабатывания равны 1, 2 и 3.

$\forall_{ABCDt}(\text{стержень}(A) \ \& \ \text{концы}(A) = \{B, C\} \ \& \ D \in A \rightarrow \text{Место}(D, t) \in \text{отрезок}(\text{Место}(B, t)\text{Место}(C, t)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(B, t)" в посылке задачи на исследование. В этой задаче встречаются также выражения "Место(C, t)" и "Место(D, t)". Выражение D не совпадает с выражениями B, C . Уровень срабатывания равен 3.

4. Концы стержня находятся в различных геометрических точках.

$\forall_{ABCPQt}(\text{стержень}(A) \ \& \ \text{концы}(A) = \{B, C\} \ \& \ P = \text{Место}(B, t) \ \& \ Q = \text{Место}(C, t) \rightarrow \neg(P = Q))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

5. Сумма расстояний от точки стержня до его концов.

$$\forall_{BCDa}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{B, C\} \ \& \ D \in a \rightarrow l(BD) + l(CD) = \text{длина}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $l(BD)$ " в посылке задачи на исследование. Первые два antecedента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражение " $l(CD)$ " тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

6. Связь между координатами концов вертикально расположенного стержня.

$$\forall_{BCKabct}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(BC), K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(C, K, 3) = \text{крд}(B, K, 3) + \text{длина}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedенты, кроме пятого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый antecedент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 4.

7. Связь между координатами концов горизонтально расположенного стержня.

$$\forall_{BCKabct}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(BC), K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(C, K, 1) = \text{крд}(B, K, 1) + \text{длина}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения " $\text{крд}(C, K, 1)$ ". Все antecedенты, кроме пятого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый antecedент обрабатывается проверочным оператором. В задаче встречается выражение " $\text{крд}(B, K, 1)$ ". Уровень срабатывания равен 3.

8. Отношение масс стержней, состоящих из одного и того же вещества.

$$\forall_{abc}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{стержень}(b) \ \& \ \text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{масса}(a)\text{длина}(b) = \text{масса}(b)\text{длина}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения a, b различны. В задаче встречается выражение " $\text{масса}(a)$ ". Если стержней, состоящих из вещества c , рассматривается несколько, то в качестве b берется лексикографически наименьший. Тогда остальные стержни будут сравниваться именно с ним. Уровень срабатывания равен 2.

9. Объем стержня равен произведению площади сечения на длину.

Обычно стержень рассматривается как материальный отрезок. Однако, в некоторых задачах это рассмотрение сочетается с указанием ненулевой площади сечения, необходимой для вычисления объема стержня, и далее - его массы. Такого рода формально противоречивое рассмотрение одного и того же объекта с разных точек зрения достаточно распространено в физических задачах. Например, один и тот же объект, причем в одном и том же контексте, может рассматриваться и как материальная точка, и как материальное тело с ненулевым объемом. Следует заметить, что при соблюдении определенных ограничений эти действия являются вполне допустимыми и не приводят к ошибкам.

Здесь мы имеем дело с еще одним проявлением "контекстной корректности" - удобным с вычислительной точки зрения вынесением за скобки излишних подробностей. При первичной проработке обучающего материала по физике, не вдаваясь в анализ того, когда указанное смешение точек зрения является допустимым, мы просто фиксировали его в приемах таким, как оно возникало в задачах.

$$\forall_a(\text{стержень}(a) \rightarrow \text{объем}(a) = \text{длина}(a)\text{площесечения}(a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению посылки задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с другой посылкой. В задаче встречается выражение "площесечения(a)". Уровень срабатывания приема равен 2.

10. Объемы стержня и его части.

$$\forall_{ab}(\text{стержень}(a) \& \text{стержень}(b) \& a \subseteq b \rightarrow \text{объем}(a)\text{длина}(b) = \text{объем}(b)\text{длина}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "объем(a)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "объем(b)" тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "Шар"

1. Объем шара.

$$\forall_A(\text{Шар}(A) \rightarrow \text{объем}(A) = 4\pi(\text{радиус}(A))^3/3)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению посылки задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение "радиус(A)" встречается в посылках. Уровни срабатывания равны 1 и 4.

2. Масса шара.

$$\forall_{abcr}(\text{Шар}(a) \& \text{радиус}(a) = r \& \text{центртяжести}(c, a) \rightarrow \text{вещество}(a, b) \& \text{масса}(a) = 4\pi r^3 \text{плотность}(b)/3)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражение "масса(c)" встречается в задаче, причем отсутствует посылка вида "вещество(a, x)". Прием вводит новую переменную b. Уровень срабатывания равен 3.

3. Расстояние от центра тяжести однородного шара до точки на его поверхности равно радиусу шара.

$$\forall_{ABCDt}(\text{Шар}(A) \& B \in \text{поверхнтела}(A) \& \text{центртяжести}(C, A) \& D = \text{Место}(B, t) \rightarrow l(D\text{Место}(C, t)) = \text{радиус}(A))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению посылки задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

4. Расстояние от центра шара до точки на его поверхности равно радиусу шара.

$$\forall_{ABCat}(\text{Шар}(a) \& A = \text{Место}(a, t) \& \text{центр}(B, A) \& C \in \text{поверхнтела}(A) \rightarrow l(BC) = \text{радиус}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

5. Расстояние до центра шара от точки, расположенной около его поверхности, считается равным радиусу шара.

$$\forall_{ABCDpt}(\text{около}(p, \text{поверхнтела}(A), t) \ \& \ \text{Шар}(A) \ \& \ \text{центртяжести}(B, A) \ \& \ \text{Место}(B, t) = C \ \& \ \text{Место}(p, t) = D \rightarrow l(CD) = \text{радиус}(A))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению посылки задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

6. Положение шара в текущий момент.

$$\forall_{Aat}(\text{Шар}(a) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{шар}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

7. Координаты центра шара и его верхней точки.

$$\forall_{ABKPat}(\text{Шар}(a) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{центр}(P, A) \ \& \ b \in \text{поверхнтела}(a) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(PB), K) \rightarrow \text{крд}(B, K, 1) = \text{крд}(P, K, 1) \ \& \ \text{крд}(B, K, 2) = \text{крд}(P, K, 2) \ \& \ \text{крд}(B, K, 3) = \text{крд}(P, K, 3) + \text{радиус}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "крд(P, K, i)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

8. Связь координат точки соприкосновения шара с наклонной плоскостью и координат его центра.

$$\forall_{ABCDKcat}(\text{Шар}(A) \ \& \ D \in \text{поверхнтела}(A) \ \& \ \text{лежитна}(D, C, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(C, K, t) \ \& \ \text{высотаповерхн}(C, K, t) = a \ \& \ \text{центртяжести}(B, A) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(B, t), K, 3) = a + \text{радиус}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ACKPacpst}(\text{Шар}(a) \ \& \ A = \text{место}(a) \ \& \ c \in \text{поверхнтела}(a) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ \text{движениепо}(c, p, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(p, K, s, t) \ \& \ \text{центр}(P, A) \rightarrow \text{крд}(P, K, 1) = \text{крд}(C, K, 1) - \sin s \cdot \text{радиус}(a) \ \& \ \text{крд}(P, K, 3) = \text{крд}(C, K, 3) + \cos s \cdot \text{радиус}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "крд(C, K, i)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

9. Объем нижней половины шара.

$$\forall_{ABKcat}(\text{Шар}(A) \ \& \ \text{центртяжести}(B, A) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(B, t), K, 3) = a \rightarrow \text{объем}(\text{нижняячасть}(A, a, K, t)) = 2\pi(\text{радиус}(A))^3/3)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Указатель "сравно" допускает косвенную идентификацию подвыражения "нижнячасть(...)" через равенство в посылках. Первые два antecedента идентифицируются с утверждениями из контекста, третий - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

10. Радиусы геометрического и материального шаров.

$$\forall_{Aat}(\text{Шар}(a) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \rightarrow \text{радиус}(A) = \text{радиус}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "радиус(A)". Выражение "радиус(a)" тоже встречается в задаче. Antecedенты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания приема равен 3.

11. Ввод в рассмотрение центра тяжести.

$$\forall_{ABTab}(\text{Шар}(a) \ \& \ \text{место}(a, T) = A \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{центр}(B, A) \rightarrow \text{центртяжести}(b, a) \ \& \ \text{место}(b, T) = A)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. В задаче встречается выражение "Элзаряд(a, T)". Отсутствует посылка вида "центртяжести(x, a)". Прием вводит новую переменную b. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "колесо"

Пока создан единственный прием, относящийся к расстоянию от центра колеса до точки на его внешней окружности:

$$\forall_{BCabct}(\text{колесо}(a) \ \& \ c \in \text{внешокружность}(a) \ \& \ \text{центр}(b, a) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \rightarrow l(BC) = \text{радиус}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все его antecedенты, кроме второго, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй antecedент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "цилиндртело"

1. Положение цилиндра в текущий момент.

$$\forall_{Aat}(\text{цилиндртело}(a) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{цилиндр}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Уровень срабатывания равен 1.

2. Ввод в рассмотрение точек наклонной плоскости, соприкасающихся с основанием цилиндра.

$$\forall_{KMNPabcmnpt}(\text{цилиндртело}(a) \ \& \ \text{основание}(b, a) \ \& \ \text{Наклплоск}(p, K, c, t) \ \& \ \text{место}(b, t) = \text{Круг}(MNP) \ \& \ \text{лежитна}(b, p, t) \rightarrow m \in p \ \& \ n \in p \ \& \ M = \text{Место}(m, t) \ \& \ N = \text{Место}(n, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "x ∈ p, M = Место(x, t)",

а также посылки вида " $x \in p, N = \text{Место}(x, t)$ ". Уровень срабатывания приема равен 3.

3. Масса цилиндрического тела.

$\forall_{abcr}(\text{цилиндртело}(a) \ \& \ \text{радиус}(a) = r \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \rightarrow \text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{масса}(c) = \pi r^2 \text{высота}(a) \text{плотность}(b))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражение "масса(c)" уже встречается в посылках. Отсутствует посылка вида "вещество(a, x)". Прием вводит новую переменную b . Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{abcr}(\text{цилиндртело}(a) \ \& \ \text{радиус}(a) = r \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{масса}(c) = \pi r^2 \text{высота}(a) \text{плотность}(b))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражение "масса(c)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания приема равен 3.

4. Ввод в рассмотрение текущего положения.

$\forall_{AKat}(\text{цилиндртело}(a) \ \& \ \text{вертикположение}(a, K, t) \rightarrow A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{цилиндритело}(A, K))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $x = \text{место}(a, t)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с кубом

Часть приемов этого раздела связана с символом "Куб", обозначающим материальный куб, а часть - с геометрическими кубами, возникающими в задачах по элементарной физике.

1. Геометрическое множество точек.

$\forall_{abt}(\text{Куб}(a) \ \& \ b = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{куб}(b))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Ввод в рассмотрение положения грани куба.

$\forall_{ABDQadpt}(\text{куб}(Q) \ \& \ Q = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ d \subseteq a \ \& \ \text{место}(d, t) = D \ \& \ \text{грань}(D, Q) \ \& \ \text{место}(a, p) = A \rightarrow \text{место}(d, p) = B \ \& \ \text{грань}(B, A))$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида " $x = \text{место}(d, p)$ ". Прием вводит новую переменную B .

3. Усмотрение нового положения ребра куба.

$\forall_{DEFGPQadept}(Q = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{ребро}(\text{отрезок}(DE), Q) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ E = \text{Место}(e, t) \ \& \ P = \text{место}(a, p) \ \& \ G = \text{Место}(d, p) \ \& \ F = \text{Место}(e, p) \ \rightarrow \text{ребро}(\text{отрезок}(FG), P))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в шестом из них. Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

4. Грань куба - его подмножество.

$\forall_{ab}(\text{Куб}(a) \ \& \ \text{грань}(b, a) \ \rightarrow b \subseteq a)$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

5. Выбор начала системы координат в левом нижнем переднем углу куба.

$\forall_{DHKMNPQ}(\text{куб}(D) \ \& \ \text{грань}(\text{фигура}(MNPQ), D) \ \& \ \text{ребро}(\text{отрезок}(HM), D) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(MN), K) \ \& \ \text{вперед}(\text{вектор}(MQ), K) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(MH), K) \ \rightarrow \text{крд}(M, K, 1) = 0 \ \& \ \text{крд}(M, K, 2) = 0 \ \& \ \text{крд}(M, K, 3) = 0)$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Проверяется, что имеющиеся в задаче упоминания о координатах точек относительно системы координат K не мешают выбору начала координат в точке M (рассматриваются лишь координаты скоростей и ускорений, а также разности координат вершин куба). При этом выражение вида " $\text{крд}(M, K, i)$ " встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

6. Усмотрение цилиндрического тела.

$\forall_{AKat}(\text{Куб}(a) \ \& \ \text{вертикположение}(a, K, t) \ \rightarrow A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{цилиндричтело}(A, K))$

Утверждение " $\text{цилиндричтело}(A, K)$ " рассматривалось в аналитической геометрии. Оно означает, что A есть цилиндрическое геометрическое тело, основания которого имеют ненулевую площадь и расположены в прямоугольной системе координат K горизонтально.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $X = \text{место}(a, t)$ ". Прием вводит новую переменную A . Уровень срабатывания равен 2.

7. Ввод в рассмотрение параметра - длины стороны куба.

$\forall_{ABCDE}(\text{куб}(A) \ \& \ \text{грань}(\text{фигура}(BCDE), A) \ \rightarrow l(BC) = d)$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, имеющей цель "известно" и содержащей понятия, относящиеся к элементарной физике. Выражение $l(BC)$ уже встречается в задаче. Результат обработки его нормализатором общей стандартизации не выражен через численные параметры. В задаче имеются посылки вида " $A = \text{место}(a, t), a = \text{емкость}(b)$ ". Прием выбирает новую переменную d и регистрирует ее в качестве вспомогательного параметра. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "внешокружность"

1. Принадлежность телу материальной точки, лежащей на его внешней окружности.

$$\forall_{AB}(A \in \text{внешокружность}(B) \rightarrow A \in B)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

2. Длина внешней окружности.

$$\forall_{ab}(b = \text{диаметр}(\text{внешокружность}(a)) \rightarrow \text{длина}(\text{внешокружность}(a)) = \pi \cdot b)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "длина(внешокружность(a))". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "мточка"

Для усмотрения материальных точек создан проверочный оператор "усмтточка". Обычно в посылках имеется явное указание на материальную точку. Прием, использующий такое указание, срабатывает на уровне 1. Кроме того, введены следующие приемы:

1. Подвеска материальной точки.

$$\forall_{Kabt}(\text{висит}(a, b, K, t) \rightarrow \text{мточка}(a))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

2. Точка твердого тела.

$$\forall_{ab}(\text{твердотело}(a) \ \& \ b \in a \rightarrow \text{мточка}(b))$$

Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

3. Центр тяжести.

$$\forall_{ab}(\text{центртяжести}(a, b) \rightarrow \text{мточка}(a))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "горизповерхн"

1. Выделение момента в промежутке.

$$\forall_{Tabt}(\text{горизповерхн}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{горизповерхн}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Подразбиение промежутка.

$$\forall_{ABCab}(A = B \cup C \ \& \ \text{горизповерхн}(a, b, A) \rightarrow \text{горизповерхн}(a, b, B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "высотаповерхн"

Пока создан единственный прием относительно неизменности высоты неподвижной поверхности:

$$\forall_{Tarp}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \rightarrow \text{высотаповерхн}(a, K, p) = \text{высотаповерхн}(a, K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения вида "высотаповерхн(a, K, p)". Первый антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование, два других - обрабатываются проверочными операторами. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию послылки, содержащей подвыражение "высотаповерхн(a, K, q)". Выражения p, q различны. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "поверхнтела"

Создан единственный прием:

$$\forall_{ab}(a \in \text{поверхнтела}(b) \rightarrow a \in b)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "Наклплоск"

1. Связь длины и высоты наклонной плоскости.

$$\forall_{Kabpqt}(\text{Наклплоск}(a, K, b, t) \ \& \ \text{наклдлина}(a, K, t) = p \ \& \ \text{наклвысота}(a, K, t) = q \rightarrow p|\sin b| = q)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражения p, q не содержат неизвестных, а выражение b - содержит. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabt}(\text{Наклплоск}(a, K, b, t) \rightarrow \text{наклдлина}(a, K, t)|\sin b| = \text{наклвысота}(a, K, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения вида "наклдлина(a, K, t)". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Выражение "наклвысота(a, K, t)" встречается в послылках этой задачи. Уровень срабатывания равен 3.

2. Связь длины основания и высоты наклонной плоскости.

$$\forall_{Kabt}(\text{Наклплоск}(a, K, b, t) \rightarrow \text{наклоснование}(a, K, t)|\sin b| = \text{наклвысота}(a, K, t) \cos b)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения вида "наклоснование(a, K, t)". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Выражение "наклвысота(a, K, t)" встречается в послылках этой задачи. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabchmpq}(\text{Наклплоск}(a, K, b, T) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{движениепо}(c, a, T) \ \& \ \text{мточка}(c) \ \& \ \text{вертплоскдвиж}(c, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \)$$

$$\begin{aligned} & \text{крд}(\text{Место}(c, q), K, 3) - \text{крд}(\text{Место}(c, p), K, 3) = h \ \& \\ & \text{крд}(\text{Место}(c, q), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(c, p), K, 1) = m \ \& \neg(m = 0) \rightarrow b = \arctg(h/m) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, четвертый, шестой и седьмой antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй, третий, пятый и десятый antecedentes обрабатываются проверочными операторами. Восьмой и девятый antecedentes выделены указателем "идентификатор". Выражения h, m не содержат неизвестных, а выражение b содержит. Уровень срабатывания равен 2.

3. Вычисление косинуса угла наклона при известном синусе.

$$\forall_{Kabct}(\text{Наклплоск}(a, K, b, t) \ \& \ |\sin b| = c \rightarrow \cos b = \sqrt{1 - c^2})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. В посылках встречается символ "наклонное". Выражение c не содержит неизвестных, а выражение b содержит. Уровень срабатывания равен 4.

4. Ограничения на величину угла.

$$\forall_{Kabt}(\text{Наклплоск}(a, K, b, t) \rightarrow b \leq \pi/2 \ \& \ -\pi/2 \leq b)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение b содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

5. Подразбиение промежутка времени.

$$\forall_{KPRQT}(\text{Наклплоск}(a, K, b, T) \ \& \ T = P \cup Q \rightarrow \text{Наклплоск}(a, K, b, P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

6. Связь между координатами двух точек наклонной плоскости.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABKabcpt}(\text{Наклплоск}(p, K, c, t) \ \& \ a \in p \ \& \ b \in p \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \\ & B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{крд}(A, K, 2) = \text{крд}(B, K, 2) \ \& \\ & 0 \leq \text{крд}(B, K, 1) - \text{крд}(A, K, 1) \rightarrow \text{крд}(B, K, 1) = \text{крд}(A, K, 1) + l(AB) \cos c \ \& \\ & \text{крд}(B, K, 3) = \text{крд}(A, K, 3) + l(AB) \sin c \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида " $\text{крд}(B, K, i)$ ". Первые пять antecedentes идентифицируются с посылками. Шестой antecedent выделен указателем "идентификатор", седьмой - обрабатывается проверочным оператором. Выражения a, b различны. Уровень срабатывания равен 4.

7. Координаты направляющего вектора нормали к наклонной плоскости.

$$\begin{aligned} & \forall_{KTbcpqt}(\text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, p, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{нормнапр}(A, b, q, t) \rightarrow \\ & c - \text{число} \ \& \ 0 < c \ \& \ \text{крд}(q, K, 1) = -\sin p \cdot c \ \& \ \text{крд}(q, K, 2) = 0 \ \& \\ & \text{крд}(q, K, 3) = \cos p \cdot c \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме третьего, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedent обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

8. Определение угла наклона по координатам двух точек.

$$\forall_{ACKabcmmpt}(\text{Наклплоск}(b, K, p, t) \ \& \ a \in b \ \& \ c \in b \ \& \ l(AC) = m \ \& \\ \text{крд}(C, K, 3) - \text{крд}(A, K, 3) = n \ \& \ \text{крд}(C, K, 2) - \text{крд}(A, K, 2) = 0 \ \& \\ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ 0 \leq p \rightarrow p = \arcsin(|n|/m))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также седьмой и восьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование. Антецеденты с четвертого по шестой выделены указателем "идентификатор". Девятый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения m, n не содержат неизвестных, а выражение p - содержит. Уровень срабатывания приема равен 2.

9. Вектор, ортогональный к наклонной плоскости.

$$\forall_{KMNBbcmnpt}(\text{Наклплоск}(b, K, p, t) \ \& \ m \in b \ \& \ n \in b \ \& \ 0 \leq p \ \& \ \text{прямкоорд}(K) \ \& \\ M = \text{Место}(m, t) \ \& \ N = \text{место}(n, t) \ \& \ \text{крд}(M, K, 2) = \text{крд}(N, K, 2) \ \& \\ \text{вертплосквект}(c, K) \ \& \ c \perp \text{вектор}(MN) \ \& \ \text{крд}(c, K, 3) < 0 \rightarrow \\ \text{крд}(c, K, 3) = -\text{длина}(c) \cos p \ \& \ \text{крд}(c, K, 1) = \text{длина}(c) \sin p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида " $\text{крд}(c, K, 3)$ ". Первые три антецедента, а также антецеденты с пятого по седьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование. Восьмой антецедент выделен указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение " $\text{длина}(c)$ " встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "нормусловия"

Создан единственный прием, выполняющий развертку для конечного списка объектов:

$$\forall_{bt}(l(b) = n \rightarrow \text{нормусловия}(\{; b\}, t) \leftrightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{нормусловия}(b(i), t)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подутверждению посылки задачи на исследование. Выражение b имеет заголовок "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Указатель "сравно" допускает косвенную идентификацию конечного списка $\{; b\}$ через равенство в посылках. Указатель "развертка" определяет выписывание квантора общности в заменяющей части как конъюнкции. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с объемами негазообразных материальных тел

1. Сохранение объема жидкости.

$$\forall_{ABabpq}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ A = \text{место}(a, p) \ \& \ B = \text{место}(a, q) \rightarrow \\ \text{объем}(A) = \text{объем}(B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида " $\text{объем}(A)$ ". Все антецеденты, кроме второго, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения p, q различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abst}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \rightarrow \text{объем}(\text{место}(a, t)) = \text{объем}(\text{место}(a, s)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения вида "объем(место(a, t))". Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послылки "место(a, s)". Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdpqrstu}(a \cup b = c \cup d \ \& \ p = \text{место}(b, t) \ \& \ r = \text{место}(c, u) \ \& \ s = \text{место}(d, u) \ \& \ \text{непересек}(p, q) \ \& \ \text{непересек}(r, s) \ \& \ \text{Жидкость}(a, t) \ \& \ \text{Жидкость}(b, t) \ \& \ \text{Жидкость}(c, u) \ \& \ \text{Жидкость}(d, u) \rightarrow \text{объем}(p) + \text{объем}(q) = \text{объем}(r) + \text{объем}(s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Первый антецедент выделен указателем "равно". Уровень срабатывания равен 4.

2. Объем цилиндрического тела.

$$\forall_{AKat}(\text{цилиндричтело}(A, K) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{объем}(A) = S(\text{нижнеоснование}(A, K))\text{высота}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения вида "площадь(нижнеоснование(A, K))". Антецеденты идентифицируются с послылками. Выражение "высота(a)" встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "состоит"

Пока созданы лишь приемы про сложение масс составных частей:

$$\forall_{Aan}(\text{состоит}(a, \bigcup_{i=1}^n A(i)) \rightarrow \text{масса}(a) = \sum_{i=1}^n \text{масса}(A(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование, причем указатели "развертка" определяют идентификацию конечного объединения с обычным и выписывание конечной суммы как обычной. Переменная A функциональная. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ab}(\text{состоит}(a, \{; b\}) \rightarrow \text{масса}(a) = \sum_{i=1}^n \text{масса}(b(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Заголовком выражения b служит символ "набор". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию n с числом элементов этого набора. Конечная суммы выписывается как обычная. Уровень срабатывания приема равен 3.

Приемы, связанные с символом "брусок"

1. Объем бруска равен произведению его длины на площадь сечения.

$$\forall_{abc}(\text{брусок}(a) \ \& \ \text{длина}(a) = b \ \& \ \text{площсечения}(a) = c \rightarrow \text{объем}(a) = bc)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Выражения b, c не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

2. Высота верхней поверхности бруска, занимающего горизонтальное положение.

$$\forall_{Kabpt}(\text{брусок}(a) \ \& \ \text{горизположение}(a, K, t) \ \& \ \text{лежитна}(\text{нижнясторона}(a, K, t), b, t) \ \& \ \text{толщина}(a) = p \rightarrow \text{высотаповерхн}(\text{верхняясторона}(a, K, t), K, t) = \text{высотаповерхн}(b, K, t) + p)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражени. посылки задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

3. Усмотрение цилиндрического тела.

$$\forall_{AKat}(\text{брусок}(a) \ \& \ \text{вертикположение}(a, K, t) \rightarrow A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{цилиндричтело}(A, K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $X = \text{место}(a, t)$ ". Прием вводит новую переменную A . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{AKat}(\text{брусок}(a) \ \& \ \text{вертикположение}(a, K, t) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{цилиндричтело}(A, K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "соединены"

1. Совпадение положений.

$$\forall_{Tabct}(\text{соединены}(\{a, b, c\}, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида " $\text{Место}(a, t)$ ". Первый антецедент идентифицируется с другой посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение " $\text{Место}(b, t)$ " тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

2. Совпадение скоростей.

$$\forall_{Tabct}(\text{соединены}(\{a, b, c\}, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Скорость}(a, K, t) = \text{Скорость}(b, K, t))$$

Выражение " $\text{Скорость}(a, K, t)$ " обозначает вектор скорости в момент t материальной точки a относительно материальной точки либо поступательно движущегося твердого тела или системы координат K .

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида " $\text{Скорость}(a, K, t)$ ". Первый антецедент идентифицируется с другой посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение " $\text{Скорость}(b, K, t)$ " тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания приема равен 2.

$$\forall_{Tabct}(\text{соединены}(\{a; b\}, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Скорость}(a, K, t) = \text{Скорость}(\{a; b\}, K, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида " $\text{Скорость}(a, K, t)$ ". Первый антецедент идентифицируется с другой посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. В задаче имеется посылка, указывающая, что конечная система точек $\{a; b\}$ в период T

либо движется по поверхности некоторого тела, либо соединена твердой или гибкой связью с некоторым телом. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "последсоединение"

1. Последовательное соединение двух упругих связей.

$\forall_{abcdemt}$ (последсоединение(c, a, b) & упругсвязь(d, e, c, t) \rightarrow упругсвязь(d, m, a, t) & упругсвязь(m, e, b, t) & удлинсвязи(c, t) = удлинсвязи(a, t) + удлинсвязи(b, t) & сила(d, m, t) = сила(d, e, t) & сила(m, e, t) = сила(d, e, t))

Утверждение "упругсвязь(d, e, c, t)" означает, что материальные точки d и e в течение промежутка t либо в момент t соединены упругим соединением c . Выражение "удлинсвязи(c, t)" обозначает величину удлинения упругого одномерного тела c в момент либо период t . Берется со знаком. Выражение "сила(d, e, t)" обозначает вектор силы, с которой объект e действует на объект d в момент либо период времени t .

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию в посылке задачи подвыражения "удлинсвязи(c, t)". Отсутствует посылка вида "упругсвязь(u, v, a, t)". Прием вводит новую переменную m . Уровень срабатывания равен 4.

2. Знак удлинения связи.

\forall_{abct} (последсоединение(c, a, b) & $0 \leq$ удлинсвязи(c, t) \rightarrow $0 \leq$ удлинсвязи(a, t) & $0 \leq$ удлинсвязи(b, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "удлинсвязи(c, t)". Первый антецедент идентифицируется с другой посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "паралсоединение"

1. Параллельное соединение упругих связей.

\forall_{abcdet} (паралсоединение(c, a, b) \rightarrow упругсвязь(d, e, c, t) \leftrightarrow упругсвязь(d, e, a, t) & упругсвязь(d, e, b, t))

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подутверждению посылки задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Равенство удлинений связей.

\forall_{abct} (паралсоединение(c, a, b) \rightarrow удлинсвязи(c, t) = удлинсвязи(a, t) & удлинсвязи(c, t) = удлинсвязи(b, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "удлинсвязи(a, t)". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, в которой указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "удлинсвязи(b, t)".

Приемы, связанные с символом "основание"

Пока создан единственный прием, указывающий, что основание тела - его подмножество:

$$\forall_{ab}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \text{основание}(b, a) \rightarrow b \subseteq a)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "контейнер"

1. Масса контейнера.

$$\forall_a(\text{контейнер}(a) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{масса}(\text{емкость}(a)) + \text{масса}(\text{содержимое}(a)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. В этой задаче встречается выражение "масса(a)". Уровень срабатывания равен 3.

2. Неподвижный контейнер.

$$\forall_{Tab}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \ \& \ \text{неподв}(a, T) \rightarrow \text{неподв}(b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Неподвижная жидкость, налитая в цилиндрический сосуд, принимает цилиндрическую форму.

$$\begin{aligned} \forall_{BCDKTabcst}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \\ \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{нижнеоснование}(B, K) = C \ \& \\ \text{Содержимое}(a, s) = c \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{Неподв}(c, s) \ \& \ s \in T \ \& \\ \text{Жидкость}(c, s) \rightarrow \text{цилиндричтело}(\text{место}(c, s), K) \ \& \\ \text{нижнеоснование}(\text{место}(c, s), K) = D \ \& \ \text{нижнийуровень}(B, K) = \\ \text{нижнийуровень}(\text{место}(c, s), K) \ \& \ S(C) = S(D)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "место(c, s)". Первые семь антецедентов и девятый антецедент идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "цилиндричтело(место(c, s))". Прием вводит новую переменную D . Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} \forall_{BCDKPTabcdst}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ t \in T \ \& \\ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \\ \text{нижнеоснование}(B, K) = C \ \& \ \text{Содержимое}(a, s) = c \cup d \ \& \ \text{твердотело}(d) \ \& \\ \text{плавает}(d, c, s) \ \& \ \text{Неподв}(c, s) \ \& \ s \in T \ \& \ \text{Жидкость}(c, s) \rightarrow \\ P = \text{место}(c, s) \cup \text{место}(\text{погружчасть}(d, c, s)) \ \& \ \text{цилиндричтело}(P, K) \ \& \\ \text{верхнийуровень}(\text{место}(c, s), K) = \text{верхнийуровень}(P, K) \ \& \\ \text{нижнийуровень}(\text{место}(c, s), K) = \text{нижнийуровень}(P, K) \ \& \\ \text{нижнийуровень}(B, K) = \text{нижнийуровень}(P, K) \ \& \\ \text{нижнеоснование}(P, K) = D \ \& \ S(C) = S(D)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "место(c, s)". Первые три антецедента, антецеденты с пятого по девятый, а также одиннадцатый идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Прием вводит новые переменные D, P . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BCDKPTabcdst}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{нижнеоснование}(B, K) = C \ \& \ \text{Содержимое}(a, s) = c \cup d \ \& \ \text{твердотело}(d) \ \& \ \text{погружено}(d, c, s) \ \& \ \text{Неподв}(c, s) \ \& \ s \in T \ \& \ \text{Жидкость}(c, s) \rightarrow \\ P = \text{место}(c, s) \cup \text{место}(d, s) \ \& \ \text{цилиндричтело}(P, K) \ \& \ \text{верхнийуровень}(\text{место}(c, s), K) = \text{верхнийуровень}(P, K) \ \& \ \text{нижнийуровень}(B, K) = \text{нижнийуровень}(P, K) \ \& \ \text{нижнеоснование}(P, K) = D \ \& \ S(C) = S(D))$$

Аналогично предыдущему.

4. Расслоение двух жидкостей разной плотности, находящихся в одном цилиндрическом сосуде.

$$\forall_{Kabcdhprt}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{содержимое}(a) = c \cup d \ \& \ \text{вещество}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(d, q) \ \& \ \text{жидкость}(p) \ \& \ \text{жидкость}(q) \ \& \ 0 < \text{плотность}(q) - \text{плотность}(p) \ \& \ \text{Неподв}(c \cup d, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow h - \text{число} \ \& \ \text{нижнячасть}(\text{содержимое}(a), h, K, t) = d \ \& \ \text{верхняячасть}(\text{содержимое}(a), h, K, t) = c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов и одиннадцатый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Прием вводит вспомогательный параметр h . Уровень срабатывания равен 1.

5. Проверочный оператор "усмконтейнер".

Помимо приема, использующего явное указание на контейнер в посылках, оператор имеет следующие приемы:

- (a) Мешок.

$$\forall_a(\text{мешок}(a) \rightarrow \text{контейнер}(a))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Набор контейнеров.

$$\forall_{ceg}(c - \text{слово} \ \& \ \forall_d(d \in \{1, \dots, e\} \rightarrow f(c(d))) \ \& \ g = f(c(d)) \ \& \ \text{контейнер}(c(d)) \rightarrow \text{контейнер}(c))$$

Первые два антецедента идентифицируются с посылками, причем переменная c - обычная, а переменная f идентифицируется с логическим символом. Третий антецедент выделен указателем "идентификатор". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором, причем к посылкам оператора добавляется утверждение g . Уровень срабатывания равен 2.

- (c) Элемент набора контейнеров.

$$\forall_{cegi}(c - \text{слово} \ \& \ \forall_d(d \in \{1, \dots, e\} \rightarrow f(c(d))) \ \& \ i \in \{1, \dots, e\} \ \& \\ g = f(c(i)) \ \& \ \text{контейнер}(c(i)) \rightarrow \text{контейнер}(c(i)))$$

Первые два antecedента идентифицируются с посылками, причем переменная c - обычная, а переменная f идентифицируется с логическим символом. Третий и пятый antecedенты обрабатываются проверочными операторами, четвертый - выделен указателем "идентификатор". К посылкам проверочного оператора, обрабатывающего пятый antecedент, добавляется утверждение g . Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "содержимое"

1. Неизменность нижнего уровня содержимого неподвижного контейнера.

$$\forall_{ABCDKTast}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ t \in T \ \& \ s \in T \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \ \& \\ \text{Содержимое}(a, s) = B \ \& \ \text{место}(A, t) = C \ \& \ \text{место}(B, s) = D \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \\ \& \ \text{Неподв}(B, s) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{нижнийуровень}(C, K) = \\ \text{нижнийуровень}(D, K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "нижнийуровень(C, K)". Второй, третий, восьмой и девятый antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Остальные antecedенты идентифицируются с посылками. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 4.

2. Нижняя либо верхняя части жидкого содержимого цилиндрической емкости - цилиндрические тела.

$$\forall_{BCKabcht}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \\ \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{Жидкость}(\text{содержимое}(a), t) \\ \& \ \text{нижняячасть}(\text{содержимое}(a), h, K, t) = c \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \\ \text{Неподв}(\text{содержимое}(a), t) \rightarrow \text{место}(c, t) = C \ \& \ \text{цилиндричтело}(C, K) \ \& \\ S(\text{нижнееоснование}(C, K)) = S(\text{нижнееоснование}(B, K)) \ \& \\ \text{верхнийуровень}(C, K) = h \ \& \ \text{нижнийуровень}(C, K) = \\ \text{нижнийуровень}(\text{место}(\text{содержимое}(a), t), K))$$

$$\forall_{BCKabcht}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \\ \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{Жидкость}(\text{содержимое}(a), t) \\ \& \ \text{верхняячасть}(\text{содержимое}(a), h, K, t) = c \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \\ \text{Неподв}(\text{содержимое}(a), t) \rightarrow \text{место}(c, t) = C \ \& \ \text{цилиндричтело}(C, K) \ \& \\ S(\text{нижнееоснование}(C, K)) = S(\text{нижнееоснование}(B, K)) \ \& \\ \text{нижнийуровень}(C, K) = h \ \& \ \text{верхнийуровень}(C, K) = \\ \text{верхнийуровень}(\text{место}(\text{содержимое}(a), t), K))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все antecedенты, кроме шестого и девятого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой и девятый antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Прием вводит новую переменную C . Для блокировки повторных срабатываний используется специальный комментарий. Уровень срабатывания равен 3.

3. Объем газообразного содержимого равен объему емкости.

$$\forall_{abcdt}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = c \ \& \ \text{вещество}(c, d) \\ \& \ \text{газ}(d) \rightarrow \text{Объем}(c, t) = \text{объем}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровни срабатывания равны 2 и 5.

Приемы, связанные с символом "вертикально"

Пока созданы несколько приемов про неподвижное жидкое содержимое вертикально расположенной трубки:

$$\forall_{ABKTat}(\text{трубка}(a) \ \& \ \text{вертикально}(a, K, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \ \& \ \text{место}(A, t) = B \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \rightarrow \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ S(\text{нижнеоснование}(B, K)) = \text{площсечения}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ABCDKTapt}(\text{трубка}(a) \ \& \ \text{вертикально}(a, K, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \cup p \ \& \ B = \text{нижнячасть}(A, h, K, t) \ \& \ \text{место}(B, t) = C \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{плавает}(p, D, t) \rightarrow \text{цилиндричтело}(C, K) \ \& \ S(\text{нижнеоснование}(C, K)) = \text{площсечения}(a))$$

Аналогично предыдущему, но с посылкой идентифицируется также седьмой антецедент.

$$\forall_{ABCDKTat}(\text{трубка}(a) \ \& \ \text{вертикально}(a, K, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \ \& \ B = \text{нижнячасть}(A, h, K, t) \ \& \ \text{место}(B, t) = C \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \rightarrow \text{цилиндричтело}(C, K) \ \& \ S(\text{нижнеоснование}(C, K)) = \text{площсечения}(a))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{ABKTat}(\text{трубка}(a) \ \& \ \text{вертикально}(a, K, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \cup p \ \& \ \text{место}(A, t) = B \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{поршень}(p, a, t) \rightarrow \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ S(\text{нижнеоснование}(B, K)) = \text{площсечения}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый, шестой и девятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символами "верхняячасть", "нижнячасть"

1. Сумма объемов.

$$\forall_{Kabt}(\text{твердотело}(a) \rightarrow \text{объем}(a) = \text{объем}(\text{нижнячасть}(a, b, K, t)) + \text{объем}(\text{верхняячасть}(a, b, K, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "верхняячасть(a, b, K, t)". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. В задаче встречается также выражение "нижнячасть(a, b,

K, t ". Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, в которой указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "нижняячасть(a, b, K, t)".

2. Объем верхней части цилиндрического тела.

$$\forall_{ADEKht}(\text{место}(A, t) = E \ \& \ \text{цилиндртело}(E, K) \ \& \ \text{верхняячасть}(A, h, K, t) = D \rightarrow \text{Объем}(D, t) = (\text{верхнийуровень}(\text{место}(D, t), K) - h)\text{площсечения}(E))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "Объем(D, t)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

3. Равенство верхних уровней верхних частей неподвижного тела в различные моменты.

$$\forall_{ABDEKhpst}(\text{верхняячасть}(A, h, K, t) = D \ \& \ \text{верхняячасть}(B, p, K, s) = E \ \& \ \text{место}(A, t) = \text{место}(B, s) \rightarrow \text{верхнийуровень}(\text{место}(D, t), K) = \text{верхнийуровень}(\text{место}(E, s), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "идентификатор". Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

4. Перераспределение жидкости в сообщающихся сосудах.

$$\forall_{ABCEFGHMNKabchpst}(\text{сообщсосуды}(a, b, K, s) \ \& \ \text{сообщсосуды}(a, b, K, t) \ \& \ \text{Содержимое}(a, s) = M \ \& \ \text{Содержимое}(b, s) = N \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \ \& \ \text{Содержимое}(b, t) = B \ \& \ \text{нижняячасть}(M, p, K, s) = H \ \& \ \text{нижняячасть}(A, h, K, t) = C \ \& \ H \cup N = B \cup C \ \& \ G = \text{место}(B, t) \ \& \ E = \text{место}(A, t) \ \& \ F = \text{место}(N, s) \ \& \ \text{цилиндритело}(G, K) \ \& \ \text{цилиндритело}(E, K) \ \& \ \text{цилиндритело}(F, K) \ \& \ \text{площсечения}(G) = \text{площсечения}(E) \ \& \ \text{площсечения}(E) = \text{площсечения}(F) \ \& \ \text{место}(M, s) = E \ \& \ \text{вещество}(H, c) \ \& \ \text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{вещество}(B, c) \ \& \ \text{вещество}(N, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \rightarrow \text{верхнийуровень}(\text{место}(N, s), K) + p = \text{верхнийуровень}(\text{место}(B, t), K) + h)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором, остальные - идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестнадцатый и семнадцатый антецеденты выделены указателем "равно". Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "вертикположение"

Пока создан единственный прием про равенство площадей сечения нижних оснований для двух различных вертикальных положений одного и того же цилиндрического тела:

$$\forall_{ABKast}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \text{вертикположение}(a, K, t) \ \& \ \text{вертикположение}(a, K, s) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(a, s) \ \& \ \text{цилиндритело}(A, K) \rightarrow S(\text{нижнеоснование}(A, K)) = S(\text{нижнеоснование}(B, K)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения

вида " $S(\text{нижнеоснование}(A, K))$ ". Антецеденты идентифицируются с посылками. Допускается изменение заголовка первого антецедента на символы "цилиндртело", "Куб". Выражение " $\text{нижнеоснование}(B, K)$ " встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "констемпер"

$$\forall_{Tas}(\text{констемпер}(a, T) \ \& \ s \in T \ \& \ t \in T \rightarrow \text{абстемпература}(a, t) = \text{абстемпература}(a, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида " $\text{абстемпература}(a, s)$ ". Первый антецедент идентифицируется с посылкой. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию в посылке задачи подвыражения " $\text{абстемпература}(a, t)$ ". Выражения s, t различны. Вторым и третьим антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 6.

Приемы, связанные с символом "удалены"

1. Исключение перечня.

$$\forall_{abnt}(l(a) = n \rightarrow \text{удалены}(\{; a\}, b, t) \leftrightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{удалены}(a(i), b, t)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Выражение a имеет заголовок "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Указатель "развертка" определяет выписывание замещающего квантора общности как конъюнкции. Уровень срабатывания приема равен 2.

2. Проверочный оператор "усмудалены".

- (a) Элементы удаленных объектов.

$$\forall_{abcit}(\text{удалены}(a, b, t) \ \& \ c = \text{пластконденс}(a, i) \rightarrow \text{удалены}(b, c, t))$$

$$\forall_{abcit}(\text{удалены}(a, b, t) \ \& \ c = \text{пластконденс}(a, i) \rightarrow \text{удалены}(c, b, t))$$

Вторым антецедент идентифицируется с посылкой, первый - реализует рекурсивное обращение к оператору. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Выделение момента промежутка времени.

$$\forall_{Tabt}(t \in T \ \& \ \text{удалены}(a, b, T) \rightarrow \text{удалены}(a, b, t))$$

$$\forall_{Tabt}(t \in T \ \& \ \text{удалены}(a, b, T) \rightarrow \text{удалены}(b, a, t))$$

Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, второй - идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "круглпластина"

Создан единственный прием про площадь круглой пластины:

$$\forall_{ab}(\text{круглпластина}(a) \ \& \ \text{радиус}(a) = b \rightarrow S(a) = \pi b^2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, в которой упоминается выражение " $S(a)$ ". Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "Слияние"

1. Масса результата слияния.

$$\forall_{ABT}(\text{Слияние}(A, B, T) \rightarrow \text{масса}(B) = \sum_{a, a \in A} \text{масса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Существует посылка, содержащая подвыражение A либо B , в которой встречается символ "масса". Уровни срабатывания равны 2 и 5.

2. Объем результата слияния.

$$\forall_{ABTst}(\text{Слияние}(A, B, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \forall_a(a \in A \rightarrow \text{Жидкость}(a, t) \vee \text{Твердый}(a, t)) \rightarrow \text{объем}(B) = \sum_{a, a \in A} \text{объем}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, истинность третьего устанавливается при помощи вспомогательной задачи на доказательство. Уровень срабатывания равен 2.

3. Электрический заряд результата слияния.

$$\forall_{ABTst}(\text{Слияние}(A, B, T) \ \& \ T = [t, s] \rightarrow \text{Элзаряд}(B, s) = \sum_{a, a \in A} \text{Элзаряд}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Существует посылка задачи, содержащая подвыражение A либо B , причем такая, что в нее входит хотя бы один из символов "Элзаряд", "Элпотенциал", "элпотенциал". Уровень срабатывания равен 3.

4. Вещество результирующего тела.

$$\forall_{ABTb}(\forall_a(a \in A \rightarrow \text{вещество}(a, b)) \ \& \ \text{Слияние}(A, B, T) \rightarrow \text{вещество}(B, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

1.2 Общие свойства процессов

1.2.1 Логические символы, используемые решателем для обозначения общих свойств процессов

Выражение "длительность(a)" обозначает длительность процесса a .

Выражение "исхмомент(a)" обозначает исходный момент процесса a .

Выражение "послмомент(a)" обозначает последний момент процесса a .

Утверждение "внутрмомент(a, t)" означает, что момент времени t относится к периоду процесса a .

Выражение "Период(a)" обозначает отрезок на временной оси, в течение которого протекает процесс a .

Утверждение "циклпроцессов(a, b)" означает, что процесс a образован последовательно происходящими процессами набора b .

Утверждение "Внутри(a, b, T)" означает, что процесс a протекает на промежутке времени T внутри объекта b .

Утверждение "работа(a, b, c)" означает, что a есть процесс выполнения субъектом b работы c . Выражение "Работа(a, t)" обозначает работу, выполненную в процессе работы a к моменту времени t . Чтобы определить количественную меру этой работы, используется выражение "количество(Работа(a, t))".

Выражение "производительность(a, b)" обозначает производительность субъекта a в процессе работы b .

Утверждение "общплан(a, b)" означает, что b есть планируемая для процесса a работа.

Выражение "планирпроизв(a)" обозначает планируемую производительность процесса работы a .

1.2.2 Простейшие приемы, относящиеся к общим свойствам процессов

Приемы, связанные с символом "длительность"

1. Выражение последнего момента через исходный момент и длительность.

$$\forall_b(\text{послмомент}(b) = \text{исхмомент}(b) + \text{длительность}(b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

2. Указан временной промежуток.

$$\forall_{abc}(\text{Период}(a) = [b, c] \rightarrow \text{длительность}(a) = c - b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению послылки задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcd}(\text{длина}(\text{Период}(a)) = d \ \& \ \text{Период}(a) = [b, c] \rightarrow d - c + b = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 4.

3. Нормализатор общей стандартизации "нормдлительность".

- (a) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с послылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение a имеет заголовок "длительность". Выражение a не является подвыражением выражения b .

- (b) Использование равенства периодов.

$$\forall_{ab}(\text{Период}(a) = \text{Период}(b) \rightarrow \text{длительность}(a) = \text{длительность}(b))$$

Антецедент идентифицируется с послылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается.

- (c) Составной процесс.

$$\forall_{abc}(\text{циклпроцессов}(a, (b, c)) \rightarrow \text{длительность}(a) = \text{длительность}(b) + \text{длительность}(c))$$

Проверяется наличие комментария "циклпроцессов".

Приемы, связанные с символом "исхмомент"

1. Равенство исходных моментов при равенстве периодов.

$$\forall_{ab}(\text{Период}(a) = \text{Период}(b) \rightarrow \text{исхмомент}(a) = \text{исхмомент}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "исхмомент(a)". Антецедент идентифицируется с другой посылкой. Уровни срабатывания равны 1, 2 и 4.

2. Ориентация равенства.

$$\forall_{ab}(b = \text{исхмомент}(a) \leftrightarrow \text{исхмомент}(a) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Выражение b не имеет заголовка "исхмомент". Либо отсутствует комментарий "ориентацияравенства" к данной посылке, либо выражение "исхмомент(a)" расположено в ее правой части. Прием сопровождает посылку комментарием "ориентацияравенства". Уровень срабатывания равен 0.

3. Нормализатор общей стандартизации "нормисхмомент".

- (a) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение a имеет заголовок "исхмомент". Оно не является подвыражением выражения b .

- (b) Использование равенства периодов.

$$\forall_{ab}(\text{Период}(a) = \text{Период}(b) \rightarrow \text{исхмомент}(a) = \text{исхмомент}(b))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается.

- (c) Составной процесс.

$$\forall_{abc}(\text{циклпроцессов}(a, (b, c)) \rightarrow \text{исхмомент}(a) = \text{исхмомент}(b))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой.

Приемы, связанные с символом "послмомент"

1. Равенство последних моментов при равенстве периодов.

$$\forall_{ab}(\text{Период}(a) = \text{Период}(b) \rightarrow \text{послмомент}(a) = \text{послмомент}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "послмомент(a)". Антецедент идентифицируется с другой посылкой. Выражение "послмомент(b)" тоже встречается в задаче. Уровни срабатывания равны 1 и 4.

2. Ориентация равенства.

$$\forall_{ab}(a = \text{послмомент}(b) \leftrightarrow \text{послмомент}(b) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи. Выражение a не имеет своим заголовком символы "исхмомент", "послмомент", "момент". Прием сопровождает преобразованную посылку комментарием "ориентацияравенства". Уровень срабатывания равен 1.

Отнесение посылок задачи к выделенному моменту промежутка

Если в задаче некоторая величина рассматривается как неизвестная функция от времени, то для определения ее может создаваться вспомогательная задача, в которой текущий варьируемый момент обозначен новой переменной t . Такая задача имеет дополнительную посылку $t \in T$, связывающую текущий момент с рассматриваемым промежутком времени. Она также снабжается комментарием (момент t). Чтобы переключить на момент t подвыражения посылок, отнесенные к промежутку T , создана следующая серия приемов:

$$\forall_{Tabt}(t \in T \rightarrow \text{силатрения}(a, b, T) = \text{силатрения}(a, b, t))$$

$$\forall_{Tabt}(t \in T \rightarrow \text{нормреакция}(a, b, T) = \text{нормреакция}(a, b, t))$$

$$\forall_{Tabt}(t \in T \rightarrow \text{сила}(a, b, T) = \text{сила}(a, b, t))$$

$$\forall_{Tabt}(t \in T \rightarrow \text{Силы}(a, b, T) \leftrightarrow \text{Силы}(a, b, t))$$

$$\forall_{Tat}(t \in T \rightarrow \text{Сила}(a, T) = \text{Сила}(a, t))$$

Все эти приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задаче на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию комментария (момент t). Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{FTt}(t \in T \rightarrow \forall_x(x \in T \rightarrow F(x)) \leftrightarrow F(t))$$

Аналогично предыдущим приемам; переменная F функциональная.

Приемы, связанные с задачами на работу

В этом разделе помещены приемы, возникшие при рассмотрении арифметических текстовых задач, связанных с процессами работы.

1. Ввод в рассмотрение производительности.

$$\forall_{abc}(\text{работа}(a, b, c) \rightarrow \text{актив}(\text{производительность}(b, a)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой. Отсутствует посылка, содержащая подвыражение "производительность(b, a)". Уровень срабатывания равен 3.

2. Количество работы равно произведению длительности на производительность.

$$\forall_{abc}(\text{работа}(a, b, c) \rightarrow \text{длительность}(a)\text{производительность}(b, a) = \text{количество}(c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой. Существует посылка, содержащая подвыражение "производительность(b, a)" и не имеющая заголовка "актив". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 6. Вместо посылки с подвыражением "производительность(b, a)", в ней требуется наличие посылки с подвыражением "длительность(a)".

$$\forall_{abct}(\text{работа}(a, b, c) \ \& \ 0 \leq t - \text{исхмомент}(a) \ \& \\ 0 \leq \text{исхмомент}(a) + \text{длительность}(a) - t \rightarrow \text{количество}(\text{Работа}(a, t)) = \\ \text{производительность}(b, a)(t - \text{исхмомент}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами.

Существует посылка, содержащая подвыражение "производительность(b, a)" и не имеющая заголовка "актив". Уровень срабатывания равен 3.

3. Подразбиение работы нескольких производителей.

$$\forall_{abcde n} (l(b) = n \rightarrow \text{работа}(a, \{; b\}, c) \leftrightarrow \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{работа}(d(i), b(i), e(i)) \& \text{длительность}(d(i)) = \text{длительность}(a) \& \text{производительность}(b(i), d(i)) = \text{производительность}(b(i), a)) \& \text{количество}(c) = \sum_{i=1}^n \text{количество}(e(i)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Выражение b имеет заголовок "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор"; переменная n идентифицируется с натуральной константой. Указатели "переменные" определяют идентификацию d, e с наборами новых переменных длины n , а указатель "новыенеизвестные" - регистрацию этих переменных в качестве дополнительных неизвестных задачи. Указатели "развертка" определяют выписывание кванторной импликации в заменяющей части как конъюнкции, а конечной суммы - как обычной. Уровень срабатывания равен 2.

4. Усмотрение противоречия: отрицательная производительность.

$$\forall_{abc} (\text{производительность}(a, b) = c \& c < 0 \rightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цель "контроль", второй - обрабатывается проверочным оператором. Введен сильный ограничитель трудоемкости. Уровень срабатывания равен 2.

5. Производительность объединения.

$$\forall_{Pan} (l(a) = n \rightarrow \text{производительность}(\{; a\}, P) = \sum_{i=1}^n \text{производительность}(a(i), P))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению посылки задачи на исследование. Заголовком выражения a служит символ "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Переменная n идентифицируется с натуральной константой. Указатель "развертка" определяет выписывание конечной суммы как обычной. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABa} (\text{непересек}(A, B) \rightarrow \text{производительность}(A \cup B, a) = \text{производительность}(A, a) + \text{производительность}(B, a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Amp} (\text{card}A = m \& \forall_x (x \in A \rightarrow \text{производительность}(x, a) = p) \rightarrow \text{производительность}(A, a) = mp)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Второй антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, первый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Aa} (A - \text{set} \rightarrow \sum_{i, i \in A} \text{производительность}(i, a) = \text{производительность}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "производительность(A, a)", где A - переменная. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Указатель "развертка" отсутствует. Уровень срабатывания равен 4.

6. Разбиение периода на подпериоды.

$$\forall_{abcdefgstu}(\text{работа}(a, b, c) \ \& \ \text{Период}(a) = [s, t] \ \& \ \text{работа}(d, b, e) \ \& \\ \text{Период}(d) = [s, u] \ \& \ \text{работа}(f, b, g) \ \& \ \text{Период}(f) = [u, t] \ \rightarrow \\ \text{количество}(c) = \text{количество}(e) + \text{количество}(g))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

7. Планируемые производительность и количество работы.

$$\forall_{abcd}(\text{работа}(a, b, c) \ \& \ \text{общплан}(a, d) \ \rightarrow \ \text{количество}(d) = \\ \text{длительность}(a)\text{планирпроизв}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "планирпроизв(a)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

8. Ориентация равенства.

$$\forall_{abc}(\text{производительность}(a, b) = c \leftrightarrow c = \text{производительность}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Заголовок выражения c отличен от символа "производительность", причем в этом выражении встречается подвыражение вида "производительность(...)", содержащее символ "перечень". Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abc}(c = \text{производительность}(a, b) \leftrightarrow \text{производительность}(a, b) = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Заголовок выражения c отличен от символа "производительность", причем в этом выражении не встречаются символы "перечень", "сумма всех". Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 4.

1.3 Единицы измерения

Единицы измерения трактуются алгебраическими приемами как числа. При этом, разумеется, никакой информации о сравнении разнородных единиц приемы не имеют, и связанных с таким сравнением коллизий не возникает. Такая точка зрения представляет собой лишь удобный технический трюк, позволяющий избежать ненужных усложнений. Она хорошо согласуется с обычной практикой.

1.3.1 Логические символы, используемые решателем для обозначения единиц измерения

Символы "мкм", "мм", "см", "дм", "м", "км", "Мм" обозначают, соответственно, единицы измерения "микрометр", "миллиметр", "сантиметр", "дециметр", "метр", "километр" и "мегаметр".

Символы "мксек", "сек", "мин", "час", "дн.", "год" обозначают, соответственно, единицы измерения "микросекунда", "секунда", "минута", "час", "день", "год". Две последних единицы, строго говоря, относятся лишь к текстовым арифметическим задачам, причем "день" понимается как сутки.

Символы "мл", "л" обозначают, соответственно, единицы измерения "миллилитр" и "литр".

Символы "а.е.м.", "мкг", "мг", "г", "кг", "т" обозначают, соответственно, единицы измерения массы "атомная единица массы", "микрограмм", "миллиграмм", "грамм", "килограмм", "тонна".

Символы "кН", "мН", "Н", "кГ" обозначают, соответственно, единицы измерения силы "микроньютон", "миллиньютон", "ньютон" и "килограмм".

Символы "кельв" и "градус" обозначают, соответственно, единицы измерения температуры "кельвин" и "градус" (по Цельсию).

Символы "мкДж", "мДж", "Дж", "кДж" обозначают, соответственно, единицы измерения "микроджоуль", "миллиджоуль", "джоуль" и "килоджоуль".

Символы "Вт", "кВт" обозначают единицы измерения "ватт" и "киловатт".

Символы "Па", "мм.рт.ст", "кПа", "атм" обозначают, соответственно, единицы измерения давления "паскаль", "миллиметр ртутного столба", "килопаскаль", "атмосфера".

Символ "моль" обозначает единицу измерения количества вещества "моль".

Символ "Гц" обозначает единицу измерения частоты "герц".

Символы "пКл", "нКл", "мкКл", "мКл", "Кл" обозначают единицы измерения "пикокулон", "нанокулон", "микрокулон", "милликулон", "кулон".

Символы "пФ", "мкФ", "Ф" обозначают единицы измерения электрической емкости "пикофарада", "микрофарада", "фарада".

Символы "В", "кВ" обозначают единицы измерения "вольт", "киловольт".

Символы "мкА", "мА", "А" обозначают единицы измерения силы тока "микроампер", "миллиампер", "ампер".

Символ "Ом" обозначает единицу измерения сопротивления "ом".

Символы "коп", "руб" обозначают денежные единицы "копейка", "рубль". Введены для текстовых задач по арифметике.

1.3.2 Приемы, связанные с единицами измерения

Большинство приемов данного раздела выполняют переход от одной единицы измерения к другой. Как правило, это преследует цель последующего выполнения арифметических действий - сокращения либо приведения подобных членов. Создавались лишь приемы, фактически востребованные в задачах обучающей выборки. Более, чем где либо в решателе, материал данного раздела нуждается в оптимизации и обобщениях. Однако, определенную ценность имеет и информация о том, какие именно переходы между единицами реально встречались. Значительная часть приемов раздела ограничена только этапом редактирования ответа, т.е. задачами на преобразование, имеющими цель "известны" либо "учетрезультата". Напомним, что сначала решается задача с целью "известны", а ее ответ обрабатывается задачей с целью "учетрезультата".

Расстояние

1. Переход от тысяч метров к километрам.

$$\forall_{ab}(a = 1000b \rightarrow a \cdot \text{м} = b \cdot \text{км})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Переменная a идентифицируется с целочисленной константой. Антецедент выделен указателем "программа". Он проверяет делимость a на 1000 и находит частное b . Других вхождений символа "м" в условие нет. Символ "Н" в условии не встречается. В дробях вида " $k_1\text{м}/(k_2\text{сек}^2)$ " прием блокируется. Уровень срабатывания равен 2.

2. Переход от километров к метрам.

$$\text{км} = 1000\text{м}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Либо текущий терм задачи содержит символ "м", либо текущий символ расположен внутри дроби, содержащей символ "сек", а также хотя бы один из символов "кг", "т". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{abc}(1000 = bc \rightarrow a\text{км}/b = ac \cdot \text{м})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с десятичной константой (быть может, равной 1), b - с целочисленной константой. Антецедент выделен указателем "программа". Он проверяет делимость 1000 на b и находит частное c . Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abmn}(a\text{кг}^m\text{км}^n/(b\text{сек}^n) = a(1000)^m\text{кг}^m\text{м}^n/(b\text{сек}^n))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_a(a < 0.1 \rightarrow a\text{км} = 1000a\text{м})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с десятичной константой. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

3. Переход от километров к сантиметрам.

$$\text{км} = 100000\text{см}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". В текущий терм задачи входит символ "см". Уровень срабатывания равен 3.

4. Сокращение единиц.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{м}/(b \cdot \text{см}) = 100a/b)$$

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{см}/(b \cdot \text{мм}) = 10a/b)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{ab}(a\text{км}/(b\text{чассек}) = 5a\text{м}/(18b\text{сек}^2))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{м}^p / (b \cdot \text{мм}) = 1000a \cdot \text{м}^{p-1} / b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Переменная p идентифицируется с натуральной константой. Уровень срабатывания равен 2.

5. Вынесение единицы измерения в множитель при дроби.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{км} / (b \cdot \text{час}) = a/b \cdot \text{км/час})$$

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{км} / (b \cdot \text{дн.}) = a/b \cdot \text{км/дн.})$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Уровень срабатывания равен 2.

6. Переход от метров к сантиметрам.

$$\text{м} = 100\text{см}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Заменяемый символ расположен внутри суммы, произведения либо дроби, содержащих символ "дм" либо "см". Между заменяемым символом и этим надвыражением не расположен символ "крд". Внутри произведений вида " $\text{м}^n \text{кг}^n$ " замена блокируется. Уровень срабатывания равен 0. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 2. Она применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, если это условие содержит также символ "дм" либо "см".

$$\text{кг} \cdot \text{см} = 0.01\text{кг} \cdot \text{м}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{pqr}(q = 10r \rightarrow p\text{м}/q = 10p\text{см}/r)$$

$$\forall_{pqr}(q = 25r \rightarrow p\text{м}/q = 4p\text{см}/r)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Переменная p идентифицируется с натуральной константой, меньшей 100. Антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{м} + b \cdot \text{см} = (100a + b)\text{см})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ab}(a < 1 \ \& \ b = 100a \rightarrow a \cdot \text{м} = b\text{см})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Переменная a идентифицируется с десятичной константой, содержащей запятую. Антецеденты выделены указателем "программа", причем число b целое. Преобразуемое произведение не имеет других константных сомножителей. Уровень срабатывания равен 3.

7. Переход от сантиметров к метрам.

$$\forall_{ab}(a = 100b \rightarrow a \cdot \text{см} = b \cdot \text{м})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Переменная a идентифицируется с целочисленной константой. Антецедент выделен указателем "программа". Он проверяет делимость a на 100 и находит частное b . В преобразуемом условии нет других вхождений символа "см". Уровень срабатывания равен 2.

$$\text{см} = \text{м}/100$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в посылке задачи на доказательство, условие которой - неравенство, содержащее символ "м". Уровень срабатывания равен 2.

8. Переход от сантиметров к миллиметрам.

$$\forall_{ab}(a\text{см} + b\text{мм} = (10a + b)\text{мм})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

9. Переход от дециметров к сантиметрам.

$$\text{дм} = 10\text{см}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи содержит символ "см". Уровень срабатывания равен 3.

10. Переход от мегаметров к метрам.

$$\text{Мм} = 10^6\text{м}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

11. Переход от микрометров к сантиметрам.

$$\text{мкм} = 10^{-4}\text{см}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Это условие содержит хотя бы один из символов "мм", "см", "м". Уровень срабатывания равен 3.

12. Переход от миллиметров к метрам.

$$\text{мм} = \text{м}/1000$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Это условие содержит символ "м" либо символ "н". Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, применяемая к символу, расположенному внутри суммы, содержащей также символ "м". Уровень срабатывания тот же.

Объем

1. Сокращение литров и кубических миллиметров.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{л} / (b \cdot \text{мм}^3) = 1000000a/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 1.

2. Сокращение литров и кубических сантиметров.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{л} / (b \cdot \text{см}^3) = 1000a/b)$$

Аналогично предыдущему.

3. Сокращение литров и кубических метров.

$$\forall_{abkn}(a \cdot \text{л}^k / (b \cdot \text{м}^n) = a / ((1000)^k b \cdot \text{м}^{n-3k}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 1.

4. Сокращение литров и кубических дециметров.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{л} / (b \cdot \text{дм}^3) = a/b)$$

Аналогично предыдущему.

5. Переход от литров к кубическим метрам.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{кг} / (b \cdot \text{л}) = 1000a \cdot \text{кг} / (b \cdot \text{м}^3))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Уровень срабатывания равен 1.

6. Переход от миллилитров к кубическим сантиметрам.

$$\text{мл} = \text{см}^3$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

7. Деление литров на квадратные сантиметры.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{л} / (b \cdot \text{см}^2) = 1000a \cdot \text{см} / b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 3.

8. Сложение литров и кубических сантиметров.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{л} + b \cdot \text{см}^3 = (1000a + b)\text{см}^3)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

Масса

1. Выделение единицы измерения в множитель при дроби.

$$\forall_a(\text{кг}/a = 1/a \cdot \text{кг})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Выражение a не содержит символов "м", "см", "км", "сек". Уровень срабатывания равен 1.

2. Перевод килограммов в граммы либо в миллиграммы.

$$\forall_{ab}(a\text{кг} + b\text{г} = (1000a + b)\text{г})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{abn}(a\text{кг}^n + b\text{г}^n = (1000^n a + b)\text{г}^n)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Единичное значение показателя степени не допускается. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{mnp}(m < n \ \& \ 1000 = np \rightarrow m/n \cdot \text{кг} = \text{трг})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Переменная m идентифицируется с десятичной константой, переменная n - с целочисленной константой. Антецеденты выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abn}(a\text{кг}^n + b\text{мг}^n = (1000000^n a + b)\text{мг}^n)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается единичное значение показателя степени. Уровень срабатывания равен 2.

$$\text{кг} = 1000\text{г}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Заменяемый символ расположен внутри дроби, числитель и знаменатель которой содержат каждый либо символ "кг", либо символ "г". При этом в дроби встречается символ "г". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_a(0 < a \ \& \ a < 1 \rightarrow a\text{кг} = 1000a\text{г})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Переменная a идентифицируется с десятичной константой. Антецеденты выделены указателем "программа". Задача имеет комментарий "округление", означающий, что при ее решении предпринималось округление десятичной дроби, стандартное для задач заданного раздела (например, округление до сотых долей в задачах по химии). Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_a(0 < a \ \& \ a < 0.1 \rightarrow a\text{кг} = 1000a\text{г})$$

Аналогично предыдущему, но не требуется наличия комментария "округление".

3. Перевод тонн в килограммы.

$$\text{т} = 1000\text{кг}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Заменяемый символ расположен внутри дроби, числитель и знаменатель которой содержат каждый либо символ "кг", либо символ "т". При этом в дроби встречается символ "кг". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(a\text{т} + b\text{кг} = (1000a + b)\text{кг})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abmn}(a\text{т}^m / (b\text{час}^n) = a(1000)^m \text{кг}^m / (b(3600)^n \text{сек}^n))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Выражение a содержит хотя бы один из символов "м", "см", "км". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(a\text{т} + b\text{г} = (1000a + 0.001b)\text{кг})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{kmn}(1000m = nk \rightarrow m\text{т}/n = k\text{кг})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование, имеющих цель "известны". Переменные m, n идентифицируются с целочисленными константами, причем $m < n$. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_a(a < 0.001 \rightarrow a\tau = 1000a\text{кг})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование. Переменная a идентифицируется с дробной десятичной константой. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

4. Переход от тысяч килограммов к тоннам.

$$\forall_{ab}(a = 1000b \rightarrow a\text{кг} = b\tau)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Переменная a идентифицируется с целочисленной константой. Антецедент выделен указателем "программа". Условие задачи не имеет других вхождений символа "кг", причем преобразуемое произведение не имеет сомножителей "км", "м", "см". Уровень срабатывания равен 2.

5. Переход от "грамм - километров" к "килограмм - метрам".

$$г \cdot \text{км} = \text{кг} \cdot \text{м}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

6. Переход от "килограмм - сантиметров" к "килограмм - метрам".

$$\forall_n(\text{кг}^n \text{см}^n = \text{кг}^n \text{м}^n / (100^n))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Преобразуемая посылка имеет вхождение произведения, имеющего своими сомножителями выражения вида " кг^m , м^m ". Уровень срабатывания равен 3.

7. Переход от "грамм - метров" к "килограмм - метрам".

$$\forall_{abmn}(a\text{г}^n \text{м}^m + b\text{кг}^n \text{м}^m = (a/(1000^n) + b)\text{кг}^n \text{м}^m)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

8. Переход от атомной единицы массы к граммам.

$$\text{а.е.м.} = 1.66057 \cdot 10^{-24}\text{г}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

9. Деление тонн на граммы.

$$\forall_{ab}(a \cdot \tau / (b \cdot \text{г}) = 1000000a/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 2.

10. Деление миллиграммов на килограммы.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{мг} / (b \cdot \text{кг}) = a/(1000000b))$$

Аналогично предыдущему.

11. Переход от миллиграммов к килограммам.

$$\text{мг} = 10^{-6}\text{кг}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Заменяемый

символ является сомножителем произведения, среди других сомножителей которого встречается символ "м". Уровень срабатывания равен 2.

12. Переход от граммов к килограммам.

$$г = 10^{-3}кг$$

Аналогично предыдущему.

Давление

1. Сокращение джоулей и паскалей.

$$\forall_{ab}(aДж/(бкПа) = ал/б)$$

$$\forall_{ab}(aДж/(бПа) = 1000ал/б)$$

$$\forall_{ab}(акДж/(бкПа) = 1000ал/б)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 1.

2. Сокращение джоулей и атмосфер.

$$\forall_{ab}(aДж/(ба\text{тм}) = ал/(101.3б))$$

Аналогично предыдущему.

3. Сокращение килопаскалей и паскалей.

$$\forall_{ab}(акПа/(бПа) = 1000а/б)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 1.

4. Переход от джоулей, деленных на литры, к килопаскалям.

$$\forall_{ab}(aДж/(бл) = акПа/б)$$

Аналогично предыдущему.

5. Умножение килопаскалей на литры.

$$кПа \cdot л = Дж$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

6. Умножение килопаскалей на квадратные сантиметры.

$$кПа \cdot см^2 = 0.1Н$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

7. Умножение килопаскалей на сантиметры и секунды в квадрате.

$$кПа \cdot сек^2 \cdot см = 10кг$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

8. Умножение паскалей на сантиметры.

$$Па \cdot см = 10г/(сек^2)$$

Аналогично предыдущему.

9. Умножение килопаскалей на метры.

$$\text{кПа} \cdot \text{м} = 1000\text{кг}/(\text{сек}^2)$$

Аналогично предыдущему.

10. Умножение атмосфер на квадратные сантиметры.

$$\text{см}^2 \cdot \text{атм} = 10\text{Н}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

11. Умножение атмосфер на квадратные метры.

$$\text{м}^2 \cdot \text{атм} = 10^5\text{Н}$$

Аналогично предыдущему.

12. Умножение атмосфер на квадрат секунды.

$$\text{атм} \cdot \text{сек}^2 = 100000\text{кг}/\text{м}$$

Аналогично предыдущему.

13. Переход к атмосферам.

$$\forall_{ab}(a\Gamma/(b\text{сек}^2\text{см}^2) = a\text{атм}/(10000b\text{м}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "атм". Уровень срабатывания равен 1.

14. Переход к джоулям от атмосфер, умноженных на кубические сантиметры.

$$\text{атм} \cdot \text{см}^3 = \text{Дж}/10$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "Дж". Уровень срабатывания равен 2.

15. Переход к джоулям от атмосфер, умноженных на кубические метры.

$$\text{атм} \cdot \text{м}^3 = 10^5\text{Дж}$$

Аналогично предыдущему.

16. Переход к паскалям от граммов либо килограммов либо тонн, деленных на произведение сантиметров либо метров на квадрат секунды.

$$\forall_{ab}(a\Gamma/(b \cdot \text{см} \cdot \text{сек}^2) = a\text{Па}/(10b))$$

$$\forall_{ab}(a\text{кг}/(b \cdot \text{см} \cdot \text{сек}^2) = 100a\text{Па}/b)$$

$$\forall_{ab}(a\Gamma/(b \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2) = 100a\text{Па}/(1000b))$$

$$\forall_{ab}(a\text{кг}/(b \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2) = a\text{Па}/b)$$

$$\forall_{ab}(a\text{т}/(b \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2) = a\text{кПа}/b)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задаче на преобразование, имеющей цель "известно". Уровень срабатывания равен 3.

17. Переход к паскалям от ньютонов, деленных на квадрат сантиметров либо метров.

$$\forall_{ab}(a\text{Н}/(b\text{см}^2) = 10000a\text{Па}/b)$$

$$\forall_{ab}(a\text{Н}/(b\text{м}^2) = a\text{Па}/b)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Выражение a не имеет своим множителем квадрат метра либо километра. Уровень срабатывания равен 1.

18. Переход к килопаскалям от паскалей.

$$\forall_{ab}(a = 1000b \rightarrow a\text{Па} = b\text{кПа})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Переменная a идентифицируется с натуральной константой. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

19. Деление килопаскалей на килограммы.

$$\forall_{ab}(a\text{кПа}/(b\text{кг}) = 1000a/(b \cdot \text{м} \cdot \text{сек}^2))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

20. Выражение атмосфер через паскали.

$$\text{атм} = 10^5\text{Па}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к символу, входящему в условие задачи на преобразование, если это условие уже содержит символ "Па" либо "кПа". Уровень срабатывания равен 3.

21. Выражение миллиметров ртутного столба через паскали.

$$\text{мм.рт.ст.} = 133.3\text{Па}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

Количество вещества

Создан единственный прием, выполняющий переход от молей на кубический сантиметр к молям на литр:

$$\forall_{ab}(a\text{моль}/(b\text{см}^3) = 1000a\text{моль}/(b\text{л}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование, имеющих цель "известны". Уровень срабатывания равен 2.

Сила

1. Переход к ньютонам от килограмм (микрограмм, грамм, тонн) - метров (сантиметров) в секунду за секунду.

$$\forall_{abmn}(0 \leq n - 1 \ \& \ 0 \leq m - 2 \rightarrow a\text{кг} \cdot \text{м}^n / (b\text{сек}^m) = a\text{Н} \cdot \text{м}^{n-1} / (b\text{сек}^{m-2}))$$

$$\forall_{abmn}(0 \leq n - 1 \ \& \ 0 \leq m - 2 \rightarrow a\text{т} \cdot \text{м}^n / (b\text{сек}^m) = 1000a\text{Н} \cdot \text{м}^{n-1} / (b\text{сек}^{m-2}))$$

$$\forall_{abmn}(0 \leq n - 1 \ \& \ 0 \leq m - 2 \rightarrow a\text{т} \cdot \text{см}^n / (b\text{сек}^m) = 10a\text{Н} \cdot \text{см}^{n-1} / (b\text{сек}^{m-2}))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Переменные m, n идентифицируются с натуральными константами. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(a\text{г} \cdot \text{м} / (b\text{сек}^2) = a\text{Н} / (1000b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи содержит символ "Н". Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 3. Она применяется без ограничений в задачах на преобразование, имеющих цель "известны".

$$\forall_{ab}(a\Gamma \cdot \text{см}/(b\text{сек}^2) = a\text{Н}/(100000b))$$

$$\forall_{ab}(a\text{мкг} \cdot \text{м}/(b\text{сек}^2) = a\text{Н}/(1000000000b))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на преобразование, имеющих цель "известны". Уровень срабатывания равен 3.

2. Умножение ньютонов на квадрат секунды.

$$\forall_a(a \cdot \text{Н} \cdot \text{сек}^2 = a \cdot \text{кг} \cdot \text{м})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{kn}(n = 2k \rightarrow \text{Н}^k \text{сек}^n = \text{кг}^k \text{м}^k)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 1.

3. Сокращение ньютонов на граммы, килограммы или тонны.

$$\forall_{abc}(a\text{Н}^c/(b\Gamma^c) = 1000^c \cdot a \cdot \text{м}^c/(b\text{сек}^{2c}))$$

$$\forall_{abc}(a\text{Н}^c/(b\text{кг}^c) = a\text{м}^c/(b\text{сек}^{2c}))$$

$$\forall_{abc}(a\text{Н}^c/(b\text{т}^c) = a\text{м}^c/(1000^c b\text{сек}^{2c}))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на преобразование, имеющих цель "известны" либо "учетрезультата". Допускается переверачивание дроби. Уровень срабатывания равен 1.

4. Деление ньютонов на километры.

$$\forall_{ab}(a\text{Н}/(b\text{км}) = a\text{кг}/(1000b\text{сек}^2))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование. Выражение b содержит хотя бы один из символов "Г", "кг", "т". Допускается переверачивание дроби. Уровень срабатывания равен 1.

5. Деление ньютонов на сантиметры.

$$\forall_{ab}(a\text{Н}/(b\text{см}) = 100a\text{кг}/(b\text{сек}^2))$$

Аналогично предыдущему.

6. Переход к ньютонам от паскалей, умноженных на квадратный сантиметр.

$$\forall_a(a \cdot \text{Пасм}^2 = a \cdot \text{Н}/10000)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование, имеющих цель "известны". Уровень срабатывания равен 3.

7. Переход от ньютонов к миллиньютонам.

$$\forall_{abc}(10a < b \ \& \ 1000a/b = c \rightarrow a\text{Н}/b = c\text{мН})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Переменные a, b идентифицируются с десятичными константами. Антецеденты выделены указателем "программа". Вычисления производятся в машинном формате "с плавающей запятой". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ab}(a\text{Н}/(b\text{мН}) = 10^3 a/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается переверачивание дроби. Уровень срабатывания равен 2.

8. Деление ньютонов на микронытоны.

$$\forall_{ab}(a\text{Н}/(b\text{мкН}) = 10^6 a/b)$$

Аналогично предыдущему приему.

Время

1. Выделение часов в заданном количестве минут.

$$\forall_{amn}(a = 60m + n \ \& \ \neg(m = 0) \rightarrow a_{\text{мин}} = m_{\text{час}} + n_{\text{мин}})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Переменные a, m, n идентифицируются с целочисленными константами. Антецеденты выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

2. Переход от часов к минутам либо секундам.

$$\text{час} = 60_{\text{мин}}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "мин". Для условия задачи на преобразование, имеющего вид суммы линейной комбинации часов и минут, прием блокируется. Уровень срабатывания равен 1.

$$\text{час} = 3600_{\text{сек}}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Либо текущий терм задачи уже содержит символ "сек", либо этот терм - посылка, причем некоторая другая посылка содержит символ "сек". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{kmn}(n = 60k \rightarrow m_{\text{час}}/n = m_{\text{мин}}/k)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Переменные k, m, n идентифицируются с целочисленными константами. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{kmn}(m = 60k \rightarrow mn/\text{час} = kn_{\text{мин}})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменные k, m идентифицируются с целочисленными константами. Выражение n не содержит символа "км". Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{kmn}(60m = kn \ \& \ k < 60 \rightarrow m_{\text{час}}/n = k_{\text{мин}})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Переменные k, m, n идентифицируются с целочисленными константами. Антецеденты выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

3. Переход от минут к часам.

$$\forall_{am}(a = 60m \rightarrow a_{\text{мин}} = m_{\text{час}})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Переменные a, m идентифицируются с целочисленными константами. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

4. Переход от секунд к минутам.

$$\forall_{am}(a = 60m \rightarrow a_{\text{сек}} = m_{\text{мин}})$$

Аналогично предыдущему.

5. Переход от минут к секундам.

$$\text{мин} = 60_{\text{сек}}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Либо текущий терм содержит символ "сек", либо этот терм является посылкой, причем существует другая посылка, содержащая символ "сек". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{kmn}(n = 60k \rightarrow t_{\text{мин}}/n = t_{\text{сек}}/k)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование, имеющих цель "известны". Переменные k, m, n идентифицируются с целочисленными константами. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{kmn}(k < m \ \& \ 60 = mn \rightarrow k_{\text{мин}}/m = nk \cdot \text{сек})$$

Аналогично предыдущему. Указателем "программа" выделены оба антецедента.

6. Переход от секунд к микросекундам.

$$\text{сек} = 10^6_{\text{мксек}}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование, имеющих цель "учетрезультата". Преобразуемое условие уже содержит символ "мксек" и не содержит символа "м". Уровень срабатывания равен 3.

7. Переход от микросекунд к секундам.

$$\text{мксек} = 10^{-6}_{\text{сек}}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование, имеющих цель "учетрезультата". Преобразуемое условие содержит символ "м". Уровень срабатывания равен 2.

Скорость

1. Переход от километров в минуту к километрам в час.

$$\forall_{ab}(a_{\text{км}}/(b_{\text{мин}}) = 60a_{\text{км}}/(b_{\text{час}}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Уровень срабатывания равен 2.

2. Переход от метров в минуту к километрам в час.

$$\forall_{ab}(a_{\text{м}}/(b_{\text{мин}}) = 3a_{\text{км}}/(50b_{\text{час}}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Условие не имеет другого вхождения символа "мин". В некоторую посылку входит символ "км". Уровень срабатывания равен 2.

3. Переход от метров в секунду к метрам в минуту.

$$\forall_{abc}(c = 60a/b \rightarrow am/(b\text{сек}) = cm/\text{мин})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на преобразование. Антецедент выделен указателем "идентификатор". Переменная c идентифицируется с целочисленной константой. Уровень срабатывания приема равен 2.

Ускорение

Пока создан единственный прием:

$$\forall_{ab}(a\text{км}/(b\text{сек}^2) = 1000am/(b\text{сек}^2))$$

Этот прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

Работа

1. Переход к джоулям от ньютон-метров.

$$\forall_a(a\text{Н} \cdot \text{м} = a\text{Дж})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Либо решается задача на преобразование, имеющая цель "учетрезультата" или "известны", либо переход делается для приведения подобных членов с джоулями. Уровень срабатывания равен 3.

2. Переход к джоулям от ньютон-сантиметров.

$$\forall_a(a\text{Н} \cdot \text{см} = a\text{Дж}/100)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Уровень срабатывания равен 3.

3. Переход к джоулям от ньютон-километров.

$$\forall_a(a\text{Н} \cdot \text{км} = 1000a\text{Дж})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

4. Переход к джоулям от произведения литров на атмосферы.

$$\text{л} \cdot \text{атм} = 101.3\text{Дж}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "Дж". Уровень срабатывания равен 2.

5. Умножение джоуля на квадрат секунды.

$$\text{Дж} \cdot \text{сек}^2 = \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

6. Деление джоулей на ньютонны.

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{Н}) = am/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Преобразуемое выражение входит либо в условие задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата", либо в не содержащее неизвестных равенство - условие задачи на описание. Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 3.

7. Деление джоулей на миллиграммы, граммы и килограммы.

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{мг}) = 1000000a\text{м}^2/(b\text{сек}^2))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Выражение b не содержит символа "кельв". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ab}(a\sqrt{\text{Дж}}/(b\sqrt{\text{мг}}) = 1000a\text{м}/(b\text{сек}))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{г}) = 1000a\text{м}^2/(b\text{сек}^2))$$

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{кг}) = a\text{м}^2/(b\text{сек}^2))$$

Аналогично предыдущему.

8. Переход от тысяч джоулей к килоджоулям.

$$\forall_{ab}(a = 1000b \rightarrow a\text{Дж} = b\text{кДж})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Переменные a, b идентифицируются с целочисленными константами. Условие задачи не имеет других вхождений символа "Дж". Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

9. Деление килоджоулей на ньютонь.

$$\forall_{ab}(a\text{кДж}/(b\text{Н}) = a\text{км}/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Преобразуемое выражение входит либо в условие задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата", либо в не содержащее неизвестных равенство - условие задачи на описание. Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 3.

10. Деление килоджоулей на джоули.

$$\forall_{ab}(a\text{кДж}/(b\text{Дж}) = 1000a/b)$$

Аналогично предыдущему.

11. Переход от килоджоулей к джоулям.

$$\text{кДж} = 1000\text{Дж}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи содержит символ "Дж". Уровень срабатывания равен 2.

12. Переход от миллиджоулей к джоулям.

$$\text{мДж} = \text{Дж}/1000$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Это условие содержит также хотя бы один из символов "Дж", "Н", "Кл", "нКл", "мКл", "мкКл". Уровень срабатывания равен 2.

13. Переход от микроджоулей к джоулям.

$$\text{мкДж} = \text{Дж}/1000000$$

Аналогично предыдущему.

14. Переход от джоулей к вольтам на кулон.

$$\text{Дж} = \text{В} \cdot \text{Кл}$$

$$\text{кДж} = 1000\text{В} \cdot \text{Кл}$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Это условие содержит также хотя бы один из символов "Кл", "нКл", "мКл". Уровень срабатывания равен 3.

$$\text{кДж} = \text{кВ} \cdot \text{Кл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Это условие содержит также символ "кВ". Уровень срабатывания равен 3.

Мощность

1. Переход к ваттам от джоулей в секунду.

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{сек}) = a\text{Вт}/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Уровень срабатывания равен 1.

2. Переход к ваттам от джоулей в минуту.

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{мин}) = a\text{Вт}/(60b))$$

Аналогично предыдущему.

3. Переход от ватт к киловаттам.

$$\forall_{ab}(a = 1000b \rightarrow a\text{Вт} = b\text{кВт})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Переменные a, b идентифицируются с целочисленными константами. В условии отсутствуют другие вхождения символа "Вт". Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

4. Умножение ватт на часы.

$$\forall_a(\text{Вт} \cdot \text{час} = 36000a\text{Дж})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

5. Умножение киловатт на минуты.

$$\text{кВт} \cdot \text{мин} = 60\text{кДж}$$

Аналогично предыдущему.

6. Деление джоулей на ватты либо киловатты.

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{кВт}) = a\text{сек}/(1000b))$$

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{Вт}) = a\text{сек}/b)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

7. Деление джоулей на метры.

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{м}) = a\text{Н}/b)$$

Аналогично предыдущему.

8. Деление киловатт на квадрат сантиметра.

$$\forall_{ab}(a\text{кВт}/(b\text{см}^2) = 10^7 a\text{кг}/(b\text{сек}^3))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

9. Деление киловатт на килограммы.

$$\forall_{ab}(a\text{кВт}/(b\text{кг}) = 1000 a\text{м}^2/(b\text{сек}^3))$$

Аналогично предыдущему.

10. Сокращение киловатт, деленных на километры.

$$\forall_{ab}(a\text{кВт}/(b\text{км}) = a\text{Вт}/(b\text{м}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

Частота

Создан единственный прием:

$$\text{гц} = 1/\text{сек}$$

Заголовок этого приема - "второйтерм". Текущий терм задачи содержит хотя бы один из символов "сек", "мин", "час", "дн.", "Дж". Уровень срабатывания равен 1.

Теплоемкость

Создан единственный прием:

$$\forall_{ab}(a\text{м}^2/(b\text{сек}^2\text{кельв}) = a\text{Дж}/(b\text{кгкельв}))$$

Заголовок - "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

Стоимость

Создан единственный прием для перевода долей рубля в копейки:

$$\forall_{abcd}(cd = 100 \rightarrow (a + b/c)\text{руб} = a\text{руб} + b\text{дкоп})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на преобразование. Переменные b, c, d идентифицируются с натуральными константами. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

Электрический заряд

1. Переход от кулонов к микрокулонам.

$$\text{Кл} = 10^6 \text{мкКл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "мкКл". Уровень срабатывания равен 0.

2. Переход от кулонов к нанокулонам.

$$\text{Кл} = 10^9 \text{нКл}$$

Аналогично предыдущему.

3. Переход от кулонов к милликулонам.

$$\text{Кл} = 10^3 \text{мКл}$$

Аналогично предыдущему.

4. Переход от кулонов к пикокулонам.

$$\text{Кл} = 10^{12} \text{пКл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "пКл" и не содержит символа "Н". Уровень срабатывания равен 0.

5. Переход от пикокулонов к кулонам.

$$\text{пКл} = 10^{-12} \text{Кл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символы "Кл" и "Н". Уровень срабатывания равен 0.

6. Переход от нанокулонов к пикокулонам.

$$\text{нКл} = 10^3 \text{пКл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "пКл". Уровень срабатывания равен 1.

7. Переход от микрокулонов к нанокулонам.

$$\text{мКл} = 10^3 \text{нКл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "нКл". Уровень срабатывания равен 0.

8. Переход от тысяч нанокулонов к микрокулонам.

$$\forall_{ab} (a = 1000b \rightarrow a\text{нКл} = b\text{мКл})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Это условие не имеет других вхождений символа "нКл" и не содержит символа "Н". Переменные a, b идентифицируются с целочисленными константами. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

9. Переход от кулон-вольт к ньютон-метрам.

$$\text{Кл} \cdot \text{В} = \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$\text{мКл} \cdot \text{В} = \text{Н} \cdot \text{м}/1000$$

$$\text{мКл} \cdot \text{кВ} = \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$\text{мкКл} \cdot \text{кВ} = \text{Н} \cdot \text{м}/1000$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 3.

10. Деление микрограммов на пикокулоны.

$$\forall_{ab}(a\text{мкг}/(b\text{пКл}) = 1000a\text{кг}/(b\text{Кл}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование. Уровень срабатывания равен 2.

Электрический потенциал

1. Переход от вольт к ньютон-метрам на кулон.

$$\text{В} = \text{Н} \cdot \text{м}/\text{Кл}$$

$$\text{кВ} = 1000\text{Н} \cdot \text{м}/\text{Кл}$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит символ "Кл" либо "Н". Уровень срабатывания равен 1.

2. Переход от вольт к киловольтам.

$$\forall_{ab}(a = 1000b \rightarrow a\text{В} = b\text{кВ})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Это условие не имеет других вхождений символа "вольт". Переменные a, b идентифицируются с целочисленными константами. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

3. Переход от киловольт к вольтам.

$$\forall_{kmn}(1000m = nk \rightarrow m\text{кВ}/n = k \cdot \text{В})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Переменные m, n идентифицируются с натуральными константами, причем $m < n$. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

4. $\text{кВ} = 1000\text{В}$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Это условие уже содержит символ "В". Уровень срабатывания равен 2.

5. Умножение вольт на кулоны.

$$\text{В} \cdot \text{Кл} = \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$\text{кВ} \cdot \text{нКл} = \text{Н} \cdot \text{м}/10^6$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

Напряженность электрического поля

1. Переход от ньютон на кулон к вольтам на метр.

$$\forall_{ab}(a\text{Н}/(b\text{нКл}) = 10^9a\text{В}/(b\text{м}))$$

$$\forall_{ab}(a\text{Н}/(b\text{мкКл}) = 10^6a\text{В}/(b\text{м}))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на преобразование, имеющих цель "учетрезультата". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ab}(aH/(b\text{Кл}) = aV/(b\text{м}))$$

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 3.

2. Переход от вольт на сантиметр к вольтам на метр.

$$\forall_{ab}(aV/(b\text{см}) = 100aV/(b\text{м}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Уровень срабатывания равен 3.

Электрическая емкость

1. Умножение вольт на микрофарады.

$$\text{В} \cdot \text{мкФ} = \text{мкКл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи уже содержит хотя бы один из символов "Кл", "нКл", "мкКл". Уровень срабатывания равен 0. Создана еще одна версия данного приема, срабатывающая без каких-либо ограничений на уровне 3.

$$\text{кВ} \cdot \text{мкФ} = \text{Кл}/1000$$

$$\text{В} \cdot \text{пФ} = \text{пКл}$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и срабатывают на уровне 3.

$$\forall_n(\text{В}^n \text{мкФ}^n = \text{мкКл}^n)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Уровень срабатывания равен 3.

2. Деление нанокулонов на пикофарады.

$$\forall_{ab}(a\text{нКл}/(b\text{пФ}) = 1000a\text{В}/b)$$

$$\forall_{ab}(a\text{пКл}/(b\text{пФ}) = a\text{В}/b)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 3.

3. Деление микрокулонов на вольты.

$$\forall_{ab}(a\text{мкКл}/(b\text{В}) = a\text{мкФ}/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Уровень срабатывания равен 3.

4. Деление микрокулонов на микрофарады.

$$\forall_{ab}(a\text{мкКл}/(b\text{мкФ}) = a\text{В}/b)$$

$$\forall_{ab}(a\text{Кл}/(b\text{мкФ}) = 10^6 a\text{В}/b)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 3.

5. Умножение пикофарад на ньютонь.

$$\text{Н} \cdot \text{пФ} = \text{мкКл}^2/\text{м}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в условиях задач на преобразование. Уровень срабатывания равен 2.

6. Деление джоулей на микрофарады.

$$\forall_{ab}(a\text{Дж}/(b\text{мкФ}) = 10^6 a\text{В}^2/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается переворачивание дроби. Уровень срабатывания равен 3.

Сила тока

1. Умножение ампер на секунды.

$$\text{А} \cdot \text{сек} = \text{Кл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

2. Умножение ампер на минуты.

$$\text{А} \cdot \text{мин} = 60\text{Кл}$$

Аналогично предыдущему.

3. Деление микрокулонов на секунды.

$$\forall_{ab}(a\text{мкКл}/(b\text{сек}) = a\text{мкА}/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "учетрезультата" либо "известны". Уровень срабатывания равен 2.

4. Переход к амперам от кулонов в секунду.

$$\forall_{ab}(a\text{Кл}/(b\text{сек}) = a\text{А}/b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на преобразование, имеющей цель "известны". Уровень срабатывания равен 1.

5. Переход от ампер к миллиамперам.

$$\forall_a(a < 0.01 \rightarrow a\text{А} = 1000a\text{мА})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с десятичной константой. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

1.4 Константы

В разделе собраны приемы, связанные с физическими константами, а также с названиями некоторых конкретных объектов.

1.4.1 Логические символы, используемые решателем для обозначения констант

Символы "Земля", "Луна" обозначают соответствующие космические тела.

Символ "же" обозначает ускорение свободного падения у поверхности Земли.

Символ "грав" обозначает гравитационную постоянную.

Символ "числоАвогадро" обозначает число Авогадро.

Символ "газконст" обозначает универсальную газовую постоянную.

Символ "молярнообъемгаза" обозначает молярный объем газов при нормальных условиях.

Символ "элкоэфф" обозначает коэффициент пропорциональности из закона Кулона.

Символ "эл.з" обозначает модуль заряда электрона.

Символ "эл.м" обозначает массу электрона.

1.4.2 Приемы, связанные с физическими константами

Ускорение свободного падения у поверхности Земли

1. Подстановка приближенного значения.

$$g = 9.8 \text{ м/сек}^2$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

2. Выражение через радиус и плотность Земли.

$$\forall_a(\text{вещество(Земля, } a) \rightarrow g = 4/3 \cdot \text{грав} \cdot \text{радиус(Земля)} \cdot \text{плотность}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование, в которых упоминается выражение "радиус(Земля)". Уровень срабатывания приема равен 2.

Гравитационная постоянная

1. Подстановка приближенного значения.

$$\text{грав} = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование, имеющих цель "известны". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, уровень срабатывания которой равен 6. Она срабатывает без ограничений в любых задачах.

2. Произведение гравитационной постоянной на массу Земли.

$$\forall_a(\text{грав}^a(\text{масса(Земля)})^a = g^a(\text{радиус(Земля)})^{2a})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

Число Авогадро

Создан единственный прием, выполняющий подстановку приближенного значения:

$$\text{числоАвогадро} = 6.02 \cdot 10^{23}/\text{моль}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование. Уровень срабатывания равен 3.

Универсальная газовая постоянная

Созданы два приема, выполняющих подстановку приближенного значения:

$$\text{газконст} = 8.314\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{кельв})$$

Первый прием срабатывает на уровне 2, причем требуется, чтобы текущий терм задачи содержал символ "кельв". Второй прием срабатывает на уровне 3 в задачах на преобразование.

Молярный объем газов при нормальных условиях

Создан единственный прием, выполняющий подстановку приближенного значения:

$$\text{молярнообъемгаза} = 22.4\text{л}/\text{моль}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование. Уровень срабатывания равен 3.

Коэффициент пропорциональности из закона Кулона

Создан единственный прием, выполняющий подстановку приближенного значения:

$$\text{элкоэфф} = 9 \cdot 10^9\text{Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на преобразование. Уровень срабатывания равен 3.

Заряд электрона

Создан единственный прием, выполняющий подстановку приближенного значения:

$$\text{эл.з} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{Кл}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи должен содержать хотя бы один из символов "Кл", "В", "эл.м", "кг". Уровень срабатывания равен 0.

Масса электрона

Создан единственный прием, выполняющий подстановку приближенного значения:

$$\text{эл.м} = 0.91 \cdot 10^{-30}\text{кг}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Текущий терм задачи должен содержать хотя бы один из символов "Кл", "В", "эл.з". Уровень срабатывания равен 0.

1.5 Технические устройства

В условиях задач по элементарной физике встречались различные простейшие технические устройства - насосы, конденсаторы, источники напряжения и т.д. Для работы с такими устройствами понадобилась серия дополнительных понятий и обслуживающих их приемов. Это и предопределило создание данного подраздела. Разумеется, по мере дальнейшего обучения решателя этот подраздел нужно будет вынести из раздела "Элементарная физика" в независимый корневой раздел "Техника".

1.5.1 Логические символы, используемые решателем в связи с техническими устройствами

Утверждение "поршнасос(a)" означает, что a есть поршневой насос.

Утверждение "гидравлпресс(a, T)" означает, что объект a на промежутке времени T представляет собой гидравлический пресс.

Утверждение "поршень(a, b, c)" означает, что на протяжении временного промежутка с лиюо в момент c объект a представляет собой поршень, расположенный в цилиндрическом полом теле b .

Утверждение "малпоршень(a, b)" означает, что a есть малый поршень гидравлического пресса b . Утверждение "болпоршень(a, b)" означает, что a есть большой поршень гидравлического пресса b .

Выражение "числоходов(a, b, T)" обозначает число ходов элемента a механизма b , сделанных им за период времени T .

Выражение "числокачаний(a, T)" обозначает число качаний поршневого насоса a за период времени T .

Выражение "ходпоршня(a, b)" обозначает величину одного хода поршня a гидравлического пресса b .

Выражение "объемцилиндра(a)" обозначает объем рабочего цилиндра поршневого механизма a .

Утверждение "импульсрежим(a, b)" означает, что генератор электромагнитного излучения a на протяжении промежутка времени b работает в импульсном режиме, излучая одинаковые импульсы с постоянной частотой.

Выражение "частотаимпульсов(a, b)" обозначает частоту импульсов, испускаемых генератором электромагнитного излучения a на протяжении периода времени b .

Утверждение "плосконденс(a)" означает, что a есть плоский конденсатор. Утверждение "конденсатор(a)" означает, что a есть электрический конденсатор. Утверждение "перемконденс(a)" означает, что a есть конденсатор переменной емкости.

Выражение "расстконденс(a)" обозначает расстояние между пластинами плоского конденсатора a .

Выражение "Расстконденс(a, t)" обозначает расстояние между пластинами плоского конденсатора a в момент либо период времени t .

Выражение "пластконденс(a, n)" обозначает пластину плоского конденсатора a , имеющую номер n (1 либо 2).

Утверждение "Направл(a, v, t)" означает, что в момент либо промежуток времени t расположение объекта a характеризуется единичным направляющим вектором v . Для каждого типа объектов такой вектор задается особо. В случае плоского конденсатора вектор перпендикулярен пластинам и направлен от второй пластины к первой.

Утверждение "внутриобъект(a, b, t)" означает, что в момент либо промежуток времени t объект a находится во внутренней части объекта b . Для каждого типа объектов такая часть задается особо.

Выражение "внутриобл(a, t)" обозначает геометрическую область, занимаемую внутренней частью объекта a в момент либо промежуток времени t .

Утверждение "источнапряж(a)" означает, что объект a представляет собой источник постоянного напряжения.

Выражение "плюсовых(a)" обозначает положительный выход источника постоянного напряжения a . Выражение "минусвых(a)" обозначает отрицательный выход источника постоянного напряжения a .

Утверждение "последсоед(a, b, t)" означает, что в момент либо период времени t объекты набора b соединены последовательно и образуют объект a . Утверждение "паралсоед(a, b, t)" означает, что в момент либо период времени t объекты набора b соединены параллельно и образуют объект a .

Утверждение "диэлконденс(a, b)" означает, что b есть вещество, используемое в конденсаторе a в качестве диэлектрика.

Утверждение "вынимается(a, b, c, t)" означает, что объект a на протяжении временного промежутка t вынимается объектом b из внутренней части объекта c .

Утверждение "элдиод(a, b, c)" означает, что a есть двухэлектродная лампа с катодом b и анодом c .

Выражение "ансила(a, b, t)" обозначает силу, с которой в момент либо период времени t электроны ударяют об анод b электронной лампы a .

Выражение "анскор(a, b, t)" обозначает скорость электронов, ударяющих в момент либо период времени t об анод b электронной лампы a .

1.5.2 Простейшие приемы, связанные с техническими устройствами

Поршень

1. Направление силы воздействия жидкости на поршень в вертикальной трубе, нижний конец которой погружен в эту жидкость.

$\forall_{BDEKMNTabcdmpt}$ (поршень(a, b, T) & $B = \text{место}(b, T)$ & полыйцилиндр(B) & Ось(отрезок(MN), B) & вертикалнпр(вектор(MN), K) & $t \in T$ & поверхнземли(K) & нижнееоснование(B, K) = E & $E \subseteq D$ & $D = \text{место}(d, T)$ & вещество(d, m) & жидкость(m) & центртяжести(p, a) & Содержимое(b, t) = c & воздействие(p, c, t) \rightarrow вверх(сила(p, c, t), K))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" иницирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(p, c, t)" в послылке

задачи на исследование. Все antecedentes, кроме пятого, шестого и двенадцатого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

2. Поршень передает на жидкость приложенную к нему внешнюю силу.

$$\forall_{KTacmprt}(\text{поршень}(m, c, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{масса}(m) = 0 \ \& \ \text{воздействие}(m, r, t) \ \& \ \text{воздействие}(p, m, t) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{емкость}(a) = c \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = m \cup p \rightarrow \text{сила}(p, m, t) = \text{сила}(m, r, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(m, r, t)" в посылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме второго, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Отсутствуют посылки вида "воздействие(m, x, t)", для которых x отлично от p, r, K . Уровень срабатывания равен 3.

3. Площадь поршня равна площади основания цилиндра.

$$\forall_{ABCabt}(\text{поршень}(b, a, t) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \ \& \ \text{закрцилиндр}(A) \ \& \ \text{основание}(C, A) \rightarrow S(C) = S(B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BDTab}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ \text{место}(b, T) = B \ \& \ \text{основание}(D, B) \rightarrow S(D) = S(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "площадь(a)" в посылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с посылками. Выражение "площадь(D)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания приема равен 3.

4. Равенство площадей поршня в различные моменты времени.

$$\forall_{BCabst}(\text{поршень}(a, b, s) \ \& \ \text{поршень}(a, b, t) \ \& \ B = \text{место}(a, s) \ \& \ C = \text{место}(a, t) \rightarrow S(B) = S(C))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

5. Объем в полужакрытом цилиндре под поршнем.

$$\forall_{ABCKabct}(\text{поршень}(a, b, t) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \ \& \ C = \text{внутричасть}(A \cup B) \ \& \ \text{полужакрцилиндр}(B) \ \& \ \text{вертикалпр}(\text{Напрвект}(B), K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ C = \text{место}(c, t) \rightarrow \text{объем}(C) = S(a)\text{высотатела}(C, K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(C)" в посылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме шестого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCKTabct}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \ \& \ t \in T \ \& \ C = \text{внутричасть}(A \cup B) \ \& \ \text{полужакрцилиндр}(B) \ \& \ \text{вертикалпр}(\text{Напрвект}(B), K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ C = \text{место}(c, t) \rightarrow \text{объем}(C) = S(a)\text{высотатела}(C, K))$$

Аналогично предыдущему, но проверочными операторами обрабатываются четвертый и седьмой antecedentes.

6. Отбрасывание внутренней энергии поршня.

$$\forall_{Tabt}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{внутрэнергия}(a, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

7. Отбрасывание энергии упругой деформации поршня.

$$\forall_{Tabt}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{потенцэнергдеформ}(a, t) = 0)$$

Аналогично предыдущему.

Поршнасос

1. Количество вещества газа, поданного насосом из атмосферы при заданном числе качаний.

$$\forall_{BTabcdpst}(\text{источник}(a, b, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{поршнасос}(a) \ \& \ \text{контейнер}(B) \ \& \ \text{емкость}(B) = b \ \& \ \text{источник}(c, a, T) \ \& \ \text{атмосфера}(c) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \rightarrow \\ \text{Содержимое}(B, t) = \text{Содержимое}(B, s) \cup p \ \& \ \text{непересек}(\text{Содержимое}(B, s), p) \ \& \ \text{вещество}(p, d) \ \& \ \text{количвещества}(p, d) = \text{давление}(c, s) \cdot \text{числокачаний}(a, T) \cdot \\ \text{объемцилиндра}(a) / (\text{газконст} \cdot \text{абстемпература}(c, s)))$$

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Прием вводит новую переменную p . Уровень срабатывания равен 3.

2. Масса газа, извлеченного насосом из сосуда при заданном числе качаний.

$$\forall_{BTabcdpst}(\text{источник}(b, a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{поршнасос}(a) \ \& \ \text{контейнер}(B) \ \& \ \text{емкость}(B) = b \ \& \ \text{Содержимое}(B, s) = c \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{газ}(d) \rightarrow \\ \text{Содержимое}(B, t) \subseteq c \ \& \ \text{масса}(\text{Содержимое}(B, t)) = \\ \text{масса}(c) \cdot (\text{объем}(b) / (\text{объем}(b) + \text{объемцилиндра}(a))) \cdot \text{числокачаний}(a, T)$$

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование. Первые семь антецедентов идентифицируются с посылками, восьмой - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

Гидравлпресс

1. Равенство произведений приращений уровня на площади поршней.

$$\forall_{KTabcst}(\text{гидравлпресс}(a, T) \ \& \ \text{малпоршень}(b, a) \ \& \ \text{болпоршень}(c, a) \ \& \ s \in T \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \\ |\text{Высотаповерхн}(\text{место}(b, s), K) - \text{Высотаповерхн}(\text{место}(b, t), K)|S(b) = \\ |\text{Высотаповерхн}(\text{место}(c, s), K) - \text{Высотаповерхн}(\text{место}(c, t), K)|S(c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, пятого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатели "контекст" определяют дополнительную идентификацию подвыражений посылок "место(b, s)" и "место(b, t)". Все указанные в теореме выражения "Высотаповерхн(...)" уже встречаются в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

2. Равенство произведений сил давления поршня на площадь противоположного поршня.

$$\forall_{KTabcdpt}(\text{гидравлпресс}(a, T) \ \& \ \text{малпоршень}(b, a) \ \& \ \text{болпоршень}(c, a) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{содержимое}(a, T) = d \ \& \ \text{воздействие}(b, p, t) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(b, p, t))S(c) = \text{длина}(\text{сила}(c, d, t))S(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки "сила(b, p, t)". Отсутствует посылка вида "воздействие(b, x, t)", у которой x отлично от d, p, K . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTabcdpt}(\text{гидравлпресс}(a, T) \ \& \ \text{малпоршень}(b, a) \ \& \ \text{болпоршень}(c, a) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{содержимое}(a, T) = d \ \& \ \text{воздействие}(b, p, T) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(b, p, T))S(c) = \text{длина}(\text{сила}(c, d, T))S(b))$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контекст" относится к подвыражению "сила(b, p, T)", а проверочным оператором обрабатывается только пятый антецедент.

3. Работа силы по подъему заданной массы.

$$\forall_{KTabcms}(\text{гидравлпресс}(a, T) \ \& \ \text{болпоршень}(c, a) \ \& \ \text{лежитна}(d, c, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{содержимое}(a, T) = m \rightarrow \text{работасилы}(d, m, T) = \text{масса}(d)g(\text{Высотаповерхн}(\text{место}(c, s), K) - \text{Высотаповерхн}(\text{место}(c, t), K)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(d, m, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "воздействие(c, x, T)", где x отлично от d, m, K . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabcdhmn}(\text{гидравлпресс}(a, T) \ \& \ \text{болпоршень}(c, a) \ \& \ \text{малпоршень}(b, a) \ \& \ \text{воздействие}(b, p, T) \ \& \ \text{лежитна}(d, c, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{числоходов}(b, a, T) = n \ \& \ \text{ходпоршня}(b, a) = h \ \& \ \text{содержимое}(a, T) = m \rightarrow \text{работасилы}(d, m, T) = hn\text{длина}(\text{сила}(b, p, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(d, m, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение p отлично от m, K . Уровень срабатывания равен 2.

4. Величина силы давления на поршень.

$$\forall_{KTacdm}(\text{гидравлпресс}(a, T) \ \& \ \text{болпоршень}(c, a) \ \& \ \text{лежитна}(d, c, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{содержимое}(a, T) = m \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(c, m, T)) = \text{масса}(d)g)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "воздействие(c, x, T)", где x отлично от d, m, K . Уровень срабатывания приема равен 2.

Числокачаний

Для символа "числокачаний" создан нормализатор общей стандартизации "нормчислокачаний". Он имеет единственный прием - использование равенства из посылок.

Направл

Создан единственный прием:

$$\forall_{abc}(\text{Направл}(a, b, c) \rightarrow \text{длина}(b) = 1)$$

Заголовок приема - "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

Конденсатор

1. Заряды пластин конденсатора равны по величине и противоположны по знаку.

$$\forall_{abct}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{пластконденс}(a, 1) = b \ \& \ \text{пластконденс}(a, 2) = c \rightarrow \text{Элзаряд}(b, t) = -\text{Элзаряд}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Элзаряд(b, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с другой посылкой; второй и третий - выделены указателем "возмравно". Это означает, что либо усматривается соответствующая посылка, либо переменная в правой части равенства идентифицируется с уже определившимся термом в левой части. Проверяется, что выражение "Элзаряд(c, t)" уже встречается в задаче. Кроме того, проверяется отсутствие посылки вида "последсоед(a, d, s)", где s отлично от t . Уровень срабатывания равен 3.

2. Плоский конденсатор является конденсатором.

$$\forall_a(\text{плосконденс}(a) \rightarrow \text{конденсатор}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Усмотрение переменной емкости конденсатора.

$$\forall_{Tabc}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{вынимается}(b, c, a, T) \rightarrow \text{перемконденс}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 0.

Пластконденс

Для символа "плсатконденс" создан нормализатор общей стандартизации "нормпластконденс". Он имеет единственный прием - использование равенства из посылок.

Последсоед

1. Усмотрение последовательного соединения конденсаторов.

$$\forall_{abcdijkt}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{конденсатор}(b) \ \& \ \text{элсоединены}(c, d, t) \ \& \ c = \text{пластконденс}(a, i) \ \& \ d = \text{пластконденс}(b, j) \ \& \ k \in \{1, \dots, 2\} \ \& \)$$

$\neg(k = i) \ \& \ p \in \{1, \dots, 2\} \ \& \ \neg(p = j) \rightarrow$ конденсатор(e) &
последсоед($e, (a, b), t$) & пластконденс($e, 1$) = пластконденс(a, k) &
пластконденс($e, 2$) = пластконденс(b, p)

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, причем точка привязки выбирается в третьем из них. Четвертый и пятый антецеденты выделены указателем "возмравно", остальные - указателем "программа". Синтезатор "элсоединены" не усматривает наличия в момент либо период t соединения s с каким-либо объектом, кроме d . Отсутствует посылка вида "последсоед(A, B, t)" либо "паралсоед(A, B, t)", у которой B содержит подвыражение a либо b . Не усматривается, что пластины "пластконденс(a, k)" и "пластконденс(b, p)" в момент t соединены проводником. Прием вводит новую переменную e , регистрируя ее в качестве неизвестной. Уровень срабатывания равен 1.

2. Отбрасывание промежуточного составного конденсатора.

$\forall_{abcdef t}$ (конденсатор(a) \rightarrow последсоед(a , префикс(b, c), t) & конденсатор(b) &
последсоед(b, d, t) & пластконденс($b, 1$) = e & пластконденс($b, 2$) = f \leftrightarrow
последсоед($a, d; c, t$))

Прием имеет заголовок "заменатермов(второйтерм)" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

Источнапряж

Создан единственный прием: если выходы источника напряжения подключены только к конденсатору, то напряжение на нем равно э.д.с. источника.

$\forall_{abcdijt}$ (источнапряж(d) & элсоединены(плюсовых(d), a, t) & $a =$ пластконденс(b, i) &
элсоединены(минусвых(d), c, t) & $c =$ пластконденс(b, j) \rightarrow напряжение(a, c, t) =
эдс(d, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Не усматривается, что положительный выход источника соединен в момент t с чем-либо, кроме a . Уровень срабатывания равен 3.

Расстконденс

1. Ориентация равенства.

$\forall_{ab}(a = \text{расстконденс}(b) \leftrightarrow \text{расстконденс}(b) = a)$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение a не содержит символа "расстконденс". Преобразованная посылка снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

2. Нормализатор общей стандартизации "нормрасстконденс". Создан единственный прием, использующий равенство из посылок.

Элдиод

1. Связь силы давления на анод, скорости электронов у анода и силы тока через диод.

$$\forall_{abct}(\text{элдиод}(a, b, c) \rightarrow \text{ансила}(a, c, t) \cdot \text{эл.з} = \text{эл.м} \cdot \text{анскор}(a, c, t) \cdot \text{элток}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "ансила(a, c, t)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 3.

2. Связь скорости электронов у анода с напряжением на диоде.

$$\forall_{abct}(\text{элдиод}(a, b, c) \ \& \ 0 \leq \text{напряжение}(c, b, t) \rightarrow \text{эл.м} \cdot \text{анскор}(a, c, t)^2 = 2\text{эл.з} \cdot \text{напряжение}(c, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "анскор(a, c, t)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

1.6 Кинематика

1.6.1 Логические символы, используемые решателем в кинематике

Выражение "скорость(a, b)" обозначает длину вектора скорости материальной точки a относительно абсолютного пространства в момент b , либо среднюю длину такого вектора за период b , либо среднюю скорость движения точки a вдоль траектории b .

Выражение "Скорость(a, b, t)" обозначает вектор скорости в момент t материальной точки a относительно материальной точки либо поступательно движущегося твердого тела либо течения b . Возможен также случай, когда t - промежуток времени. Тогда рассматривается вектор средней скорости a относительно b на данном промежутке.

Выражение "Путь(a, t)" обозначает ориентированную кривую, по которой материальная точка a перемещается в течение промежутка времени t .

Утверждение "неподв(a, t)" означает, что объект a в момент либо период t является неподвижным относительно абсолютного пространства. Утверждение "Неподв(a, t)" означает, что материальная точка a в момент t имеет нулевую скорость и ускорение, либо что все точки тела a в момент t имеют нулевую скорость и ускорение.

Утверждение "относитНеподв(a, b, t)" означает, что в момент t относительные скорость и ускорение материальных точек a и b равны нулю. Допускается случай, когда a, b - тела, и тогда любая пара их материальных точек должна удовлетворять указанному условию.

Выражение "Место(a, t)" обозначает геометрическую точку, в которой материальная точка a находится в момент t . В случае неподвижной точки t может быть промежуток времени.

Выражение "место(a, t)" обозначает множество геометрических точек, занимаемых объектом a в момент t . В качестве a может фигурировать множество материальных точек, либо ориентированная материальная поверхность, либо ориентированная материальная прямая. В случае неподвижного объекта t может быть промежуток времени.

Выражение "текместо(a, b, t)" обозначает материальную точку ориентированной материальной поверхности b , на которой в момент t находится движущаяся по данной поверхности материальная точка a .

Выражение "общеточки(a, b, t)" обозначает множество геометрических точек, являющихся точками соприкосновения тел a и b в момент t .

Выражение "ускорение(a, t)" обозначает величину ускорения материальной точки a в момент t , направленного вдоль траектории движения этой точки, либо среднюю величину такого ускорения на промежутке времени t .

Выражение "Ускорение(a, b, t)" обозначает вектор ускорения в момент t материальной точки a относительно материальной точки либо поступательно движущегося твердого тела или течения b . Возможен также случай, когда t - отрезок времени. Тогда рассматривается вектор среднего ускорения a относительно b на данном отрезке. Фактически эта возможность использовалась лишь для случаев постоянного ускорения на отрезке t .

Утверждение "движется(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t скорость объекта a относительно объекта b не равна нулю, кроме, быть может, крайних точек промежутка. Здесь a, b - материальные точки либо поступательно движущиеся твердые тела.

Утверждение "поступатдвижение(a, t)" означает, что твердое тело a на промежутке времени t либо в момент t движется поступательно.

Утверждение "равндвиж(a, t)" означает, что материальная точка a в течение отрезка времени t движется с постоянной скоростью вдоль своей траектории.

Утверждение "равнотндвиж(a, b, t)" означает, что на промежутке времени t скорость вдоль общей траектории материальной точки либо течения a относительно материальной точки либо течения b неизменна. В случае точки и течения первая движется вдоль русла второго. Утверждение "Равнотндвиж(a, b, t)" означает, что на промежутке времени t векторная скорость материальной точки a относительно материальной точки b неизменна.

Утверждение "равндвижпуть(a, b)" означает, что материальная точка a , оказываясь на участке траектории b , всегда (в контексте задачи) движется относительно этой траектории с одной и той же постоянной скоростью.

Утверждение "равндвижлин(a, b, c, t)" означает, что длиномерный объект a в течение периода времени t равномерно перемещается таким образом, что все его точки находятся на некоторой общей линейной траектории. b - передняя точка объекта a , c - его задняя точка.

Утверждение "Равноускоренное(a, b, t)" означает, что материальная точка a двигается на протяжении промежутка времени t равноускоренно относительно материальной точки либо системы координат b .

Утверждение "лежитна(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t либо в момент времени t объект a неподвижно лежит на поверхности объекта b . Если t - момент времени, то ускорения точек объекта a относительно b в этот момент равны 0.

Утверждение "движениепо(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t либо в окрестности момента времени t объект a движется по поверхности объекта b .

Утверждение "блок(a, b, c, t)" означает, что материальные точки b и c в момент либо период времени t соединены тонкой нерастяжимой нитью, перекинутой через блок, центром которого служит материальная точка a .

Утверждение "подвеска(a, b, t)" означает, что в момент либо период времени t материальные точки a и b , соединенные тонкой нитью (нерастяжимой либо упругой), имеют равные скорости и ускорения.

Утверждение "гибкаясвязь(a, b, c, t)" означает, что материальные точки a и b в момент либо период времени t связаны тонкой нерастяжимой нитью c , возможно, перекинутой через блоки. Предполагается, что нить постоянно не "провисает" - отрезки ее между точками и блоками прямолинейны.

Утверждение "твердаясвязь(a, b, c, t)" означает, что материальные точки a и b в момент либо период времени t связаны тонким твердым стержнем c .

Утверждение "висит(a, b, K, t)" означает, что материальная точка a в момент либо период t оказывается подвешенной на тонкой вертикально расположенной в системе координат K нити (нерастяжимой либо упругой), прикрепленной к материальной точке b либо перекинутой через блок b . Горизонтальные составляющие скорости и ускорения точки a в момент либо период t равны 0.

Утверждение "Висит(a, b, K, t)" означает, что материальная точка a в момент либо период t оказывается подвешенной на тонкой вертикально расположенной в системе координат K нити (нерастяжимой либо упругой), прикрепленной к материальной точке b либо перекинутой через блок b . При этом скорость и ускорение точки a могут быть ненулевыми.

Утверждение "вертплосксвязь(a, b, K, t)" означает, что в течение промежутка времени t либо в момент t материальные точки a и b соединены некоторой связью (растяжимой, либо гибкой, либо твердой), причем вектор, направленный от a к b , лежит в вертикальной плоскости системы координат K , абсцисса точки a меньше абсциссы точки b , а ординаты векторов скорости точек a и b равны 0.

Утверждение "одномерндвиж(a, K, t)" означает, что на протяжении промежутка времени t либо в момент t материальная точка a находится на оси абсцисс в системе координат K , а ее векторы скорости и ускорения направлены параллельно этой оси.

Утверждение "однаправл(a, t)" означает, что материальная точка a на протяжении промежутка времени t перемещается по прямой линии, не изменяя направления движения. Допускаются моменты остановки.

Утверждение "вертикдвиж(a, K, t)" означает, что материальная точка a на промежутке времени t двигается по вертикали относительно системы координат K , либо что твердое тело a на промежутке времени t двигается поступательно по вертикали относительно системы координат K .

Утверждение "вертплоскдвиж(a, K, t)" означает, что материальная точка a на протяжении промежутка времени t движется в плоскости, параллельной плоскости OXZ прямоугольной системы координат K .

Утверждение "движвправо(a, K, t)" означает, что материальная точка a на временном промежутке t движется вправо в системе координат K . Утверждение "движвлево(a, K, t)" означает, что материальная точка a на временном промежутке t движется влево в системе координат K .

Утверждение "поднимается(a, K, t)" означает, что материальная точка a в течение промежутка времени t движется с постоянным увеличением высоты относительно системы координат K . Утверждение "спускается(a, K, t)" означает, что материальная точка a в течение промежутка времени t движется с постоянным уменьшением высоты относительно системы координат K .

Утверждение "бросок(a, t)" означает, что тело a на протяжении промежутка времени t либо в момент t движется под действием только силы тяжести.

Утверждение "Верхняя точка(a, K, T, t)" означает, что в момент t временного промежутка T материальная точка a имеет наибольшую высоту относительно системы координат K , причем этот момент - строго внутренний для T .

Утверждение "поверхземли(K)" означает, что K есть прямоугольная трехмерная система координат, ось OZ которой направлена вертикально вверх, а начало расположено вблизи поверхности Земли либо некоторой другой планеты, рассматриваемой в задаче.

Утверждение "около(a, b, t)" означает, что в момент либо промежуток времени t объект a находится в непосредственной близости от объекта b . Используется для оправдания приближенных вычислений в задаче.

Утверждение "прохождение(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t длинномерный объект a полностью проходит вдоль другого объекта b - материальной точки либо длинномерного.

Утверждение "движение в(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t либо в окрестности момента времени t материальная точка либо твердое тело a движется внутри объекта b .

Выражение "углскорость(a, t)" обозначает модуль угловой скорости материальной точки a в момент t , либо средний модуль такой скорости на промежутке времени t . Выражение "Углскорость(a, t)" обозначает вектор мгновенной угловой скорости твердого тела a в момент t , либо средний такой вектор за промежуток t .

Утверждение "центр крив(a, b, t)" означает, что геометрическая точка b в момент либо период t является центром кривизны траектории, по которой движется материальная точка a .

Выражение "скорость вращения(a, b, t)" обозначает среднее число оборотов в единицу времени, которое тело a делает относительно оси b в течение промежутка времени t , либо мгновенную скорость вращения относительно оси b в момент t .

Выражение "число оборотов(a, b, t)" обозначает число оборотов относительно оси b , сделанных твердым телом a в течение промежутка времени t .

Утверждение "норм вращения(a, t)" означает, что круглое тело a в течение периода t вращается относительно своей неподвижной оси.

Утверждение "равнвращение(a, b, t)" означает, что твердое тело a на промежутке времени t вращается относительно оси b с постоянной угловой скоростью. Ось - ориентированная материальная прямая. Возможен случай, когда t - момент времени. Тогда утверждение означает, что угловое ускорение равно 0.

Выражение "угол вращения(a, b, t)" обозначает угол, на который в течение промежутка t поворачивается тело a , совершающее вращательное движение относительно оси b .

Выражение "радиусвращения(a, t)" обозначает мгновенный радиус окружности, по которой точка a движется в момент t , либо средний такой радиус за период t .

Утверждение "осьвращения(a, b, t)" означает, что ориентированная материальная прямая a является осью вращения твердого тела b в момент либо промежуток времени t .

Утверждение "точкавращения(a, b, c, t)" означает, что твердое тело b в момент либо период t может свободно вращаться относительно своей материальной точки a , скрепленной с внешней материальной точкой c .

Утверждение "ременнаяпередача(a, b, t)" означает, что круглые тела a и b в течение промежутка времени t соединены ременной передачей.

Утверждение "качение(a, b, t)" означает, что на протяжении промежутка времени t твердое тело a катится по поверхности тела b .

Выражение "периодобращения(a, t)" обозначает средний период обращения материальной точки a , движущейся в течение промежутка времени t по круговой траектории.

Утверждение "полюс(a, b, t)" означает, что материальная точка a в момент либо период t лежит на пересечении поверхности твердого тела b с его осью вращения.

Выражение "экватор(a, t)" обозначает пересечение поверхности шарообразного твердого тела a , вращающегося относительно оси, проходящей через центр, с плоскостью, проходящей в момент либо период t через центр и перпендикулярной оси вращения. Состоит из материальных точек.

Утверждение "планета(a)" означает, что тело a является планетой.

Утверждение "спутник(a, b, c, t)" означает, что объект a в течение периода t движется относительно шарообразного тела b по круговой орбите под действием только силы взаимного притяжения. c - высота орбиты относительно поверхности тела b .

Выражение "первкосмскор(a)" обозначает величину первой космической скорости для планеты a .

Утверждение "течение(a, t)" означает, что a есть условный объект "течение", образованный текучей субстанцией, движущейся в момент либо период t по некоторому руслу, возможно, переменному.

Утверждение "равнтечение(a, t)" означает, что течение a на промежутке времени t имеет постоянные состав, русло и скорость вдоль русла.

Утверждение "неподврусло(a, t)" означает, что течение a в период времени t имеет неподвижное русло.

Утверждение "равнпоток(a, t)" означает, что скорость течения a в произвольной точке его русла на протяжении промежутка времени t не изменяется.

Утверждение "протекает(a, b, t)" означает, что жидкое либо газообразное тело a на протяжении временного промежутка t полностью протекает через плоское сечение b (множество геометрических точек).

Выражение "русло(a, t)" обозначает русло течения a в момент либо промежуток времени t . Определяется ориентированной направляющей линией и заданным в каждой

точке этой линии плоским сечением, перпендикулярным направляющей линии. Выражение "Русло(a, t)" обозначает ориентированную направляющую линию русла течения a в момент либо промежуток времени t .

Утверждение "простоерусло(a)" означает, что a есть русло с постоянной площадью сечения.

Выражение "сечениерусла(a, b)" обозначает поперечное сечение русла a в точке b его направляющей линии.

Выражение "исток(a)" обозначает начальную точку направляющей линии русла a .

Выражение "сток(a)" обозначает конечную точку направляющей линии русла a .

Выражение "струя(a, t)" обозначает содержимое русла течения a в момент t .

Утверждение "стекает(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t течение a ударяется в точке стока об ориентированную материальную поверхность b и далее его вещество течет по данной поверхности.

Утверждение "падениепотока(a, t)" означает, что на протяжении промежутка времени t течение a адеет под действием только силы тяжести.

Утверждение "движениечастицы(a, b, t)" означает, что частица a на протяжении промежутка t относится к течению b и проходит путь от его истока до стока.

Выражение "плотностьтечения(a, b, t)" обозначает плотность вещества процесса течения a в точке b направляющей его русла в момент t .

Утверждение "источник(a, b, t)" означает, что объект a в течение периода t представляет собой источник для объекта b (течения, содержимого резервуара и т.п.).

Выражение "Исток(a)" обозначает источник потока a .

Выражение "скоростьтечения(a, t)" обозначает среднюю скорость течения a вдоль его русла в момент либо период t .

Выражение "скоростьпотока(a, b, t)" обозначает модуль скорости течения a в точке b направляющей его русла в момент t , либо средний модуль скорости за период t .

Выражение "поток(a, b, t)" обозначает величину потока (масса в единицу времени) для источника a объекта b в момент времени t , либо средняя величина такого потока на промежутке времени t . Эта величина берется со знаком.

Выражение "Поток(a, b, t)" обозначает величину потока (объем в единицу времени) для источника a объекта b в момент времени t , либо средняя величина такого потока на промежутке времени t . Эта величина берется со знаком.

Утверждение "равнисточник(a, b, t)" означает, что объект a в течение периода времени t представляет собой источник для объекта b , имеющий постоянную величину потока.

Выражение "вкладисточника(a, b, t)" обозначает суммарную массу вещества, добавленного источником a к объекту b за промежуток времени t . Эта масса берется со знаком и в случае стока отрицательная.

Выражение "Вкладисточника(a, b, t)" обозначает суммарный объем вещества, добавленного источником a к объекту b за промежуток времени t . Этот объем берется со знаком и в случае стока отрицательный.

Выражение "вкладсечения(a, b, t)" обозначает вещество, прошедшее за промежуток времени t через поперечное сечение русла течения a в точке b его направляющей.

Выражение "скористечения(a, b, t)" обозначает скорость истечения жидкого либо газообразного тела a через плоское сечение b в момент либо промежуток времени t .

Утверждение "ходьба(a, t)" означает, что на протяжении промежутка времени t объект a передвигался шагами.

Выражение "длинашага(a, t)" обозначает среднюю длину шага объекта a на временном промежутке t .

Выражение "частоташагов(a, t)" обозначает среднюю частоту шагов объекта a на временном промежутке t .

1.6.2 Примеры формулировки задач по кинематике на языке решателя

При проработке задач по элементарной физике значительную сложность представляла запись условия на логическом языке решателя. Собственно, после того, как такая запись возникала, последующее создание приемов, обеспечивающих необходимую цепочку шагов, было сравнительно простым. Поэтому мы приведем здесь ряд примеров формализации условий задач по кинематике, иллюстрирующих использование перечисленных выше понятий логического языка. По умолчанию, тип всех задач - "описать", цели - "полный", "явное", "прямойответ", "одз", "упростить", "известно", а также цель "неизвестная...". Эти цели автоматически создаются через пункт "Найти значения неизвестных" - "Выразить значения неизвестных через заданные параметры" оглавления целевых установок задач. Всего по кинематике было проработано 217 задач.

Заметим, что ниже, в разделе, посвященном пониманию естественного языка, мы вернемся к примерам простейших задач на движение. Там будет показано, как решатель мог бы самостоятельно получать логическую формализацию текстового условия задачи. После синтаксического анализа и получения "логического подстрочника" будет решаться задача семантического анализа, обеспечивающая расшифровку данного подстрочника.

Движение с постоянной скоростью

1. Расстояние между А и В по железной дороге 66 км, а по водному пути - 80,5 км. Из А поезд выходит на 4 часа позже парохода и прибывает в В на 15 мин. раньше парохода. Определить средние скорости поезда и парохода, если первая больше второй на 30 км/час.

Посылки задачи:

"равндвиж(a, T_1)",

"равндвиж(b, T_2)",

"длина(Путь(a, T_1)) = 66км",

"длина(Путь(b, T_2)) = 80.5км",

" $T_1 = [t_1 + 4\text{час}, t_2 - 15\text{мин}]$ ",

" $T_2 = [t_1, t_2]$ ",

"скорость(a, T_1) = скорость(b, T_2)+30км/час".

Условия задачи:

" x = скорость(a, T_1)",

" y = скорость(b, T_2)".

Неизвестные - x, y .

2. Два пешехода вышли одновременно друг другу навстречу и встретились через 3 часа 20 мин. Во сколько времени пройдет все расстояние каждый из них, если первый пришел в то место, из которого вышел второй, на 5 час. позже, чем второй пришел в то место, откуда вышел первый ?

Посылки задачи:

"равндвиж(a, T_1)",

"равндвиж(b, T_2)",

" $T_1 = [t_1, t_2]$ ",

" $T_2 = [t_1, t_3]$ ",

"Путь(a, T_1) = p ",

"простойпуть(p)",

"Путь(b, T_2) = обратныйпуть(p)",

" $t_4 \in T_1 \cap T_2$ ",

"Место(a, t_4) = Место(b, t_4)",

" $t_4 - t_1 = 3\text{час} + 20\text{мин}$ ",

" $t_2 = t_3 + 5\text{час}$ ",

" $\neg(\text{длина}(p) = 0)$ ".

Условия задачи:

" $x = t_2 - t_1$ ",

" $y = t_3 - t_1$ ".

Неизвестные - x, y .

3. Некто проехал в лодке по реке из города А в город В и обратно, употребив на это 10 час. Расстояние между городами 20 км. Найти скорость течения реки, зная, что он проплывал 2 км против течения в такое же время, как 3 км по течению реки.

Посылки задачи:

"равнтечение(a, T)",

"равнотндвиж(b, a, T)",

"отрезокпути($p, \text{Русло}(a, T)$)",

"Путь(b, T) = путь(p, q)",

" q = обратныйпуть(p)",

"длина(p) = 20км",

"длина(T) = 10час",

" $p = \text{Путь}(b, T_1)$ ",

" $q = \text{Путь}(b, T_2)$ ",

" $T = T_1 \cup T_2$ ",

" $\text{продолж}(T_1, T_2)$ ",

" $\text{скорость}(b, T_2) / \text{скорость}(b, T_1) = 2/3$ ".

Условие задачи:

" $x = \text{скоростьтечения}(a, T)$ ".

Неизвестная - x .

Здесь a - течение реки, b - лодка, T_1 - временной промежуток пути p из A в B , T_2 - временной промежуток обратного пути q . Чтобы не вводить явные обозначения для границ временных промежутков, был использован предикат "продолж", означающий, что второй промежуток непосредственно продолжает первый.

4. Из пункта A по взаимно перпендикулярным дорогам выехали два автомобиля: один со скоростью 80 км/час, другой - со скоростью 60 км/час. С какой скоростью (в км/час) они удаляются друг от друга ?

Посылки задачи:

" $\text{длина}(\text{Скорость}(A, K, t)) = 80 \text{ км/час}$ ",

" $\text{длина}(\text{Скорость}(B, K, t)) = 80 \text{ км/час}$ ",

" $\text{Скорость}(A, K, t) \perp \text{Скорость}(B, K, t)$ ".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{Скорость}(A, B, t))$ ".

Неизвестная - x .

5. Бассейн наполняется двумя трубами за 6 час. Одна первая труба заполняет его за 5 час. скорее, чем одна вторая. Во сколько времени каждая труба, действуя отдельно, может наполнить бассейн ?

Посылки задачи:

" $\text{равнисточник}(a, c, T_1 \cup T_2)$ ",

" $\text{равнисточник}(b, c, T_1 \cup T_3)$ ",

" $\text{длина}(T_1) = 6 \text{ час}$ ",

" $\text{вкладисточника}(a, c, T_1) + \text{вкладисточника}(b, c, T_1) = p$ ",

" $\text{равнисточник}(a, c, T_2)$ ",

" $\text{вкладисточника}(a, c, T_2) = p$ ",

" $\text{равнисточник}(b, c, T_3)$ ",

" $\text{вкладисточника}(b, c, T_3) = p$ ",

" $\text{длина}(T_2) = \text{длина}(T_3) - 5 \text{ час}$ ",

" $\neg(p = 0)$ ".

Условия задачи:

" $x = \text{длина}(T_2)$ ",

" $y = \text{длина}(T_3)$ ".

Неизвестные - x, y .

Здесь T_1 - промежуток времени, когда бассейн с заполнялся двумя трубами; T_2 - промежуток времени, когда он заполнялся одной первой трубой a ; T_3 - промежуток времени, когда он заполнялся одной второй трубой b . p - масса воды в заполненном бассейне.

Равноускоренное движение

1. При аварийном торможении автомобиль, двигавшийся со скоростью 30 м/сек, проходит тормозной путь с ускорением 5м/сек². Найдите тормозной путь.

Посылки задачи:

"равноускор(a, T)",

" $T = [t_1, t_2]$ ",

"скорость(a, t_1) = 30м/сек",

"ускорение(a, T) = -5м/сек²",

"скорость(a, t_2) = 0".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{Путь}(a, T))$ ".

Неизвестная - x .

2. Тело, которому была сообщена начальная скорость 10м/сек, движется после этого с постоянным ускорением, равным 2м/сек², и направленным противоположно начальной скорости. Определите путь, пройденный телом за 8 сек. от начала движения.

Посылки задачи:

"Равноускоренное(a, K, T)",

"прямокоорд(K)",

" $T = [t_1, t_2]$ ",

"Скорость(a, K, t_1) = v ",

"одномерный(v, K)",

"крд($v, K, 1$) = 10м/сек",

"Ускорение(a, K, T) = w ",

"одномерный(w)",

"крд($w, K, 1$) = -2м/сек²",

"длина(T) = 8сек".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{Путь}(a, T))$ ".

Неизвестная - x .

3. Двигатели ракеты, запущенной вертикально вверх с поверхности земли, работали в течение 10 сек и сообщали ракете постоянное ускорение 30м/сек^2 . Какой максимальной высоты над поверхностью земли достигнет ракета после выключения двигателей ?

Посылки задачи:

"Равноускоренное(a, K, T_1)",

" $T_1 = [t_1, t_2]$ ",

"поверхнземли(K)",

"крд(Место(a, t_1), $K, 3$)=0",

"длина(T_1) = 10сек",

"Скорость(a, K, t_1) = вектор0",

"Ускорение(a, K, T_1) = w ",

"вверх(w, K)",

"длина(w) = 30м/сек^2 ",

"бросок(a, T_2)",

" $T_2 = [t_2, t_3]$ ",

"Верхняяточка(a, K, T_2, t_4)".

Условие задачи:

" $x = \text{крд}(\text{Место}(a, t_4), K, 3)$ ".

Неизвестная - x .

4. Тело брошено с поверхности земли под углом в 30 градусов к горизонту. Полное время полета оказалось равным 2 сек. Найдите начальную скорость тела.

Посылки задачи:

"бросок(a, T)",

"поверхнземли(K)",

" $T = [t_1, t_2]$ ",

" $K = (P, Q, R, S)$ ",

"Место(a, t_1) = A ",

"крд($A, K, 3$) = 0",

"Скорость(a, K, t_1) = v ",

"уголмежду(v , вектор(PQ)) = $\pi/6$ ",

"верхнапр(v, K)",

" $0 < \text{крд}(v, K, 1)$ ",

"Место(a, t_2) = B ",

"крд($B, K, 3$) = 0",

"длина(T) = 2сек.

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(v)$ ".

Неизвестная - x .

Вращательное движение

1. Допуская, что стрелки часов движутся без скачков, узнать, через какое время после того, как часы показывали 4 часа, минутная стрелка догонит часовую стрелку.

Посылки задачи:

"равндвиж(a, T)",

"равндвиж(b, T)",

" $T = [t_1, t_2]$ ",

"Путь(a, T) = Дуга(A, B, v, p)",

"Путь(b, T) = Дуга(A, C, v, q)",

" $p < 0$ ",

" $q < 0$ ",

"Оругол(C, A, B, v) = $2\pi/3$ ",

"углскорость(a, T) = $2\pi/\text{час}$ ",

"углскорость(b, T) = $\pi/(6\text{час})$ ",

"перваявстреча(a, b, t_1, t_2)".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(T)$ ".

Неизвестная - x .

2. Одно колесо равномерно вращается, совершая 50 оборотов в секунду. Второе колесо, равномерно вращаясь, делает 500 оборотов за 30 секунд. Во сколько раз угловая скорость первого колеса больше, чем второго ?

Посылки задачи:

"равнвращение(a, n, T_1)",

"равнвращение(b, n, T_2)",

"числооборотов(a, n, T_1) = 50",

"длина(T_1) = сек",

"числооборотов(b, n, T_2) = 500",

"длина(T_2) = 30сек".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{Углскорость}(a, T_1))/\text{длина}(\text{Углскорость}(b, T_2))$ ".

Неизвестная - x .

3. С какой угловой скоростью вращается колесо, если линейная скорость точек его обода равна 0.5 м/сек, а линейная скорость точек, находящихся на 4 см ближе к оси вращения, равна 0.3 м/сек ?

Посылки задачи:

"равнвращение(a, n, T)",

"нормвращение(a, T)",

"неподв(n, T)",

"место(n, T) = прямая(AB)",

" $c \in$ внешокружность(a)",

" $d \in a$ ",

"радиусвращения(d, T) = радиусвращения(c, T) - 4см",

"скорость(c, T) = 0.5м/сек",

"скорость(d, T) = 0.3м/сек".

Условие задачи:

" x = длина(\cup глскорость(a, T))".

Неизвестная - x .

1.6.3 Приемы решателя, связанные с кинематикой

Приемы, связанные с символом "скорость"

1. Длина пройденного пути равна произведению средней скорости на длительность.

$$\forall T_a(\text{длина}(T)\text{скорость}(a, T) = \text{длина}(\text{Путь}(a, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скорость(a, T)" в послылке задачи на исследование. В задаче, прямо либо косвенно, уже рассматривается длина пути, пройденного объектом a за время T . Чтобы убедиться в этом, выражение "Путь(a, T)" обрабатывается нормализатором "нормПуть, и для результата R в послылках ищется подвыражение "длина(R)". Если R имело заголовок "обратныйпуть", то он может быть отброшен. Применение приема разрешается также в том случае, когда имеется послылка вида "Путь(a, T) = Отрезок(AB)". Требуется отсутствие посылок вида "равндвижлин(a, c, d, e)" и " $T = [t_1, \infty)$ ". Уровень срабатывания равен 3.

Созданы еще две версии данного приема. В первой из них проверяется, что T - временной промежуток, а не отрезок траектории. При этом длина промежутка T , определенная нормализатором "нормдлина", должна либо не содержать неизвестных, либо иметь тип "внешнеизв". В задаче не должна рассматриваться угловая скорость a на промежутке T .

Во второй версии лишь требуется, чтобы нормализованное выражение "скорость(a, T)" либо не содержало неизвестных, либо имело тип "неизв". Выражение T при этом должно иметь заголовок "объединение" либо "промежуток". В случае заголовка "объединение" должна отсутствовать послылка вида "равндвиж(a, S)", для которой усматривалось бы включение $T \subseteq S$.

$$\forall T_{abcv}(\text{равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{скорость}(a, T) = v \rightarrow \text{длина}(T)v = \text{длина}(\text{Путь}(a, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Путь(a, T)" в послылке

задачи на исследование. Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, второй - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором общей стандартизации "нормскорость". Либо выражение v не содержит неизвестных, либо оно имеет тип "внешнеизв". Созданы еще две версии приема. В одной из них требуется, чтобы выражение для длины промежутка T , после обработки его нормализатором "нормдлина", либо не содержало неизвестных, либо имело тип "внешнеизв". В другой - требуется, чтобы выражение "длина(Путь(a, T)))" имело тип "неизв". Во всех случаях дополнительно требуется, чтобы в задаче не встречалось выражение "скорость(a, T)", так как тогда будут работать приемы, приведенные выше. Кроме того, требуется отсутствие посылки вида " $T = [t_1, \infty)$ ". Уровень срабатывания всех версий равен 4.

2. Скорость при ходьбе.

$$\forall_{Ta}(\text{ходьба}(a, T) \rightarrow \text{скорость}(a, T) = \text{длинашага}(a, T)\text{частоташагов}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

3. Усмотрение противоречия: отрицательная скорость.

$$\forall_{abt}(\text{скорость}(a, t) = -b \ \& \ 0 < b \rightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цели "известно" и "контроль". Вторым антецедентом обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 0.

4. Ориентация равенства.

$$\forall_{abcdpq}(p \cdot \text{скорость}(a, b)/q = \text{скорость}(c, d) \leftrightarrow \text{скорость}(c, d) = p \cdot \text{скорость}(a, b)/q)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на исследование, имеющей цель "известно". Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Хотя бы один из коэффициентов p, q отличен от единицы. Уровень срабатывания равен 1.

5. При равномерном движении средняя скорость на отрезке равна средней скорости на всем пути.

$$\forall_{abcdef}(\text{равндвижпуть}(a, f) \ \& \ \text{отрезокпути}(e, f) \rightarrow \text{скорость}(a, e) = \text{скорость}(a, f))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

6. Суммирование времен прохождения фрагментов траектории.

$$\forall_{aden}(\text{Путь}(a, T) = \text{путь}(d) \ \& \ l(d) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{скорость}(a, d(i)) = e(i)) \rightarrow \text{длина}(T) = \sum_{i=1}^n \text{длина}(d(i))/e(i) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow 0 < e(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Третий антецедент, выделенный указателем "развертка", идентифицируется с группой посылок. Конечная сумма выписывается как обычная, квантор общности - как конъюнкция неравенств. Уровень срабатывания равен 5.

7. Нормализатор общей стандартизации "нормскорость".

- (a) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение a имеет заголовок "скорость" и не является подвыражением выражения b . Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Учет надинтервала при равномерном движении.

$$\forall_{QTa}(\text{равндвиж}(a, Q) \ \& \ T \subseteq Q \rightarrow \text{скорость}(a, T) = \text{скорость}(a, Q))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой. Выражения Q, T различны. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

- (c) Принадлежность точки интервалу равномерного движения.

$$\forall_{Qat}(\text{равндвиж}(a, Q) \ \& \ t \in Q \rightarrow \text{скорость}(a, t) = \text{скорость}(a, Q))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой. Выражения Q, t различны. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "Скорость"

1. Выражение длины пройденного пути через величину скорости и длительность.

$$\forall_{KTa}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{неподв}(K, P) \ \& \ T \subseteq P \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, T))\text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Путь(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "длина(T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

2. Скалярная скорость равна длине векторной.

$$\forall_{Kat}(t - \text{число} \ \& \ \text{неподв}(K, t) \rightarrow \text{скорость}(a, t) = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки, имеющего вид "Скорость(a, K, X)". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровни срабатывания равны 1 и 4.

$$\forall_{VKat}(\text{длина}(\text{Скорость}(a, B, t)) = p \ \& \ \text{однаправлены}(\text{Скорость}(a, B, t), \text{Скорость}(B, K, t)) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{скорость}(a, t) = p + \text{длина}(\text{Скорость}(B, K, t)))$$

$$\forall_{VKat}(\text{длина}(\text{Скорость}(a, B, t)) = p \ \& \ \text{однаправлены}(\text{Скорость}(a, B, t), -\text{Скорость}(B, K, t)) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{скорость}(a, t) = |\text{длина}(\text{Скорость}(B, K, t)) - p|)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки, имеющего вид "Скорость(a, B, t)". Третий антецедент идентифицируется с посылкой, второй и четвертый - обрабатываются проверочными операторами. Первый антецедент выделен указателем "идентификатор". Его

левая часть обрабатывается нормализатором общей стандартизации "нормдлина". Результат p не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Kat}(\text{равндвиж}(a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{скорость}(a, T) = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в послке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражения t, T различны. Уровень срабатывания равен 3.

3. Сложение скоростей.

$$\forall_{abctuv}(\text{Скорость}(a, b, t) = u \ \& \ \text{Скорость}(b, c, t) = v \rightarrow \text{Скорость}(a, c, t) = u + v)$$

Сложение векторное. Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Такая цель форсирует процесс исключения несущественных неизвестных. Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Выражения u, v не содержат символа "Скорость". Уровень срабатывания равен 1.

Заметим, что задачи на описание с целью "исключ" возникают в элементарной физике при поиске наибольших либо наименьших значений путем численной параметризации. Здесь применяется общий прием задач на исследование, который может быть найден в пункте "приемы решателя" - "Общие приемы" - "Задачи на исследование" - "Решение задач на поиск наименьших либо наибольших значений путем численной параметризации" оглавления программ. Подробнее об этом приеме будет сказано в одноименном разделе, помещенном в конце данной главы.

$$\forall_{abct}(\text{Скорость}(a, c, t) + \text{Скорость}(c, b, t) = \text{Скорость}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, c, t)" в послке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послки, имеющего вид "Скорость(c, b, t)". Проверяется наличие послки вида "прямоорд(b)" и отсутствие в задаче подвыражения "Скорость(a, c, t)". Кроме того, требуется наличие послки вида "выброс(...)", указывающая, что в задаче рассматривается некоторый бросок. Такие послки будут рассмотрены в подразделе, посвященном закону сохранения импульса. Уровень срабатывания приема равен 2.

Созданы еще две версии приема, срабатывающие на уровне 3 в задачах на исследование. В первой версии указатель "контрольвывода" инициирует попытку срабатывания при усмотрении подвыражения "Скорость(a, b, t)". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послки, имеющего вид "Скорость(a, c, t)". Проверяется наличие в задаче подвыражения "Скорость(c, b, t)". Во второй версии указатель "контрольвывода" инициирует попытку срабатывания при усмотрении подвыражения "Скорость(a, c, t)", а указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послки, имеющего вид "Скорость(a, b, t)". Как и выше, требуется наличие в задаче подвыражения "Скорость(c, b, t)".

$$\forall_{Tabct}(t \in T \ \& \ \text{Равнотндвиж}(a, c, T) \rightarrow \text{Скорость}(a, c, T) + \text{Скорость}(c, b, t) = \text{Скорость}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылок, имеющего вид "Скорость(a, c, T)". Проверяется наличие в задаче подвыражения "Скорость(c, b, t)". Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

4. Скорость неподвижного объекта.

$$\forall_{Tabt}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Скорость}(a, b, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, два других - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{центртяжести}(a, c) \ \& \ \text{неподв}(c, t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{Скорость}(a, b, t) = \text{вектор}0)$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{abt}(a \in c \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{Скорость}(a, b, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй антецедент идентифицируется с посылкой, два других - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

5. Связь между координатами в случае равномерного движения.

$$\begin{aligned} &\forall_{AKaipstv}(\text{Равндвиж}(a, [p, t]) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ s \in [p, t] \ \& \\ &\text{Место}(a, p) = A \ \& \ \text{Скорость}(a, K, [p, t]) = v \rightarrow \\ &\text{крд}(\text{Место}(a, s), K, i) = \text{крд}(A, K, i) + \text{крд}(v, K, i)(s - p) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Выражения p, s различны. Все антецеденты, кроме третьего, идентифицируются с утверждениями из контекста. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания приема равен 1.

$$\begin{aligned} &\forall_{KTaimpst}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, T), K, i) = p \ \& \ s \in T \ \& \\ &t \in T \ \& \ 0 \leq t - s \ \& \ m = \text{длина}([s, t]) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \\ &\text{крд}(\text{Место}(a, s), K, i) + pm \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылок, имеющего вид "Место(a, s)". Выражения s, t различны. Первые два антецедента идентифицируются с посылками. Выражение p либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Последний антецедент выделен указателем "идентификатор". Его правая часть обрабатывается нормализатором "смпериод", выражающим длину временного промежутка через известные параметры и неизвестные внешней задачи. Антецеденты с третьего по пятый обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

6. Координата средней векторной скорости.

$$\forall_{KTant}(\text{промежутки}(t, T) \& l(T) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Равндвиж}(a, T(i))) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, j) = \\ \sum_{i=1}^n (\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, T(i)), K, j) \text{длина}(T(i))) / \sum_{i=1}^n \text{длина}(T(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Скорость(a, K, t), K, j)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент обрабатывается пакетным синтезатором "промежутки", усматривающим разбиение отрезка времени t в набор T рассматриваемых в задаче временных отрезков. Каждый следующий отрезок набора T при этом будет иметь своим началом конец предыдущего. Второй антецедент выделен указателем "идентификатор". Третий антецедент выделен указателем "развертка" и идентифицируется с группой посылок. Конечные суммы также выделены указателем "развертка" и выписываются в виде обычных сумм. Уровень срабатывания равен 4.

7. Движение по отрезку.

$$\forall_{CDKTa}(\text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(C, D) \& \text{Равндвиж}(a, T) \& \text{неподв}(K, T) \rightarrow \\ \text{уголмежду}(\text{Скорость}(a, K, T), \text{вектор}(CD)) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

8. Переход к рассмотрению скорости относительно неподвижной системы координат.

$$\forall_{KTabt}(\text{неподв}(b, T) \& \text{прямокоорд}(K) \& \text{неподв}(K, T) \& t \in T \rightarrow \\ \text{Скорость}(a, b, t) = \text{Скорость}(a, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий и четвертый - обрабатываются проверочными операторами. Выражения t, T различны. Отсутствует посылка вида "прямокоорд(b)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Kabt}(\text{прямокоорд}(K) \& \text{неподв}(K, t) \& \text{Скорость}(a, b, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \\ \text{Скорость}(a, K, t) = \text{Скорость}(b, K, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в послылке задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "прямокоорд(b)". Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что указатель "контрольвывода" в ней относится к подвыражению "Скорость(b, K, t)".

$$\forall_{Kabpqt}(\text{однаправлены}(\text{Скорость}(a, K, t), \text{Скорость}(b, K, t)) \& \text{прямокоорд}(K) \& \\ \text{неподв}(K, t) \& p = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)) \& q = \text{длина}(\text{Скорость}(b, K, t)) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{Скорость}(a, b, t)) = |p - q|)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Второй антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Первый и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами, два последних - выделены указателем "идентификатор". Выражения p, q не содержат неизвестных. Уровень срабатывания приема равен 2.

9. Выражение модуля вектора относительной скорости через координаты абсолютных скоростей.

$$\begin{aligned} & \forall_{Kabcdefgh}(\text{прямкоорд}(K) \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1) = c \ \& \\ & \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 2) = d \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3) = e \ \& \\ & \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, t), K, 1) = f \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, t), K, 2) = g \ \& \\ & \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, t), K, 3) = h \rightarrow \\ & \text{длина}(\text{Скорость}(a, b, t)) = \sqrt{(c-f)^2 + (d-g)^2 + (e-h)^2} \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, остальные - выделены указателем "идентификатор". Выражения c, d, e, f, g, h не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

10. Направление движения относительно оси координат.

$$\forall_{KTarpq}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ 0 < \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, T), K, 1) \rightarrow 0 \leq \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылок, имеющего вид "крд(Место(a, p), $K, 1$)". Первый, второй и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

11. Усмотрение движения по вертикали.

$$\forall_{KTa}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{прямкоорд}(K) \ \& \ \text{вертикалнапр}(\text{Скорость}(a, K, T), K) \ \& \ \text{Неподв}(K, T) \rightarrow \text{вертикдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий и четвертый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

12. Интегрирование скорости.

$$\forall_{Kairp}(\int_p^q \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i) dt = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, i) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

13. Ориентация равенства.

$$\forall_{Ktau}(u = \text{Скорость}(a, K, T) \leftrightarrow \text{Скорость}(a, K, T) = u)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание, имеющей цель "исключ". Выражение u не содержит символа "Скорость". Преобразованное утверждение сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 0. Создана еще одна версия приема, применяемая к посылкам задач на исследование. Ее уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Ktau}(u + \text{Скорость}(b, K, S) = \text{Скорость}(a, K, T) \leftrightarrow \text{Скорость}(a, K, T) = u + \text{Скорость}(b, K, S))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Выражение u не содержит символа "Скорость". Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

14. Выражение скорости из уравнения.

$$\forall_{Kabcit}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, t), K, i) = c \leftrightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, t), K, i) = c/a)$$

$$\forall_{Kabct}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{длина}(\text{Скорость}(b, K, t)) = c \leftrightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(b, K, t)) = c/a)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются к посылке задачи на исследование. Выражение a не содержит неизвестных, выражение c не содержит символа "Скорость". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Kabcnt}(\neg(a = 0) \vee \neg(b = 0) \rightarrow a(\text{длина}(\text{Скорость}(c, K, t)))^n + b = p \leftrightarrow (\text{длина}(\text{Скорость}(c, K, t)))^n = (p - b)/a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражения a, b, p не содержат невырожденных числовых атомов, заголовки которых отличны от символов "расстояние" и "удельн тепломк". Выражение "длина(Скорость(c, K, T)))" встречается в какой-либо другой посылке. Либо a отлично от 1, либо b отлично от 0. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровнях 4 и 8. В ней дополнительно разрешается заголовок "длина" числовых атомов выражений a, b, p , причем не допускается вхождение символа "Скорость" в a, p .

$$\forall_{Kabcnt}(\neg(a = 0) \vee \neg(b = 0) \rightarrow a(\text{крд}(\text{Скорость}(c, K, t), K, 3))^n + b = p \leftrightarrow (\text{крд}(\text{Скорость}(c, K, t), K, 3))^n = (p - b)/a)$$

Аналогично предыдущему. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Kabt}(0 \leq b \rightarrow (\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)))^2 = b \leftrightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)) = \sqrt{b})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение b не содержит невырожденных числовых атомов, заголовки которых отличны от символа "удельн тепломк". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Kabpqst}(\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{Скорость}(a, K, t) = q \cdot \text{Скорость}(b, K, s) \leftrightarrow \text{Скорость}(a, K, t) = q/p \text{Скорость}(b, K, s))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 5.

15. Относительная скорость двух тел, движущихся по двум отрезкам.

$$\forall_{ABCDT_1T_2abcdemaw}(\text{равндвиж}(a, T_1) \& \text{Путь}(a, T_1) = \text{Отрезок}(A, B) \& \text{равндвиж}(b, T_2) \& \text{Путь}(b, T_2) = \text{Отрезок}(C, D) \& \text{уголмежду}(\text{вектор}(AB)),$$

вектор(CD) = c & скорость(a, T_1) = d & скорость(b, T_2) = e &
 $m = \sqrt{d^2 + e^2 - 2de \cos c}$ & $\neg(m = 0) \rightarrow$ Вектор(w) &
 Скорость($a, b, T_1 \cap T_2$) = w & длина(w) = m &
 уголмежду(вектор(AB), w) = $\arccos(d - e \cos c)/m$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Антецеденты с пятого по восьмой выделены указателем "идентификатор". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения d, e не содержат символа "скорость", а выражение c - символа "уголмежду". Выражение вида "Место(a, t)" встречается в посылках задачи. Прием вводит новый символ w . Вместо символа "Отрезок" при идентификации допускается символ "Луч". Уровень срабатывания приема равен 3.

16. Наименьшее расстояние между двумя телами, движущимися прямолинейно с постоянными скоростями.

$\forall_{ABCDEFT_1T_2abcdmpqrstv}$ (Равндвиж(a, T_1) & Равндвиж(b, T_2) & $[p, q] \subseteq T_1$
 & $[p, q] \subseteq T_2$ & Скорость($a, b, [p, q]$) = v & длина(v) = m &
 Место(a, p) = E & Место(b, p) = F & уголмежду(вектор(EF), v) = r &
 $0 \leq \pi/2 - r$ & $l(EF) = s$ & $t = s \cos r/m$ & $0 \leq q - p - t \rightarrow$
 $\text{Min}(\lambda_x(l(\text{Место}(a, x)\text{Место}(b, x)), x - \text{число}), [p, q], y, z) \leftrightarrow y = \{t\}$ & $z = s \sin r$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование, содержащей неизвестную. Первые два антецедента идентифицируются с посылками. Антецеденты с номерами от пятого до девятого, а также одиннадцатый и двенадцатый выделены указателем "идентификатор". Десятый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Истинность третьего, четвертого и последнего антецедентов устанавливается при помощи вспомогательных задач на доказательство. Выражение m не содержит символа "длина", выражение r - символа "уголмежду". Переменные E, F идентифицируются с переменными. Выражения a, b различны. Уровень срабатывания равен 5.

17. Связь между скоростями точек твердого тела.

$\forall_{BCKabct}$ (твердотело(a) & $b \in a$ & $c \in a$ & $B = \text{Место}(b, t)$ & $C = \text{Место}(c, t) \rightarrow$
 скалумнож(Скорость(b, K, t), вектор(BC)) = скалумнож(Скорость(c, K, t),
 вектор(BC)))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(b, K, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылок, имеющего вид "Скорость(c, K, t)". Два последних антецедента идентифицируются с посылками. Второй антецедент обрабатывается пакетным синтезатором "объектточки", определяющим объект a . Первый и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "поступатдвижение(a, t)". Выражения b, c различны. Уровень срабатывания равен 3.

18. Скорости концов стержня, закрепленного во внутренней точке.

$\forall_{ABCDKPRQt}$ (стержень(A) & $D \in A$ & концы(A) = $\{B, C\}$ &
 Место(B, t) = P & Место(C, t) = Q & Место(D, t) = R &

неподв(D, t) \rightarrow длина(Скорость(B, K, t)) $l(QR) =$
длина(Скорость(C, K, t)) $l(PR)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(B, K, t)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, следующие три - выделены указателем "идентификатор". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение D отлично от выражений B, C . Выражение "Скорость(C, K, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDKPRt}$ (стержень(A) & $D \in A$ & концы(A) = { B, C } &
Место(B, t) = P & Место(C, t) = Q & Место(D, t) = R & неподв(D, t) &
неподв(K, t) \rightarrow длина(Скорость(B, K, t)) $l(QR) = (C, t)l(PR)$)

Аналогично предыдущему, но в задаче встречается выражение "скорость(C, t)", а проверочными операторами обрабатываются два последних антецедента.

19. Нормализатор общей стандартизации "нормСкорость".

- (a) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства не допускается. Выражение a имеет заголовок "Скорость" и не является подтермом выражения b . Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Встречная скорость.

$$\forall_{abcd}(\text{Скорость}(b, c, a) = d \rightarrow \text{Скорость}(c, b, a) = -d)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 1.

- (c) Переход к скорости относительно неподвижной системы координат.

$$\forall_{Kabt}(\text{неподв}(b, t) \& \text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{Скорость}(a, b, t) =$$

 $\text{Скорость}(a, K, t))$

Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Выражения b, K различны. Отсутствует посылка "поверхземли(b)". Уровень срабатывания равен 3.

- (d) Скорость неподвижного объекта.

$$\forall_{abt}(\text{неподв}(a, t) \& \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{Скорость}(a, b, t) = \text{вектор}0)$$

Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

- (e) Отнесение скорости к промежутку равномерного движения.

$$\forall_{Tat}(\text{Равндвиж}(a, T) \& t \in T \rightarrow \text{Скорость}(a, K, t) = \text{Скорость}(a, K, T))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "Скорость(a, K, T)" уже встречается в посылках. Выражения t, T различны. Имеется комментарий "Равндвиж". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символами "Место", "место"

1. Усмотрение точки.

$$\forall_{at}(\text{Место}(a, t) - \text{точка})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

2. Точка принадлежит траектории.

$$\forall_{ABCabt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(A, B) \ \& \ \text{Место}(a, t) = C \ \& \ t \in T \rightarrow C \in \text{отрезок}(AB))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Идентифицирующий оператор не усматривает принадлежности точки C отрезку AB . Уровень срабатывания равен 3.

3. Перемещение вдоль отрезка.

$$\forall_{ABTarpq}(\text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(A, B) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Место}(a, p) = A)$$

$$\forall_{ABTarpq}(\text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(A, B) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Место}(a, q) = B)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCTat}(\text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(A, B) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Место}(a, t) = C \ \& \ C - \text{точка} \ \& \ C \in \text{отрезок}(AB))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "Место(a, t) = X ", а также посылка вида " $T = [x, y]$ ", у которой t равно x либо y . Уровень срабатывания равен 2.

4. Точка на дуге.

$$\forall_{ABTampqv}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, v, m) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Место}(a, p) = B)$$

Прием имеет заголовок "вывод". В задаче уже встречается выражение "Место(a, p)". Уровень срабатывания равен 1.

5. Выделение момента времени.

$$\forall_{Tat}(A = \text{Место}(a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow A = \text{Место}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tat}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{гибкаясвязь}(a, b, s, T) \ \& \ B = \text{Место}(b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow B = \text{Место}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками, причем точка привязки выбрана в третьем. Допускается заголовок "твердаясвязь" второго антецедента. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

6. Ввод в рассмотрение положения материальной точки в тот момент, к которому относится рассматриваемая ее скорость.

$$\forall_{Aabt}(\text{мточка}(a) \rightarrow \text{Место}(a, t) = A)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Выражение "Место(a, t)" в задаче пока не встречается. Прием вводит новую переменную A . Уровень срабатывания равен 5.

7. Путь, пройденный до текущей точки, равен произведению скорости на время.

$$\forall_{ATabmpqt}(\text{равндвиж}(b, T) \ \& \ a = \text{Путь}(b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ A = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{точкапути}(a, m) = A \ \& \ T = [p, q] \rightarrow m = \text{скорость}(b, T)(t - p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме третьего, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedent обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCabct}(\text{равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(A, B) \ \& \ t \in T \ \& \ T = [t_1, t_2] \ \& \ \text{Место}(a, t) = C \rightarrow C \in \text{отрезок}(AB) \ \& \ l(AC) = \text{скорость}(a, T)(t - t_1))$$

$$\forall_{ABCabct}(\text{равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{Путь}(a, T) = \text{путь}(\text{Отрезок}(A, C), \text{Отрезок}(C, B)) \ \& \ t \in T \ \& \ T = [t_1, t_2] \ \& \ \text{Место}(a, t) = C \rightarrow l(AC) = \text{скорость}(a, T)(t - t_1))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Третий antecedent обрабатывается проверочным оператором, остальные - идентифицируются с посылками задачи на доказательство либо на исследование. Уровень срабатывания равен 4.

8. Встреча двух объектов.

$$\forall_{Kabt}(\text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t) \leftrightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) = \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 2) = \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 2) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Antecedent идентифицируется с посылкой, причем допускается изменение его заголовка на "прямоорд". Уровень срабатывания равен 2.

9. Длины отрезков пути при встрече.

$$\forall_{abcdefpqt}(\text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{Путь}(a, p) = \text{Путь}(b, q) \ \& \ t \in p \ \& \ t \in q \ \& \ p = [c, d] \ \& \ q = [e, f] \ \& \ \text{простойпуть}(\text{Путь}(a, p)) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, [c, t])) = \text{длина}(\text{Путь}(b, [e, t])))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedenta идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем каждый из них - с одним либо двумя равенствами. Третий, четвертый и седьмой antecedenty обрабатываются проверочными операторами. Пятый и шестой antecedenty выделены указателем "идентификатор". Выражение t отлично от выражений c, d, f . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefpqt}(\text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{Путь}(b, q) = \text{обратныйпуть}(\text{Путь}(a, p)) \ \& \ t \in p \ \& \ t \in q \ \& \ p = [c, d] \ \& \ q = [e, f] \ \& \ \text{простойпуть}(\text{Путь}(a, p)) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, [c, t])) + \text{длина}(\text{Путь}(b, [e, t])) = \text{длина}(\text{Путь}(a, p)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, второй, пятый и шестой antecedenty идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий, четвертый и

седьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение t отлично от выражений d, f . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdpt}(\text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{Путь}(b, p) = \text{обратныйпуть}(\text{Путь}(a, p)) \ \& \\ t \in p \ \& \ p = [c, d] \ \& \ \text{простойпуть}(\text{Путь}(a, p)) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{Путь}(a, [c, t])) + \text{длина}(\text{Путь}(b, [c, t])) = \text{длина}(\text{Путь}(a, p)))$$

$$\forall_{abcdpt}(\text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{Путь}(a, p) = \text{Путь}(b, q) \ \& \ t \in p \ \& \ p = [c, d] \ \& \\ \text{простойпуть}(\text{Путь}(a, p)) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, [c, t])) = \text{длина}(\text{Путь}(b, [c, t])))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первый, второй и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий и пятый - обрабатываются проверочными операторами. Выражение t отлично от выражений c, d . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdpqt}(\text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{Путь}(a, p) = \text{путь}(q, \text{Путь}(b, p)) \ \& \ t \in p \ \& \\ p = [c, d] \ \& \ \text{простойпуть}(\text{Путь}(a, p)) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{Путь}(a, [c, t])) = \text{длина}(\text{Путь}(b, [c, t])) + \text{длина}(q))$$

Аналогично предыдущему, но ограничение на t отброшено.

10. Начало и конец обратного пути.

$$\forall_{STabcdemnpq}(c = \text{Место}(a, q) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ m = \text{Путь}(a, T) \ \& \\ m = \text{обратныйпуть}(n) \ \& \ n = \text{Путь}(b, S) \ \& \ S = [d, e] \rightarrow c = \text{Место}(b, d))$$

$$\forall_{STabcdemnpq}(c = \text{Место}(a, q) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ m = \text{Путь}(a, T) \ \& \\ n = \text{обратныйпуть}(m) \ \& \ n = \text{Путь}(b, S) \ \& \ S = [d, e] \rightarrow c = \text{Место}(b, d))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

11. Расстояние между объектами, движущимися навстречу друг другу по общей траектории.

$$\forall_{abcdefgprt}(\text{отрезокпути}(c, \text{Путь}(a, p)) \ \& \ \text{началопути}(c) = \text{Место}(a, t) \ \& \\ \text{концепути}(c) = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{Путь}(b, q) = \text{обратныйпуть}(\text{Путь}(a, p)) \ \& \\ t \in p \ \& \ t \in q \ \& \ p = [d, e] \ \& \ q = [f, g] \ \& \ \text{простойпуть}(\text{Путь}(a, p)) \rightarrow \\ \text{длина}(c) = \text{длина}(\text{Путь}(a, p)) - \text{длина}(\text{Путь}(a, [d, t])) - \text{длина}(\text{Путь}(b, [f, t])))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также седьмой и восьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем второй, третий и четвертый выделены указателем "равно". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

12. Расстояние между физическими и геометрическими точками.

$$\forall_{ABabpt}(l(ab) = p \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow l(AB) = p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABabpt}(l(ab) = p \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \rightarrow l(A\text{Место}(b, t)) = p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $l(A\text{Место}(b, t))$ " в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

13. Пара скрепленных точек.

$$\forall_{Tabt}(\text{соединены}(\{a, b\}, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Место}(\{a, b\}, t) = \text{Место}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место($\{a, b\}, t$)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "Место(a, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, в которой указатель "контрольвывода" относится к выражению "Место(a, t)". Заметим, что пары скрепленных точек обычно рассматриваются в задачах, где происходит соединение либо разделение двух малых тел.

14. Ввод в рассмотрение материальной точки - конца материального отрезка.

$$\forall_{ABabct}(\text{место}(c, t) = \text{отрезок}(AB) \rightarrow a \in c \ \& \ b \in c \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Задача не имеет посылок вида "Место(x, t) = A ", "Место(y, t) = B ". Прием вводит новые переменные a, b . Уровень срабатывания равен 1.

15. Ввод в рассмотрение положения внутренней точки стержня, для которого указаны положения концов.

$$\forall_{BCDabcdt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ d \in a \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \rightarrow D = \text{Место}(d, t) \ \& \ D - \text{точка})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, шестой - обрабатывается проверочным оператором. В задаче отсутствует посылка вида " $X = \text{Место}(d, t)$ ". Прием вводит новую переменную D . Уровень срабатывания равен 3.

16. Усмотрение включения для нового положения материального отрезка.

$$\forall_{ABCDEFabcpt}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{отрезок}(AB) \subseteq C \ \& \ C = \text{место}(c, p) \ \& \ E = \text{Место}(a, p) \ \& \ F = \text{Место}(b, p) \ \& \ \text{твердотело}(c) \rightarrow \text{отрезок}(EF) \subseteq D)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме последнего, идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в шестом из них. последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения p, t различны.

17. Ориентация равенства.

$$\forall_{Aat}(A = \text{Место}(a, t) \leftrightarrow \text{Место}(a, t) = A)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Переменная A идентифицируется с переменной. Преобразованное утверждение сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 0.

18. Ввод в рассмотрение положения твердого тела, для которого выделено положение его части.

$$\forall_{ABabt}(\text{твердотело}(a) \ \& \ b \subseteq a \ \& \ \text{место}(b, t) = B \rightarrow \text{место}(a, t) = A \ \& \ B \subseteq A)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "место(a, t) = X ". Прием вводит новую переменную A . Уровень срабатывания равен 1.

19. Ввод в рассмотрение положения материальной точки, относящейся к множеству материальных точек с заданным геометрическим местом.

$$\forall_{ABabt}(\text{место}(a, t) = A \ \& \ b \in a \rightarrow B \in A \ \& \ B - \text{точка} \ \& \ \text{Место}(b, t) = B)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Задача не имеет посылки вида "Место(b, t) = X ". Прием вводит новую переменную B . Уровень срабатывания равен 2.

20. Основание геометрической фигуры соответствует основанию материального тела.

$$\forall_{ABabt}(\text{основание}(b, a) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \rightarrow \text{основание}(B, A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

21. Радиус круга.

$$\forall_{ABCamt}(\text{место}(a, t) = \text{Круг}(ABC) \ \& \ \text{радиус}(a) = m \rightarrow l(AB) = m)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

22. Высота тела.

$$\forall_{Aamt}(\text{высота}(a) = m \ \& \ \text{место}(a, t) = A \rightarrow \text{высота}(A) = m)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Уровень срабатывания равен 1.

23. Площадь пластины.

$$\forall_{Aat}(\text{место}(a, t) = A \rightarrow S(a) = S(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "площадь(a)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение A имеет заголовок "фигура". Введен ускоряющий фильтр, проверяющий, что выражение a не имеет своим заголовком символ "фигура" либо "круг". Уровень срабатывания равен 2.

24. Переход к объему геометрического тела.

$$\forall_{abt}(a = \text{место}(b, t) \rightarrow \text{объем}(b) = \text{объем}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(a)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{at}(\text{объем}(a) = \text{объем}(\text{место}(a, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(a)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "место(a, t)" в некоторой посылке. Уровень срабатывания равен 3.

25. Грань многогранника.

$$\forall_{ABabt}(\text{грань}(b, a) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \rightarrow \text{грань}(B, A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

26. Верхняя и нижняя части тела.

$$\forall_{ADEKht}(\text{верхняячасть}(A, h, K, t) = D \ \& \ \text{место}(D, t) = E \rightarrow \text{нижнийуровень}(E, K) = h)$$

$$\forall_{ADEKht}(\text{верхняячасть}(A, h, K, t) = D \ \& \ \text{место}(D, t) = E \rightarrow \text{верхнийуровень}(E, K) = \text{верхнийуровень}(\text{место}(A, t), K))$$

$$\forall_{ADEKht}(\text{нижняячасть}(A, h, K, t) = D \ \& \ \text{место}(D, t) = E \rightarrow \text{верхнийуровень}(E, K) = h)$$

$$\forall_{ADEKht}(\text{нижняячасть}(A, h, K, t) = D \ \& \ \text{место}(D, t) = E \rightarrow \text{нижнийуровень}(E, K) = \text{нижнийуровень}(\text{место}(A, t), K))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

27. Неизменность расстояния между точками твердого тела.

$$\forall_{ABCDabcpq}(\text{Место}(a, p) = A \ \& \ \text{Место}(b, p) = B \ \& \ a \in c \ \& \ b \in c \ \& \ \text{твердотело}(c) \rightarrow l(AB) = l(\text{Место}(a, q)\text{Место}(b, q)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $l(AB)$ " в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, q)" в некоторой посылке. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Выражения p, q различны. Выражение "Место(b, q)" уже рассматривается в задаче. Уровни срабатывания равны 2 и 4.

$$\forall_{DEFGbcdempq}(b \subseteq c \ \& \ \text{место}(b, p) = \text{отрезок}(DE) \ \& \ \text{твердотело}(c) \ \& \ D = \text{Место}(d, p) \ \& \ E = \text{Место}(e, p) \ \& \ F = \text{Место}(d, q) \ \& \ G = \text{Место}(e, q) \ \& \ m = \text{место}(b, q) \rightarrow m = \text{отрезок}(FG))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения p, q различны. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ACDEKabcpt}(a \in b \ \& \ c \in b \ \& \ \text{твердотело}(b) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ D = \text{Место}(a, p) \ \& \ E = \text{Место}(c, p) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(AC), K) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(DE), K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(C, K, 1) = \text{крд}(A, K, 1) + \text{крд}(E, K, 1) - \text{крд}(D, K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{крд}(C, K, 1)$ " в посылке

задачи на исследование. Третий, восьмой и девятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, остальные - идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения p, t различны. В задаче уже встречаются выражения "крд($A, K, 1$)", "крд($D, K, 1$)" и "крд($E, K, 1$)". Выводимое соотношение сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 3.

28. Сохранение геометрии цилиндрического тела.

$$\forall_{ABast}(\text{твердотело}(a) \ \& \ A = \text{место}(a, s) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(A) \ \& \\ B = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{полузакрцилиндр}(B))$$

Утверждение "полузакрцилиндр(A)" означает, что A есть объединение боковой поверхности прямого цилиндра с одним из его оснований. Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ADadst}(\text{полузакрцилиндр}(A) \ \& \ A = \text{место}(a, s) \ \& \ \text{основание}(d, a) \ \& \\ D = \text{место}(d, s) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{твердотело}(a) \rightarrow D = \text{место}(d, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

29. Сумма объемов при разбиении цилиндрического тела на две части.

$$\forall_{ABKbcst}(\text{место}(b \cup c, t) = A \ \& \ \text{цилиндричтело}(A, K) \ \& \\ \text{нижнеоснование}(A, K) = B \ \& \ \text{непересек}(b, c) \ \& \ S(B) = s \rightarrow \\ \text{объем}(b) + \text{объем}(c) = \\ s \cdot (\text{Высотаповерхн}(\text{верхнеоснование}(A, K), K) - \text{Высотаповерхн}(B, K)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(b)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

30. Сохранение площади основания твердого тела.

$$\forall_{ABPQabst}(\text{твердотело}(a) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(a, s) \ \& \\ \text{основание}(P, A) \ \& \ \text{основание}(Q, B) \rightarrow S(P) = S(Q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "площадь(P)" в посылке задачи на исследование. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 3.

31. Ввод в рассмотрение вспомогательных параметров для положения тела.

$$\forall_{ACDEFGKabpqrt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{куб}(A) \ \& \\ \text{грань}(\text{фигура}(CDEF), A) \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(CD), K) \ \& \ \text{вперед}(\text{вектор}(CF), K) \\ \& \ \text{ребро}(\text{отрезок}(CG), A) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(CG), K) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \\ \text{коорд}(C, K) = (p, q, r) \ \& \ p - \text{число} \ \& \ q - \text{число} \ \& \ r - \text{число})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, шестого, седьмого и девятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Не усматривается истинность

утверждения "Неподв(a, t)". Выражение вида "сила(c, a, t)" уже встречается в посылках. Выражение "коорд(C, K)" пока не упоминается в задаче. Прием вводит новые вспомогательные параметры p, q, r . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ACDEKMNPrabpqrt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{цилиндр}(A) \ \& \ \text{основание}(\text{Круг}(CDE), A) \ \& \ \text{основание}(\text{Круг}(MNP), A) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(CM), K) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{коорд}(C, K) = (p, q, r) \ \& \ p - \text{число} \ \& \ q - \text{число} \ \& \ r - \text{число})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме второго и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения C, M различны. Выражение вида "сила(c, a, t)" уже встречается в посылках. Не усматривается истинность утверждения "Неподв(a, t)". Выражение "коорд(C, K)" пока не упоминается в задаче. Прием вводит новые вспомогательные параметры p, q, r . Уровень срабатывания равен 2.

32. Нормализатор общей стандартизации "нормМесто".

- (a) Усмотрение из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации блокируется. Выражение a имеет заголовок "Место" и не является подвыражением выражения b . Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Начальная точка движения.

$$\forall_{ABTabcprq}(T = [p, q] \ \& \ \text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(A, B) \rightarrow \text{Место}(a, p) = A)$$

Антецеденты идентифицируются с посылками, причем вместо символа "Отрезок" допускается символ "Луч". Уровень срабатывания равен 1.

- (c) Неподвижная точка.

$$\forall_{ATarpq}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Место}(a, p) = A \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Место}(a, t) = A)$$

Первые три antecedента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tat}(\text{Место}(a, T) = A \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Место}(a, t) = A)$$

Первый antecedент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Переменная A идентифицируется с переменной. Выражения t, T различны. Уровень срабатывания равен 2.

- (d) Точка на дуге.

$$\forall_{ABTampqv}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, v, m) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Место}(a, p) = B)$$

Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

- (e) Пара скрепленных точек.

$$\forall_{Tabt}(\text{соединены}(\{a, b\}, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \rightarrow \text{Место}(\{a, b\}, t) = A)$$

Первый и третий antecedенты идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

33. Нормализатор общей стандартизации "нормместо".

(a) Усмотрение из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации блокируется. Выражение a имеет заголовок "место" и не является подвыражением выражения b .

(b) Неподвижное тело.

$$\forall_{ATat}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{место}(a, T) = A \ \& \ t \in T \rightarrow \text{место}(a, t) = A)$$

Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражения t, T различны.

Приемы, связанные с символами "Равндвиж", "равндвиж"

1. Усмотрение векторного равномерного движения.

$$\forall_{ABTa}(\text{равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(A, B) \rightarrow \text{Равндвиж}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(C, D, E)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем допускается замена символа "Отрезок" на символ "Луч". Выражение a является подвыражением хотя бы одного из выражений C, D . Уровень срабатывания равен 2.

2. Переход от точки временного промежутка к целому промежутку.

$$\forall_{Tat}(\text{равндвиж}(a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{скорость}(a, t) = \text{скорость}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражения t, T различны. Используется ускоряющий фильтр, проверяющий перед обработкой второго антецедента, что t - не временной промежуток. Кроме того, проверяется, что t - не граничный момент двух промежутков равномерного движения, на котором скорость изменяется скачком. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tat}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Скорость}(a, K, t) = \text{Скорость}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражения t, T различны. Уровень срабатывания равен 2.

3. Временной подпромежуток.

$$\forall_{STa}(\text{Равндвиж}(a, S \cup T) \rightarrow \text{Равндвиж}(a, S))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

4. Неизменность высоты при движении по горизонтали.

$$\forall_{KTarpq}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ v = \text{Скорость}(a, K, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вправо}(v, K) \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, q), $K, 3$)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылок, имеющего вид "Место(a, p)". Первый антецедент, а также третий и четвертый идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом вместо символа "вправо" допускается рассмотрение символов "влево", "вперед" и "назад". Второй антецедент выделен указателем "идентификатор". Два последний антецедента обрабатываются проверочными операторами. Выражения p, q различны. Уровень срабатывания равен 2.

5. Ускорение равно нулю.

$$\forall_{Ktat}(\text{Равндвиж}(a, t) \ \& \ \text{Неподв}(K, t) \rightarrow \text{Ускорение}(a, K, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

6. Равенство скоростей в разные моменты промежутка.

$$\forall_{KTast}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ t \in T \ \& \ s \in T \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{Скорость}(a, K, t) = \text{Скорость}(a, K, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Указатели "контекст" определяют дополнительную идентификацию подвыражений посылок, имеющих вид "Скорость(a, K, t)" и "Скорость(a, K, s)". Выражения s, t различны. Три последних антецедента обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

7. Отнесение к центру масс.

$$\forall_{Tab}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{Равндвиж}(b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Уровень срабатывания равен 1.

8. Рассмотрение граничной точки временного промежутка.

$$\forall_{PTapqr}(T = [p, q] \ \& \ P = [q, r] \ \& \ \text{равндвиж}(a, P) \rightarrow \text{скорость}(a, q) = \text{скорость}(a, P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скорость(a, P)" в послылке задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2. Заметим, что потребность в приеме возникла из-за задач, где скорость на стыке двух временных промежутков изменяется скачком.

9. Ввод параметрического задания временного промежутка.

$$\forall_{Ta}(\text{Равндвиж}(a, T) \rightarrow \exists_{pq}(p - \text{число} \ \& \ q - \text{число} \ \& \ T = [p, q] \ \& \ p \leq q))$$

Прием имеет заголовок "параметры", т.е. выражает несущественную неизвестную T через вспомогательные несущественные переменные p, q . Антецедент идентифицируется с условием задачи на описание, имеющей цель "исключ".

Отсутствует условие вида " $T = [x, y]$ ". Происходит удаление несущественной неизвестной T , регистрация новых переменных p, q в качестве несущественных неизвестных, а также добавление условий на эти неизвестные. Уровень срабатывания равен 1.

10. Переход к бесконечному периоду.

$$\forall_{apq}(\text{Равндвиж}(a, [p, q]) \leftrightarrow \text{Равндвиж}(a, [p, \infty)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание, имеющей цель "исключ". Переменная a идентифицируется с несущественной неизвестной этой задачи. Допускаются только такие вхождения этой переменной в другие условия, которые либо задают векторную скорость объекта a или другого объекта относительно a на промежутке $[p, q]$, либо задают траекторию движения a на данном промежутке. Уровень срабатывания приема равен 0.

$$\forall_{abpq}(\text{Равндвиж}(a, [p, \infty)) \& \text{Равндвиж}(b, [p, \infty)) \rightarrow \\ \text{Скорость}(a, b, [p, q]) = \text{Скорость}(a, b, [p, \infty)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание, имеющей цель "исключ". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Допускается заголовок "неподв" второго антецедента. Уровень срабатывания равен 1.

11. Условие пересечения траектории с заданной прямой.

$$\forall_{ABCDK_{ap}}(\text{Равндвиж}(a, [p, \infty)) \& \text{прямая}(AC) \perp \text{прямая}(AB) \& 0 < l(AC) \& \\ \text{неподв}(K, [p, \infty)) \rightarrow \exists_{Dq}(D \in \text{прямая}(AB) \& D - \text{точка} \& \\ \text{Путь}(a, [p, q]) = \text{Отрезок}(C, D) \& q - \text{число} \& 0 \leq q - p) \leftrightarrow \\ \text{Место}(a, p) = C \& \neg(\text{Скорость}(a, K, [p, \infty)) = \text{вектор}0) \& \\ \text{уголмежду}(\text{вектор}(CA), \text{Скорость}(a, K, [p, \infty))) < \pi/2)$$

Прием имеет заголовок "связка". Утверждения под квантором существования идентифицируются со всеми содержащими несущественные неизвестные D, q условиями задачи на описание, имеющей цель "исключ". Эти неизвестные не встречаются в выражениях a, p, A, B, C . Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста, за исключением третьего антецедента, обрабатываемого проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

12. Существование равномерного движения.

$$\forall_{Tabct}(\exists_a(\text{Равндвиж}(a, T) \& \text{Место}(a, t) = A \& \text{Скорость}(a, b, T) = c) \leftrightarrow \\ A - \text{точка} \& \text{Вектор}(c))$$

$$\forall_{Tbc}(\exists_a(\text{Равндвиж}(a, T) \& \text{Скорость}(a, b, T) = c) \leftrightarrow \text{Вектор}(c))$$

$$\forall_{Tpv}(\exists_a(\text{равндвиж}(a, T) \& \text{Путь}(a, T) = p \& \text{скорость}(a, T) = v) \leftrightarrow \\ 0 \leq v \& v - \text{число} \& \text{длина}(p) = v \text{длина}(T))$$

Приемы имеют заголовок "связка" и применяются в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tmn}(\exists_a(\text{равндвиж}(a, T) \& \text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = m \& \text{скорость}(a, T) = n) \leftrightarrow \\ n - \text{число} \& m - \text{число} \& 0 \leq m \& 0 \leq n \& m = \text{длина}(T)n)$$

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 3.

13. Проверочный оператор "усмравндвиж".

Как и обычно, на уровне 1 срабатывают прием непосредственного усмотрения из посылки и прием усмотрения результата из буфера. Кроме того, созданы следующие приемы:

(а) Усмотрение надинтервала.

$$\forall_{abc}(b \subseteq c \ \& \ \text{равндвиж}(a, c) \rightarrow \text{равндвиж}(a, b))$$

Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

(б) Движение точки длинномерного равномерно движущегося вдоль траектории объекта.

$$\forall_{abcdp}(\text{равндвижлин}(a, b, c, p) \ \& \ d \subseteq p \rightarrow \text{равндвиж}(c, d))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

14. Проверочный оператор "усмРавндвиж".

Кроме приема непосредственного усмотрения из посылки и приема усмотрения результата из буфера, создан единственный прием:

$$\forall_{at}(\text{Неподв}(a, t) \rightarrow \text{Равндвиж}(a, t))$$

Приемы, связанные с символом "одномерндвиж"

1. Усмотрение одномерного движения.

$$\forall_{KTarpq}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Место}(a, p) \in \text{осьабсцисс}(K) \ \& \ \text{одномерный}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ \text{одномерный}(\text{Ускорение}(a, K, T), K) \rightarrow \text{одномерндвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

2. Совпадение точек двух процессов одномерного движения.

$$\forall_{Kabpqt}(\text{одномерндвиж}(a, K, [p, q]) \ \& \ \text{одномерндвиж}(b, K, [p, q]) \ \& \ 0 \leq t - p \ \& \ 0 \leq q - t \rightarrow \text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t) \leftrightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) = \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

3. Расстояние между точками для двух процессов одномерного движения.

$$\forall_{KRTabpq}(\text{одномерндвиж}(a, K, T) \ \& \ \text{одномерндвиж}(b, K, P) \ \& \ p \in T \ \& \ q \in P \rightarrow l(\text{Место}(a, p)\text{Место}(b, q)) = |\text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(b, q), K, 1)|)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{ABK} \forall_{abpqst}$ (одномерндвиж($a, K, [p, q]$) & одномерндвиж($b, K, [p, q]$) & $0 \leq t - p$ & $0 \leq q - t$ & $0 \leq s - p$ & $0 \leq q - s$ & Место(a, t) = A & Место(b, s) = B → $l(AB) = |\text{крд}(A, K, 1) - \text{крд}(B, K, 1)|$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

4. Величина скорости.

\forall_{KTat} (одномерндвиж(a, K, T) & $t \in T$ → длина(Скорость(a, K, t)) = $|\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1)|$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

5. Длина пути при перемещении по оси абсцисс.

\forall_{KTarpq} (одномерндвиж(a, K, T) & $T = [p, q]$ & однонаправл(a, T) → длина(Путь(a, T)) = $|\text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1)|$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

6. Высота точки.

\forall_{KTat} (одномерндвиж(a, K, T) & $t \in T$ → $\text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) = 0$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

7. Переход от векторного соотношения к соотношению для координат.

$\forall_{KTabpqrt}$ (одномерндвиж(a, K, T) & $t \in T$ & $p \cdot \text{Скорость}(a, K, t) + q = r$ → $p \cdot \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1) + \text{крд}(q, K, 1) = \text{крд}(r, K, 1)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "Путь"

1. Длина пути за составной промежуток времени.

\forall_{Tap} (промежутки(T, P) & $P = \lambda_i(p(i), i \in \{1, \dots, n\})$ → $\text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = \sum_{i=1}^n \text{длина}(\text{Путь}(a, p(i)))$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь(a, T))" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент обрабатывается пакетным синтезатором "промежутки", усматривающим из контекста разбиение временного промежутка T на набор P последовательных подпромежутков. Вторым антецедент выделен указателем "идентификатор". Описатель "отображение"

идентифицируется с конечным набором, а конечная сумма выписывается как обычная. Переменная p функциональная. Выражение T имеет своим заголовком либо символ "объединение", либо символ "промежуток". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{amnpqr}(\text{Путь}(a, q \cup p) = r \ \& \ \text{длина}(r) = m \ \& \ \text{длина}(\text{Путь}(a, q)) = n \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, p)) = m - n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения m, n не содержат невырожденных числовых атомов. Выражения p, q различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCd}(A = BUC \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(d, A)) = \text{длина}(\text{Путь}(d, B)) + \text{длина}(\text{Путь}(d, C)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь(d, A))" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с другой посылкой. Отсутствует посылка вида "Путь(d, A) = путь(f)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabct}(T = [a, b] \ \& \ t \in T \ \& \ \text{длина}(\text{Путь}(c, T)) = m \ \& \ \text{длина}(\text{Путь}(c, [t, b])) = n \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(c, [a, t])) = m - n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения m, n не содержат невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 3.

2. Разбиение участка пути на два подучастка.

$$\forall_{amnpqst}(\text{равндвиж}(a, p) \ \& \ \text{равндвиж}(a, q) \ \& \ p = [s, m] \ \& \ q = [m, n] \ \& \ t \in q \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, [s, t])) = \text{длина}(\text{Путь}(a, p)) + \text{длина}(\text{Путь}(a, [m, t])))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь($a, [s, t]$))" в посылке задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, последний - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

3. Усмотрение противоречия из отрицательности длины пути.

$$\forall_{Tab}(\text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = -b \ \& \ 0 < b \rightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цель "контроль". Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

4. Ориентация равенства.

$$\forall_{abc}(\text{Путь}(a, b) = c \leftrightarrow c = \text{Путь}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Переменная c идентифицируется с переменной. Эта переменная может входить в прочие посылки лишь внутри выражений "путь(...)". Преобразованная посылка снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tabp}(\text{Путь}(a, T) = p \rightarrow b = \text{длина}(p) \leftrightarrow \text{длина}(p) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение b не содержит символов "Путь", "обратныйпуть" и не имеет заголовка "длина". Преобразованная посылка снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 2.

5. Нормализатор общей стандартизации "нормПуть".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок:

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства не допускается. Выражение a имеет заголовок "Путь" и не входит в выражение b .

Приемы, связанные с символами "неподв", "Неподв"

1. Длина пути равна нулю.

$$\forall_{Ta}(\text{неподв}(a, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

2. Сохранение положения неподвижной точки.

$$\forall_{Tapq}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Место}(a, p) = \text{Место}(a, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, p)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Имеется посылка вида "упругсвязь(a, b, c, d)", причем выражение "Место(b, q)" встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tapqt}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Место}(a, p) = \text{Место}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражения p, t различны. Выражение "Место(a, p)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDTst}(\text{стержень}(A) \ \& \ D \in A \ \& \ \text{концы}(A) = \{B, C\} \ \& \ \text{неподв}(D, T) \ \& \ t \in T \ \& \ s \in T \rightarrow \text{Место}(D, t) = \text{Место}(D, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(D, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылок, имеющего вид "Место(B, s)". Первый антецедент, а также третий и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками. остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

3. Сохранение положения неподвижного тела.

$$\forall_{ATast}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ A = \text{место}(a, s) \ \& \ t \in T \ \& \ s \in T \rightarrow \text{место}(a, t) = A)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 1. Для той же теоремы создан прием с заголовком "второйтерм". Он применяется к подвыражению посылки задачи на исследование. Эта посылка не имеет вида " $\text{место}(a, t) = A$ ". Первые два антецедента идентифицируются с другими посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ATast}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ A = \text{место}(b, s) \ \& \ b \subseteq a \ \& \ t \in T \ \& \ s \in T \rightarrow \text{место}(b, t) = A)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

4. Сохранение множества координат точек неподвижного тела.

$$\forall_{KTabt}(\text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ t \in T \ \& \ p \in T \ \& \ \text{коорд}(\text{место}(b, t), K) = a \rightarrow \text{коорд}(\text{место}(b, p), K) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение a не содержит символа "коорд". Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 1.

5. Конечная группа точек.

$$\forall_{ant}(l(a) = n \rightarrow \text{неподв}(\{; a\}, t) \leftrightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{неподв}(a(i), t)))$$

$$\forall_{ant}(l(a) = n \rightarrow \text{Неподв}(\{; a\}, t) \leftrightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Неподв}(a(i), t)))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на исследование. Выражение a имеет заголовок "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Квантор общности из заменяющей части выписывается как конъюнкция. Уровень срабатывания равен 1.

6. Одно тело неподвижно лежит на другом.

$$\forall_{abt}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{Неподв}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

7. Точка, скрепленная с точкой неподвижного тела.

$$\forall_{abct}(a \in c \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \ \& \ \text{соединены}(\{a, b\}, t) \rightarrow \text{Неподв}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

8. Неподвижность стержня с неподвижными концами.

$$\forall_{abct}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \rightarrow \text{Неподв}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 2.

9. Ускорение неподвижной точки.

$$\forall_{Kat}(\text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{Неподв}(K, t) \rightarrow \text{Ускорение}(a, K, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{Kat}(\text{неподв}(a, t) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \rightarrow \text{Ускорение}(a, K, t) = \text{вектор}0)$$

Аналогично предыдущему, но дополнительно проверяется, что t - временной промежуток.

10. Переход к бесконечному периоду.

$$\forall_{Kpq}(\text{неподв}(K, [p, q]) \leftrightarrow \text{неподв}(K, [p, \infty)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание, имеющей цель "исключ". Отсутствует другое условие, в котором переменная K встречалась бы не под выражением вида "Скорость($X, K, [p, q]$)". Уровень срабатывания равен 0.

11. Существование неподвижного объекта.

$$\forall_T(\exists_K(\text{неподв}(K, T)))$$

Прием имеет заголовок "связка" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Уровень срабатывания равен 3.

12. Усмотрение единичного момента.

$$\forall_{at}(\text{Неподв}(a, t) \rightarrow t - \text{число})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. выражение t идентифицируется с переменной, причем проверочный оператор пока не усматривает, что она принимает численные значения. Уровень срабатывания равен 1.

13. Проверочный оператор "усмнеподв".

(а) Подпромежуток.

$$\forall_{PTa}(\text{неподв}(a, P) \ \& \ T \subseteq P \rightarrow \text{неподв}(a, T))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdp}(\text{неподв}(p, [a, b]) \ \& \ \text{Предшеств}(a, c) \ \& \ \text{Предшеств}(d, b) \rightarrow \text{неподв}(p, [c, d]))$$

Здесь "Предшеств" - проверочный оператор для усмотрения предшествования одного момента другому. Он использует умолчания, характерные для физических задач. Например, появление в задаче временного промежутка $[s, t]$ рассматривается как указание на то, что момент s предшествует моменту t , даже при отсутствии прочих сведений о данных моментах.

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdefp}(\text{неподв}(p, [a, b]) \ \& \ \text{Предшеств}(a, c) \ \& \ \text{Предшеств}(d, b) \ \& \ T = [c, d] \rightarrow \text{неподв}(p, T))$$

Первый и четвертый antecedentes идентифицируются с посылками, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

- (b) Система координат, связанная с поверхностью Земли.

$$\forall_K(\text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{неподв}(K, t))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 1.

- (c) Точка неподвижного тела.

$$\forall_{abt}(\text{неподв}(a, t) \ \& \ b \in a \rightarrow \text{неподв}(b, t))$$

Второй antecedent идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

- (d) Одно тело неподвижно лежит на другом.

$$\forall_{abt}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{неподв}(a, t))$$

$$\forall_{abt}(\text{лежитна}(\text{нижнясторона}(a, c, d), b, t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{неподв}(a, t))$$

$$\forall_{abt}(\text{лежитна}(a, \text{верхняясторона}(b, c, d), t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{неподв}(a, t))$$

Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

- (e) Точка с нулевыми скоростью и ускорением.

$$\forall_{at}(\text{Неподв}(a, t) \rightarrow \text{неподв}(a, t))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 2.

- (f) Крепление с неподвижной точкой.

$$\forall_{Tabc}(\text{точкавращения}(a, b, c, T) \ \& \ \text{неподв}(c, T) \rightarrow \text{неподв}(a, T))$$

Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

- (g) Нулевая векторная скорость.

$$\forall_{abt}(\text{Скорость}(a, b, t) = \text{вектор}0 \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{неподв}(a, t))$$

Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

- (h) Момент промежутка неподвижности.

$$\forall_{Tat}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{неподв}(a, t))$$

Созданы две версии приема. У одной из них первый antecedent идентифицируется с посылкой, у другой - второй. Оставшийся antecedent обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

- (i) Центр тяжести неподвижного тела.

$$\forall_{Kabt}(\text{центртяжести}(a, b) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{неподв}(a, t))$$

Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

- (j) Верхняя и нижняя стороны тела.

$$\forall_{abct}(\text{неподв}(a, t) \rightarrow \text{неподв}(\text{верхняясторона}(a, b, c), t))$$

$$\forall_{abct}(\text{неподв}(a, t) \rightarrow \text{неподв}(\text{нижнясторона}(a, b, c), t))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

(к) Гибкая связь, соединяющая две неподвижные точки.

$$\forall_{ABTabcdt}(\text{гибкаясвязь}(b, c, d, T) \ \& \ \text{блок}(a, b, c, T) \ \& \ \text{неподв}(a, t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \ \& \ t \in T \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ l(AB) = \text{длина}(d) \rightarrow \text{неподв}(d, t))$$

Первые два антецедента идентифицируются с посылками, следующие три - обрабатываются проверочными операторами. Последние три антецедента выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

14. Проверочный оператор "усмНеподв".

(а) Система координат, связанная с поверхностью Земли.

$$\forall_K(\text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{Неподв}(K, t))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 1.

(b) Момент промежутка неподвижности.

$$\forall_{Tat}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Неподв}(a, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Используются ускоряющие фильтры, проверяющие, не является ли t промежутком и не совпадает ли оно с T . Уровень срабатывания равен 2.

(с) Часть неподвижного тела.

$$\forall_{ABKht}(\text{верхняячасть}(A, h, K, t) = B \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \rightarrow \text{Неподв}(B, t))$$

Антецеденты идентифицируются с посылками. Разрешается замена символа "верхняячасть" на "нижняячасть". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "гибкаясвязь"

1. Соотношение для длин скоростей тел, соединенных гибкой связью.

$$\forall_{ABKabct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, t) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{неподв}(K) \rightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(b, K, t)) = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)) \cos(\text{уголмежду}(\text{Скорость}(a, K, t), \text{вектор}(AB))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "уголмежду(Скорость(a, K, t), вектор(AB))" в посылке задачи на исследование. Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками, второй и третий - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

2. Равенство ускорений при одномерном движении.

$$\forall_{Kabct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, t) \ \& \ \text{одномердвиг}(a, K, t) \ \& \ \text{одномердвиг}(b, K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, 1) = \text{крд}(\text{Ускорение}(b, K, t), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Ускорение(a, K, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

3. Равенство скоростей при одномерном движении.

$$\forall_{Kabct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, t) \& \text{одномерндвиж}(a, K, t) \& \text{одномерндвиж}(b, K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1) = \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, t), K, 1))$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к выражению "Скорость(a, K, t)".

$$\forall_{KTabct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, t) \& \text{одномерндвиж}(a, K, T) \& \text{одномерндвиж}(b, K, T) \& t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1) = \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, t), K, 1))$$

Аналогично предыдущему. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором.

4. Расстояние между телами равно длине связи.

$$\forall_{ABabst}(\text{гибкаясвязь}(a, b, s, T) \& t \in T \& A = \text{Место}(a, t) \& B = \text{Место}(b, t) \rightarrow l(AB) = \text{длина}(s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение "длина(s)" уже встречается в посылках. Используется ускоряющий фильтр, проверяющий различие выражений t, T . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABabst}(\text{гибкаясвязь}(a, b, s, t) \& A = \text{Место}(a, t) \& B = \text{Место}(b, t) \rightarrow l(AB) = \text{длина}(s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "длина(s)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCTabct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, s, T) \& s \in T \& t \in T \& A = \text{Место}(a, t) \& B = \text{Место}(b, t) \& \text{неподв}(b, T) \& C = \text{Место}(a, s) \rightarrow l(AB) = l(BC))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $l(AB)$ " в посылке задачи на исследование. Первый, четвертый, пятый и последний антецеденты идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражения s, t различны; выражения A, C тоже различны. Уровень срабатывания равен 3.

5. Усмотрение движения по кривой линии.

$$\forall_{VTabst}(\text{гибкаясвязь}(a, b, s, T) \& \text{неподв}(b, T) \& t \in T \& B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{центркрив}(a, B, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, t)" в некоторой посылке. Второй и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Имеется либо посылка "сила(a, b, t)", либо посылка "сила(b, a, t)". В задаче отсутствует посылка вида "центркрив(a, x, t)". Используется ускоряющий фильтр, проверяющий различие выражений t, T . Уровень срабатывания равен 2.

6. Различие концов связи.

$$\forall_{Tabcst}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, T) \ \& \ s \in T \ \& \ t \in T \ \& \ A = \text{Место}(a, s) \ \& \\ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \rightarrow \neg(A = B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, четвертый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "твердаясвязь"

Пока создан единственный прием, усматривающий, что расстояние между телами равно длине связи:

$$\forall_{ABabst}(\text{твердаясвязь}(a, b, s, T) \ \& \ t \in T \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \\ l(AB) = \text{длина}(s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Выражение "длина(s)" уже встречается в посылках. Используется ускоряющий фильтр, проверяющий различие выражений t, T . Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "блок"

1. Соотношение для скоростей тел, соединенных через неподвижный блок.

$$\forall_{AKPabpt}(\text{блок}(p, a, b, T) \ \& \ \text{неподв}(p, T) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{висит}(a, p, K, T) \\ \& \ \text{висит}(b, p, K, T) \rightarrow \text{Скорость}(b, K, t) = -\text{Скорость}(a, K, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент и два последних идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{AKPabpt}(\text{блок}(p, a, b, T) \ \& \ \text{неподв}(p, T) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{висит}(a, p, K, T) \\ \& \ \text{Скорость}(b, K, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент и два последних идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{AKPabpt}(\text{блок}(p, a, b, t) \ \& \ \text{неподв}(p, t) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \ \& \ P = \text{Место}(p, t) \ \& \\ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{напрдвижение}(b, p, t) \rightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(b, K, t)) = \\ \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)) | \cos(\text{уголмежду}(\text{Скорость}(a, K, t), \text{вектор}(AP))))|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в послылке задачи на исследование. Первый и последний антецеденты идентифицируются с посылками. Второй и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами, четвертый и пятый - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

2. Соотношение для скоростей блока и подвешенных к нему тел.

$\forall_{Kabctuvw}$ (блок(a, b, c, t) & Скорость(a, K, t) = v & Скорость(b, K, t) = u & Скорость(c, K, t) = w & коллинеарны(u, w) & коллинеарны(u, v) $\rightarrow 2v = u + w$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, следующие три - выделены указателем "идентификатор". Последние два антецедента обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

3. Угловая скорость блока.

\forall_{ABCDt} (блок(C, A, B, t) & центр(C, D) \rightarrow длина(Углскорость(D, t))радиус(внешокружность(D)) = длина(Скорость(A, C, t)))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Углскорость(D, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Для каждого из выражений A, C в послылках имеется терм "Скорость(...)", содержащий это выражение. Уровень срабатывания равен 3.

4. Ускорения тел, подвешенных к блоку.

\forall_{Kabct} (блок(a, b, c, t) & висит(b, a, K, t) & висит(c, a, K, t) & поверхнземли(K) \rightarrow крд(Ускорение(b, K, t), $K, 3$) = 2крд(Ускорение(a, K, t), $K, 3$) - крд(Ускорение(c, K, t), $K, 3$))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

5. Момент достижения блока одним из тел.

$\forall_{KTabcst}$ (блок(a, b, c, T) & висит(c, a, K, T) & $t \in T$ & Место(b, t) = Место(a, s) & неподв(a, T) & $s \in T$ \rightarrow длина(Скорость(c, K, t)) = длина(Скорость(b, K, t)))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с послылками задачи на исследование. При этом четвертый антецедент выделен указателем "равно". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{KTabcst}$ (блок(a, b, c, T) & висит(c, a, K, T) & $t \in T$ & Место(b, t) = Место(a, s) & неподв(a, T) & $s \in T$ & гибкаясвязь(b, c, d, T) & центртяжести(e, d) \rightarrow Скорость(e, K, t) = Скорость(c, K, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Третий, пятый и шестой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в последнем антецеденте. Четвертый антецедент выделен указателем "равно". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{KTabcst}$ (блок(a, b, c, T) & висит(c, a, K, T) & $t \in T$ & Место(b, t) = Место(a, s) & неподв(a, T) & $s \in T$ & гибкаясвязь(b, c, d, T) \rightarrow крд(Место(c, t), $K, 3$) = крд(Место(a, s), $K, 3$) - длина(d))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(c, t)" в послылке

задачи на исследование. Третий, пятый и шестой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый антецедент выделен указателем "равно". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabcst}(\text{блок}(a, b, c, T) \& \text{висит}(c, a, K, T) \& t \in T \& \text{Место}(b, t) = \text{Место}(a, s) \& \text{неподв}(a, T) \& s \in T \& \text{гибкаясвязь}(b, c, d, T) \& \text{центртяжести}(e, d) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(e, t), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, s), K, 3) - \text{длина}(d)/2)$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к выражению "Место(e, t)".

$$\forall_{ABKTabcdet}(\text{блок}(a, b, c, T) \& \text{гибкаясвязь}(b, c, d, T) \& t \in T \& A = \text{Место}(a, t) \& B = \text{Место}(b, t) \& \text{горизплосквект}(\text{вектор}(AB), K) \& l(AB) = \text{длина}(d) \& \text{центртяжести}(e, d) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(e, t), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) \& \text{Место}(c, t) = \text{Место}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(e, t)" в посылке задачи на исследование. Третий и шестой антецеденты обрабатываются проверочными операторами, седьмой - выделен указателем "идентификатор". остальные антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "равндвижлин"

1. Отрезки пути при встрече.

$$\forall_{abcdefmpqrt}(\text{равндвижлин}(a, b, c, p) \& \text{равндвижлин}(d, e, f, q) \& \text{Путь}(d, q) = \text{обратныйпуть}(\text{Путь}(a, p)) \& t \in p \& t \in q \& \text{отрезокпути}(m, \text{Путь}(a, p)) \& \text{началопути}(m) = \text{Место}(b, t) \& \text{конецпути}(m) = \text{Место}(e, t) \& r \in p \& r \in q \& \text{Место}(b, r) = \text{Место}(e, r) \rightarrow \text{длина}(m) = \text{длина}(\text{Путь}(b, [t, r])) + \text{длина}(\text{Путь}(e, [t, r])))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также антецеденты с шестого по восьмой и одиннадцатый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Третий, седьмой, восьмой и одиннадцатый антецеденты выделены указателем "равно". Уровень срабатывания равен 2.

2. Скорость точки объекта.

$$\forall_{abcdt}(\text{равндвижлин}(a, b, c, d) \& t \subseteq d \rightarrow \text{скорость}(b, t) = \text{скорость}(a, d))$$

$$\forall_{abcdt}(\text{равндвижлин}(a, b, c, d) \& t \subseteq d \rightarrow \text{скорость}(c, t) = \text{скорость}(a, d))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

3. Моменты прохождения заданной точки началом и концом объекта.

$$\forall_{abcdst}(\text{равндвижлин}(a, b, c, d) \& \text{Место}(b, t) = \text{Место}(c, s) \& t \in d \& s \in d \rightarrow s = t + \text{длина}(a)/\text{скорость}(a, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем второй выделен указателем "равно". Остальные два antecedента обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "прохождение"

1. Произведение разности скоростей на время прохождения длинномерным объектом материальной точки равно длине объекта.

$$\forall_{PQTabcdp}(\text{равндвиж}(a, P) \ \& \ \text{равндвижлин}(b, c, d, Q) \ \& \ \text{прохождение}(b, a, T) \ \& \ T \subseteq P \ \& \ T \subseteq Q \ \& \ \text{Путь}(a, P) = p \ \& \ \text{отрезокпути}(\text{Путь}(d, T), p) \ \& \ \text{простойпуть}(p) \rightarrow \text{длина}(T) \cdot |\text{скорость}(b, Q) - \text{скорость}(a, P)| = \text{длина}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три antecedента и седьмой antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой antecedent выделен указателем "идентификатор". Остальные antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{PQTabcdp}(\text{равндвиж}(a, P) \ \& \ \text{равндвижлин}(b, c, d, Q) \ \& \ \text{прохождение}(b, a, T) \ \& \ T \subseteq P \ \& \ T \subseteq Q \ \& \ \text{Путь}(a, P) = p \ \& \ \text{отрезокпути}(\text{Путь}(c, T), \text{обратныйпуть}(p)) \ \& \ \text{простойпуть}(p) \rightarrow \text{длина}(T) \cdot (\text{скорость}(b, Q) + \text{скорость}(a, P)) = \text{длина}(b))$$

Аналогично предыдущему.

2. Усмотрение большей скорости из факта двух прохождений одним объектом другого.

$$\forall_{PQRSabcd}(\text{равндвиж}(a, P) \ \& \ \text{равндвижлин}(b, c, d, Q) \ \& \ \text{Путь}(a, P) = p \ \& \ \text{простойпуть}(p) \ \& \ \text{прохождение}(b, a, R) \ \& \ \text{прохождение}(b, a, S) \ \& \ \text{отрезокпути}(\text{Путь}(d, R), p) \ \& \ \text{отрезокпути}(\text{Путь}(c, S), \text{обратныйпуть}(p)) \ \& \ R \subseteq P \ \& \ R \subseteq Q \ \& \ S \subseteq P \ \& \ S \subseteq Q \rightarrow 0 < \text{скорость}(b, Q) - \text{скорость}(a, P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента, а также antecedенты с шестого по восьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedent выделен указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "относительность"

Пока создан единственный прием, выражающий относительную скорость через абсолютные:

$$\forall_{abpqr}(\text{равндвиж}(a, p) \ \& \ \text{равндвиж}(b, q) \ \& \ r \subseteq p \ \& \ r \subseteq q \ \& \ \text{отрезокпути}(\text{Путь}(b, r), \text{Путь}(a, p)) \rightarrow \text{относительность}(a, b, r) = \text{скорость}(a, p) - \text{скорость}(b, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "относительность(a, b, r)" в посылке задачи на исследование. Первые два antecedента идентифицируются с посылками, последние три - обрабатываются проверочными операторами. Хотя бы одно из выражений "скорость(a, p)" и "скорость(b, q)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "Равноотндвиж"

1. Равенство скоростей в различные моменты промежутка.

$$\forall_{Tabp}(\text{Равноотндвиж}(a, b, T) \ \& \ p \in T \rightarrow \text{Скорость}(a, b, p) = \text{Скорость}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

2. Усмотрение равномерного движения.

$$\forall_{Tab}(\text{Равноотндвиж}(a, b, T) \ \& \ \text{Равндвиж}(b, T) \rightarrow \text{Равндвиж}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "ускорение"

Напомним, что символом "ускорение" обозначается скалярное ускорение вдоль траектории движения материальной точки.

1. Связь начальной скорости, ускорения и скорости в момент движения.

$$\forall_{Tanpqrt}(\text{равноускор}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{скорость}(a, t) = n \ \& \ t \in T \ \& \ r = \text{длина}([p, t]) \rightarrow \text{скорость}(a, p) = n - \text{ускорение}(a, T)r)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". Выражение t отлично от p, T . Хотя бы два из трех выражений " n ", " $\text{ускорение}(a, T)$ ", " r " не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tarpqt}(\text{равноускор}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \rightarrow \text{скорость}(a, t) = \text{скорость}(a, p) + \text{длина}([p, t])\text{ускорение}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Длина промежутка $[p, t]$ известна. Выражение " $\text{скорость}(a, p)$ ", после обработки нормализатором "нормскорость", не содержит символа "скорость". Преобразуемое выражение не является левой частью равенства из посылок, правая часть которого известна. Выражение t отлично от p, T . Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 4. В ней не требуется, чтобы длина промежутка $[p, t]$ была известна.

$$\forall_{Tarpqtuv}(\text{равноускор}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ \text{скорость}(a, t) = u \ \& \ \text{скорость}(a, p) = v \rightarrow u = v + \text{длина}([p, t])\text{ускорение}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{ускорение}(a, T)$ " в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме третьего, идентифицируются с посылками. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения u, v не содержат неизвестных. Выражение t отлично от p, T . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tarpquv}(\text{равноускор}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{скорость}(a, q) = u \ \& \ \text{скорость}(a, p) = v \rightarrow u = v + \text{длина}(T)\text{ускорение}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "ускорение(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые два antecedента идентифицируются с посылками, последние два - выделены указателем "идентификатор". Выражения u, v не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{PTarqvw}(\text{равноускор}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ P = [q, r] \ \& \ \text{скорость}(a, p) = v \rightarrow \text{скорость}(a, q) = v + \text{длина}(T)\text{ускорение}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "ускорение(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые три antecedента идентифицируются с посылками, последний - выделен указателем "идентификатор". Выражения " v " и "ускорение(a, T)" не содержат неизвестных. Уровень срабатывания приема равен 3.

$$\forall_{Tarqtw}(\text{равноускор}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ \text{скорость}(a, t) = u \ \& \ \text{скорость}(a, p) = v \rightarrow \text{длина}([p, t])\text{ускорение}(a, T) = u - v)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "ускорение(a, T)" в посылке задачи на исследование. Все antecedенты, кроме третьего, идентифицируются с посылками. Третий antecedент обрабатывается проверочным оператором. Выражение t отлично от p, T . Используется ускоряющий фильтр, проверяющий, что t не является числовым промежутком. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Tapt}(\text{равноускор}(a, T) \ \& \ t \in T \ \& \ p \in T \ \& \ 0 \leq t - p \rightarrow \text{скорость}(a, t) = \text{скорость}(a, p) + \text{длина}([p, t])\text{ускорение}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "скорость(a, p)", после обработки нормализатором "нормскорость", не содержит символа "скорость". Преобразуемое выражение не является левой частью равенства из посылок, правая часть которого известна. Выражение t отлично от p, T . Уровень срабатывания равен 4.

2. Выражение длины пути через ускорение, начальную скорость и длительность.

$$\forall_{amnpq}(\text{равноускор}(a, [p, q]) \ \& \ \text{скорость}(a, p) = m \ \& \ \text{ускорение}(a, [p, q]) = n \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, [p, q])) = m(q - p) + n(q - p)^2/2)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{PTabc}(\text{равноускор}(a, T) \ \& \ P \subseteq T \ \& \ P = [p, q] \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, P)) = \text{скорость}(a, p)\text{длина}(P) + \text{ускорение}(a, T)(\text{длина}(P))^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Путь(a, P)" в посылке задачи на исследование. Первый и третий antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Вторым antecedентом обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия, отличающаяся лишь тем, что третий antecedент выделен указателем "идентификатор".

3. Существование равноускоренного движения.

$$\forall_{bcpq}(\exists_a(\text{равноускор}(a, [p, q]) \ \& \ \text{ускорение}(a, [p, q]) = b \ \& \ \text{скорость}(a, p) = c \leftrightarrow b - \text{число} \ \& \ c - \text{число} \ \& \ 0 \leq c)$$

Прием имеет заголовок "связка" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Выражения b, c, p, q не содержат переменной a . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abct}(\exists_p(\text{равноускор}(a, [t, p]) \ \& \ \text{ускорение}(a, [t, p]) = b \ \& \ p - \text{число} \ \& \ 0 \leq p - t \ \& \ \text{скорость}(a, p) = c) \leftrightarrow b - \text{число} \ \& \ c - \text{число} \ \& \ 0 \leq (c - \text{скорость}(a, t))b)$$

Прием имеет заголовок "связка" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Разрешаются лишь такие вхождения переменной a в не содержащие неизвестной p условия, которые либо указывают на равномерное или равноускоренное движение точки a на временном промежутке вида $[x, t]$, либо обозначают скорость, ускорение либо траекторию движения точки a на этом промежутке. Выражения a, b, c, t не содержат переменной p . Уровень срабатывания равен 3.

4. Нормализатор общей стандартизации "нормускорение".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок:

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Выражение a имеет заголовок "ускорение" и не является подвыражением выражения b . Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "Ускорение"

1. Одномерное движение.

(а) Длина пройденного пути.

$$\forall_{KPTadmnprqtvw}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = v \ \& \ \text{одномерный}(v, K) \ \& \ \text{крд}(v, K, 1) = n \ \& \ P = [p, t] \ \& \ t \in T \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \ \text{Ускорение}(a, K, T) = w \ \& \ \text{одномерный}(w, K) \ \& \ d = \text{крд}(w, K, 1) \ \& \ 0 \leq n(n + md) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, P)) = |nm + dm^2/2|)$$

$$\forall_{KPTadmnprqtvw}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = v \ \& \ \text{одномерный}(v, K) \ \& \ \text{крд}(v, K, 1) = n \ \& \ P = [p, t] \ \& \ t \in T \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \ \text{Ускорение}(a, K, T) = w \ \& \ \text{одномерный}(w, K) \ \& \ d = \text{крд}(w, K, 1) \ \& \ n(n + md) \leq 0 \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, P)) = |nm + dm^2/2 + n^2/d|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь(a, P))" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками. Четвертый, седьмой, десятый и двенадцатый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Уровни срабатывания равны 3 и 5.

(b) Связь между скоростями в различные моменты времени.

$$\forall_{KTarqw}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Ускорение}(a, K, T) = w \ \& \ \text{одномерный}(w, K) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 1) = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 1) + \text{длина}(T)\text{крд}(w, K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, p)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Существует посылка вида " $x = [q, y]$ ". Выведенное утверждение снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 2.

(c) Приращение координаты.

$$\forall_{KTarqw}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Ускорение}(a, K, T) = w \ \& \ \text{одномерный}(w, K) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 1) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1) + \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 1)\text{длина}(T) + \text{крд}(w, K, 1)(\text{длина}(T))^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, p)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Либо существует посылка вида " $x = [q, y]$ ", либо выражение "Место(a, q)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 2.

2. Выражение приращения координаты через начальную скорость и ускорение в случае равноускоренного движения.

$$\forall_{KTaimpqt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) - \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i)m + \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)m^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Скорость(a, K, t)))" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, p)" некоторой посылки. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Выражения "крд(Скорость(a, K, t), K, i)" и "крд(Место(a, p), K, i)", после обработки нормализаторами общей стандартизации, не содержат неизвестных. Либо выражение m не содержит неизвестных, либо отсутствует посылка вида "Скорость(a, K, p) = вектор0". Либо i не равно 2, либо отсутствует посылка "вертплоскдвиж(a, K, T)". Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabcimpqt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \ b = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i) \ \& \ c = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) + bm + cm^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются

с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором, остальные - выделены указателем "идентификатор". Выражения c, m , а также выражения "крд(Место(a, t), K, i)" и "крд(Место(a, p), K, i)", после обработки нормализаторами общей стандартизации, не содержат неизвестных. Выражение b имеет тип "неизв". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTaimprt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ p \in T \ \& \ t \in T \ \& \ 0 \leq t - p \ \& \\ m = \text{длина}([p, t]) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) - \\ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i)m + \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)m^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, p), K, i)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, t)" некоторой посылки. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, следующие три - обрабатываются проверочными операторами. Последний антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражение "крд(Скорость(a, K, t), K, i)", после обработки нормализаторами общей стандартизации, не содержат неизвестных. Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{AKaimnpqtvw}(\text{Равноускоренное}(a, K, [p, q]) \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = v \ \& \\ \text{Ускорение}(a, K, [p, q]) = w \ \& \ \text{крд}(v, K, i) = m \ \& \ \text{крд}(w, K, i) = n \ \& \\ \text{Место}(a, p) = A \ \& \ 0 \leq t - p \ \& \ 0 \leq q - t \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \\ \text{крд}(A, K, i) + (t - p)m + (t - p)^2n/2)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Первые шесть антецедентов идентифицируются с утверждениями из контекста, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTaimprt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ p \in T \ \& \ t \in T \ \& \ 0 \leq t - p \ \& \\ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \ r = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) - \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) \rightarrow \\ r = -\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i)m + \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)m^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, p)" некоторой посылки. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, следующие три - обрабатываются проверочными операторами. Последние два антецедента выделены указателем "идентификатор". Выражение r , а также выражение "крд(Скорость(a, K, t), K, i)", после обработки нормализатором общей стандартизации, не содержит неизвестных. Выражение m содержит неизвестные. Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTaimprt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ p \in T \ \& \ t \in T \ \& \ 0 \leq t - p \ \& \\ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \ r = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) \rightarrow \\ r = -\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i)m + \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)m^2/2)$$

Аналогично предыдущему, но неизвестных не содержит выражение "крд(Скорость(a, K, p), K, i)".

$$\forall_{KTacdimpst}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, t] \ \& \ m = \text{длина}(T) \ \& \\ s = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) - \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) \ \&$$

$$\text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) = c \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i) = d \rightarrow s = cm^2/2 - dm)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в пятом. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Выражения c, d, s не содержат неизвестных, а выражение m - содержит. Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTampqt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) + \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i)m + \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)m^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, p)" некоторой посылки. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Либо выражение "крд(Скорость(a, K, p), K, i)", после обработки нормализаторами общей стандартизации, не содержит неизвестных, либо выражение m имеет тип "внешнеизв", либо "крд(Ускорение(a, K, T), K, i)" равно 0, причем выражение "крд(Скорость(a, K, p), K, i)" имеет тип "неизв". Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 5.

$$\forall_{AKTampqt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \rightarrow \text{крд}(A, K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) + \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i)m + \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)m^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(A, K, i)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, p)" некоторой посылки. Первые два антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражения p, t различны. Если $i = 2$, то отсутствуют посылки "вертплоскдвиж(a, K, T)" и "вертикдвиж(a, K, T)". Либо выражение "Скорость(a, K, p)" встречается в уравнении задачи, либо выражение "Скорость(a, K, t)" не встречается в посылках. Выражения "Место(a, t)" и "Место(a, p)", после обработки их нормализатором общей стандартизации, различаются. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTabcmptqt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \ b = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i) \ \& \ c = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) + bm + cm^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Выражение b не содержит неизвестных. Выражение c либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Одно из выражений m ,

"крд(Место(a, t), K, i)" имеет тип "неизв", а другое - не содержит неизвестных. В задаче имеется посылка вида " $x = [y, p]$ ". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, имеющая тот же уровень срабатывания. В ней указатель "контрольвывода" не используется, а antecedentes обрабатываются так же, как в первой версии. Выражения c, p не содержат неизвестных, а выражение t содержит. Выражение b не имеет невырожденных числовых атомов, заголовок которых отличен от символа "длина".

$$\forall_{KTacmpt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ p \in T \ \& \ t \in T \ \& \ 0 \leq t - p \ \& \\ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \ c = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \\ \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) + \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i)m + cm^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении линейной комбинации " $x\text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) + y\text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i)$ " в посылке задачи на исследование. Первый antecedent идентифицируется с посылкой, следующие три - обрабатываются проверочными операторами. Последние два antecedenta выделены указателем "идентификатор". Выражение c не содержит неизвестных. Выражение m либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{AKTampqt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \\ A = \text{место}(a, p) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \text{крд}(A, K, i) + \\ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i)m + \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)m^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(A, K, i)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, t)" некоторой посылки. Первые два antecedenta и пятый antecedent идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Четвертый antecedent выделен указателем "идентификатор". Выражение "крд(Скорость(a, K, p), K, i)", после обработки нормализаторами общей стандартизации, не содержит неизвестных. Выражения p, t различны. Если $i = 2$, то отсутствуют посылки "вертплоскдвиж(a, K, T)" и "вертикдвиж(a, K, T)". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 5. В ней не требуется, чтобы i -я координата скорости в момент p была известна, а требуется, чтобы сама эта скорость встречалась в посылках.

$$\forall_{KTabcmpq}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ m = \text{длина}([p, t]) \ \& \\ b = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i) \ \& \ c = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) + bm + cm^2/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, p), K, i)" в посылке задачи на исследование. Первые два antecedenta идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные antecedenta выделены указателем "идентификатор". Выражения b, m , "крд(Место(a, p), K, i)" не содержат неизвестных. Выражение c либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Существует посылка вида " $x = [q, y]$ ". Выражения p, q различны. Выводимое соотношение содержит неизвестные. Уровень срабатывания приема равен 3.

3. Выражение исходной скорости через ускорение и время возвращения в исходную точку.

$$\forall_{KTaipqrt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ \text{Место}(a, t) = \text{Место}(a, p) \ \& \ T = [t, q] \ \& \ p \in T \ \& \ r = \text{длина}([t, p]) \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) = d \ \& \ \neg(r = 0) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i) = -dr/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом второй антецедент выделен указателем "равно". Четвертый и седьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами, пятый - выделен указателем "идентификатор". Выводимое соотношение содержит неизвестные. Используется ускоряющий фильтр, проверяющий различие выражений p, t . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTaipqrt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) \ \& \ p \in T \ \& \ t \in T \ \& \ 0 \leq p - t \ \& \ r = \text{длина}([t, p]) \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) = d \ \& \ \neg(r = 0) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i) = -dr/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом второй антецедент выделен указателем "равно". Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Проверяется, что выражения p, t различны. Выводимое соотношение содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTaipqrt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, i) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, i) \ \& \ p \in T \ \& \ t \in T \ \& \ 0 \leq p - t \ \& \ r = \text{длина}([t, p]) \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) = d \ \& \ \neg(r = 0) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i) = dr/2)$$

Аналогично предыдущему, но дополнительно требуется, чтобы выражение "Скорость(a, K, p)" уже встречалось в задаче.

4. Момент изменения направления движения при равноускоренном движении.

$$\forall_{abcdpqt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ \text{Место}(a, t) = \text{Место}(a, p) \ \& \ T = [t, r] \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, i) = 0 \ \& \ q \in T \ \& \ p \in T \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) = d \ \& \ \neg(d = 0) \ \& \ \neg(\text{длина}([t, p]) = 0) \rightarrow q = (p + t)/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, седьмой - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

5. Связь между скоростями в разные моменты времени для равноускоренного движения.

$$\forall_{KTadfgipt}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ t \in T \ \& \ p \in T \ \& \ 0 \leq t - p \ \& \ f = \text{Скорость}(a, K, p) \ \& \ g = \text{Скорость}(a, K, t) \ \& \ r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) \ \& \ d = \text{длина}([p, t]) \rightarrow \text{крд}(g, K, i) = \text{крд}(f, K, i) + rd)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(f, K, i)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную

идентификацию в той же посылке подвыражения "крд(g, K, i)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой. Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "возмравно". Либо они обрабатываются так, как если бы были выделены указателем "идентификатор", либо идентифицируются с посылками. Антецеденты со второго по четвертый обрабатываются проверочными операторами, седьмой и восьмой - выделены указателем "идентификатор". Выражения d, r не содержат неизвестных. Выражения p, t , а также выражения f, g различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTadprst}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \& T = [p, t] \& s = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 3) \& r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, 3) \& d = \text{длина}([p, t]) \& \text{вертикдвиж}(a, K, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3) = s + rd)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и последний антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Существует посылка вида " $x = [t, y]$ ". Выражение s не содержит неизвестных. Каждое из выражений d, r либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTadiprst}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \& t \in T \& p \in T \& 0 \leq t - p \& s = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i) \& r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) \& d = \text{длина}([p, t]) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i) = s + rd)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Скорость(a, K, t)" некоторой посылки. Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение r либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Либо выражение s не содержит неизвестных, либо выражение "крд(Скорость(a, K, t), K, i)", после обработки его нормализаторами общей стандартизации, не содержит неизвестных или имеет тип "внешнеизв". Уровень срабатывания равен 2. Созданы также вторая, третья, четвертая и пятая версии этого приема.

Вторая версия имеет тот же уровень срабатывания, что и первая. Указатель "контрольвывода" инициирует попытку ее применения при усмотрении подвыражения "крд(Скорость(a, K, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" идентифицирует подвыражение посылки "Скорость(a, K, p)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, следующие три - обрабатываются проверочными операторами. Последние три антецедента выделены указателем "идентификатор". В задаче уже встречается выражение "крд(Ускорение(a, K, T), K, i)". Хотя бы одно из выражений "крд(Скорость(a, K, t), K, i)" и s либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв".

Третья версия имеет уровень срабатывания 3. Антецеденты ее обрабатываются так же, как у первой версии, а фильтры такие же, как у второй.

Четвертая версия отличается от второй только тем, что ее уровень срабатывания равен 4.

Пятая версия отличается от третьей только тем, что имеет уровень срабатывания 5.

$\forall_{KTadiprst}$ (Равноускоренное(a, K, T) & $T = [p, t]$ & $s = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i)$ & $r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)$ & $d = \text{длина}(T) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i) = s + rd$)

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме третьего, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в последнем antecedенте. Третий antecedент выделен указателем "идентификатор". Выражения d, r, s не содержат неизвестных. Существует посылка вида " $x = [t, y]$ ". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{KTadiprst}$ (Равноускоренное(a, K, T) & $T = [p, t]$ & $s = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i)$ & $r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)$ & $d = \text{длина}([p, t]) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i) = s + rd$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента и четвертый antecedент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий и пятый antecedенты выделены указателем "идентификатор". Выражение s не содержит неизвестных; каждое из выражений d, r либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Либо имеется посылка вида " $x = [t, y]$ ", либо выражение " $\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i)$ ", после обработки его нормализаторами общей стандартизации, не содержит неизвестных, а хотя бы одно из выражений d, r не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{KTadiprst}$ (Равноускоренное(a, K, T) & $t \in T$ & $p \in T$ & $0 \leq t - p$ & $s = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, i)$ & $r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)$ & $d = \text{длина}([p, t]) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i) = s - rd$)

Прием имеет заголовок "вывод". Прием имеет заголовок "вывод". Первый и пятый antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения " $\text{Скорость}(a, K, p)$ " некоторой посылки. Шестой и седьмой antecedенты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение r либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Хотя бы одно из выражений s , " $\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i)$ " (второе - после обработки его нормализаторами общей стандартизации) не содержит неизвестных или имеет тип "внешнеизв". Уровень срабатывания приема равен 3.

$\forall_{KTadmprst}$ (Равноускоренное(a, K, T) & $t \in T$ & $p \in T$ & $0 \leq t - p$ & $s = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 3)$ & $r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, 3)$ & $m = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3)$ & $d = \text{длина}([p, t]) \rightarrow rd = m - s$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первый antecedент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Указатели "контекст" определяют дополнительную идентификацию подвыражений " $\text{Скорость}(a, K, t)$ ", " $\text{Скорость}(a, K, p)$ " некоторых посылок. Antecedенты с второго по четвертый обрабатываются проверочными операторами, Последние четыре antecedента выделены указателем "идентификатор". Существуют посылки вида " $\text{движениепо}(a, x, T)$ ", " $\text{Накляпоск}(x, K, y, T)$ ". Хотя бы одно из выражений m, s не содержит неизвестных. Выражение r содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{KTadimprt}$ (Равноускоренное(a, K, T) & $t \in T$ & $p \in T$ & $0 \leq t - p$ & $\text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0$ & $r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i)$ & $d = \text{длина}([p, t])$ & $m = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, i) \rightarrow m = -rd$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Скорость(a, K, p)" некоторой посылки. Антецеденты со второго по четвертый обрабатываются проверочными операторами, два последних антецедента выделены указателем "идентификатор". Выражение r не содержит неизвестных, а выражение m - содержит. Отсутствует посылка вида " $T = [x, y]$ ". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KT} \text{abst} (\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ s \in T \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Ускорение}(a, K, T) = b \rightarrow \text{Скорость}(a, K, s) = \text{Скорость}(a, K, t) + (s - t)b)$$

Операции сложения и умножения векторные. Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, s)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" дополнительно идентифицирует подвыражение посылки "Скорость(a, K, t)", где s и t различны. Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Выражение b не содержит символа "Ускорение". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{KT} \text{aiprt} (\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, t] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0 \ \& \ r = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, i) \ \& \ A = \text{Скорость}(a, K, p) \rightarrow \text{крд}(A, K, i) = -r \text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый из них выделен также указателем "возмравно". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "крд(A, K, i)" некоторой посылки. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражение "крд(A, K, i)", после обработки нормализатором общей стандартизации, содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 5.

6. Усмотрение движения по вертикали.

$$\forall_{KT} \text{apq} (\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ \text{вверх}(\text{Ускорение}(a, K, T), K) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{вертикдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "вариант" допускает рассмотрение символа "вниз". Уровень срабатывания равен 1.

7. Центростремительное ускорение при движении точки по дуге окружности.

$$\forall_{ABKT} \text{amv} (\text{равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, v, m) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Ускорение}(a, K, T))l(AB) = \text{скорость}(a, T)^2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Ускорение(a, K, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем второй из них выделен указателем "равно". Уровень срабатывания равен 3.

8. Центростремительное ускорение при вращательном движении.

$\forall_{KT} \text{Tabn}(\text{равнвращение}(a, n, T) \ \& \ \text{неподв}(n, T) \ \& \ \text{нормвращение}(a, T) \ \& \ b \in a \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Ускорение}(b, K, T)) = \text{скорость}(b, T)^2 / \text{радиусвращения}(b, T))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Ускорение(a, K, T)" в посылке задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

9. Ориентация равенства.

$\forall_{KTau}(u = \text{Ускорение}(a, K, T) \leftrightarrow \text{Ускорение}(a, K, T) = u)$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание, имеющей цель "исключ". Выражение u не содержит символа "Ускорение". Преобразованное условие сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 0.

$\forall_{KTau}(u = \text{длина}(\text{Ускорение}(a, K, T)) \leftrightarrow \text{длина}(\text{Ускорение}(a, K, T)) = u)$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Выражение u не содержит символов "Ускорение", "сила", "силатрения", "нормреакция". Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 0.

10. Существование равноускоренного движения.

$\forall_{AKT} \text{arpqv}(\text{Вектор}(v) \ \& \ \text{Вектор}(w) \ \& \ A - \text{точка} \rightarrow \exists_b(\text{одномерндвиж}(b, K, T) \ \& \ \text{Равноускоренное}(b, K, T) \ \& \ \text{Скорость}(b, K, p) = v \ \& \ \text{Ускорение}(b, K, T) = w \ \& \ \text{Место}(b, t) = A))$

Прием имеет заголовок "связка". Подкванторные утверждения в правой части идентифицируются со всеми содержащими неизвестную b условиями задачи на описание, имеющей цель "исключ". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{AKpqu}(p - \text{число} \ \& \ q - \text{число} \ \& \ \text{Вектор}(u) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \exists_a(\text{Равноускоренное}(a, K, [p, q]) \ \& \ \text{бросок}(a, [p, q]) \ \& \ \text{Место}(a, p) = A \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = u) \leftrightarrow A - \text{точка})$

Прием имеет заголовок "связка" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Последний антецедент идентифицируется с утверждением их контекста, первые три - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

11. Нормализатор общей стандартизации "нормУскорение".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок:

$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение a имеет заголовок "Ускорение" и не содержится в выражении b . Перестановка частей равенства при идентификации не допускается.

Приемы, связанные с символом "бросок"

1. Усмотрение равноускоренного движения.

$$\forall_{KTa}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{Равноускоренное}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

2. Усмотрение движения по вертикали.

$$\forall_{KTarpq}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вверх}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \rightarrow \text{вертикдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "вариант" разрешает заголовок "вниз" последнего антецедента. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{KTarpq}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{вертикдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Если бросок направлен вертикально вверх, то скорость в момент, предшествующий достижению верхней точки, тоже направлена вверх.

$$\forall_{KTarpqs}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вверх}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ \text{Верхняяточка}(a, K, T, r) \ \& \ s \in [p, r] \rightarrow \text{вверх}(\text{Скорость}(a, K, s), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, s)" в посылке задачи на исследование. Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками, шестой - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

4. Усмотрение движения в вертикальной плоскости.

$$\forall_{KTarpq}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вправо}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \rightarrow \text{вертплоскдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "вариант" допускает изменение заголовка последнего антецедента на любой из символов "влево", "верхнапр", "вертплосквект". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{KTarpq}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 2) = 0 \rightarrow \text{вертплоскдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

5. Расстояние между телами, брошенными одновременно из одной точки, равно произведению модуля относительной скорости в начальный момент на время.

$$\forall_{PTabpqrt}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ \text{бросок}(b, P) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ P = [p, r] \ \& \ t \in T \ \& \ t \in P \ \& \ \text{Место}(a, p) = \text{Место}(b, p) \rightarrow l(\text{Место}(a, t) \ \text{Место}(b, t)) = \text{длина}(\text{Скорость}(a, b, p)) \ \text{длина}([p, t]))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $l(\text{Место}(a, t)\text{Место}(b, t))$ " в послылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, пятый и шестой - обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Выражения a, b различны. Указатели "сравно" разрешают косвенную идентификацию термов "Место" через равенство в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

6. Наибольшая скорость при броске достигается в точках броска и падения.

$$\begin{aligned} & \forall_{KTadepqt}(\text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \\ & \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) \ \& \\ & \text{Мах}(\lambda_t(\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)), t - \text{число}), T, d, e) \rightarrow \\ & e = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, p))) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, идентифицируются с послылками задачи на исследование. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

7. Наименьшая скорость при броске достигается в верхней точке.

$$\begin{aligned} & \forall_{KTades}(\text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{бросок}(a, T) \ \& \ \text{Верхняяточка}(a, K, T, s) \ \& \\ & \text{Min}(\lambda_t(\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)), t - \text{число}), T, d, e) \rightarrow \\ & e = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, s))) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

8. Координаты точки при броске.

$$\begin{aligned} & \forall_{AKapstv}(\text{бросок}(a, [p, t]) \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = v \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \\ & s \in [p, t] \ \& \ \text{Место}(a, p) = A \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, s), K, 1) = \\ & \text{крд}(A, K, 1) + \text{крд}(v, K, 1)(s - p) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на описание, имеющей цель "исключ". Все антецеденты, кроме четвертого, идентифицируются с утверждениями из контекста. Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Указатель "альтернатива" распространяет прием также на вторые координаты. Выражения p, s различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\begin{aligned} & \forall_{AKapstv}(\text{бросок}(a, [p, t]) \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = v \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \\ & s \in [p, t] \ \& \ \text{Место}(a, p) = A \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, s), K, 3) = \\ & \text{крд}(A, K, 3) + \text{крд}(v, K, 3)(s - p) - g(s - p)^2/2) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему.

9. Сохранение горизонтальной составляющей скорости.

$$\forall_{KTarpq}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 2) = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, q)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - выделен указателем "возмравно", т.е. либо идентифицируется

с посылкой, либо рассматривается как выделенный указателем "идентификатор". Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. В задаче уже рассматривается выражение "Скорость(a, K, p)". Уровень срабатывания равен 2.

10. Горизонтальная составляющая ускорения при броске.

$$\forall_{KTa}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, 1) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Указатель "вариант" допускает рассмотрение не только первой, но и второй координаты ускорения. Уровень срабатывания равен 2.

11. Вектор между исходной и верхней точками при вертикальном броске.

$$\forall_{KTa}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вертиканапр}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3) = 0 \ \& \ \neg(t - p = 0) \rightarrow \text{вертиканапр}(\text{вектор}(\text{Место}(a, p)\text{Место}(a, t)), K) \ \& \ \neg(\text{Место}(a, p) = \text{Место}(a, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение "Место(a, p)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

12. Усмотрение вертикального направления скорости.

$$\forall_{KTa}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ p \in T \ \& \ t \in T \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вертиканапр}(\text{вектор}(\text{Место}(a, p)\text{Место}(a, t)), K) \ \& \ \text{разныеточки}(\text{Место}(a, p), \text{Место}(a, t)) \rightarrow \text{вертиканапр}(\text{Скорость}(a, K, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент, а также четвертый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение "Скорость(a, K, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

13. Единичный вектор направления перемещения.

$$\forall_{KTa}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{коорд}(\text{напрпути}(\text{Путь}(a, T)), K) = (0, 0, -1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напрпути(Путь(a, T))" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

14. Бросок вверх с возвращением на исходную точку.

$$\forall_{KTa}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{вверх}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{вниз}(\text{Скорость}(a, K, q), K) \ \& \ \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, p)) = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, q)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedentes и шестой antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый antecedent выделен указателем "идентификатор"; третий и пятый - обрабатываются проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "поверхнземли"

1. Ускорение свободного падения у поверхности Земли.

$$\forall_{KTa}(\text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{бросок}(a, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, 3) = -9.8\text{м/сек}^2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "крд(Ускорение(a, K, T), $K, 3$) = b ", где b не содержит неизвестных. Отсутствует также посылка вида "поверхнпланеты(K, P)". Наличие такой посылки означает, что система координат K расположена не у поверхности Земли, а у поверхности планеты P . Уровень срабатывания равен 1 либо 4.

2. Ускорение свободного падения у поверхности планеты.

$$\forall_{KPTaq}(\text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{бросок}(a, T) \ \& \ \text{около}(a, K, T) \ \& \ \text{поверхнпланеты}(K, P) \ \& \ \text{вещество}(P, q) \rightarrow \text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, 3) = -4\pi \cdot \text{грав} \cdot \text{радиус}(P) \cdot \text{плотность}(q)/3)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в четвертом из них. Уровень срабатывания равен 2.

3. Система координат - прямоугольная.

$$\forall_K(\text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{прямокоорд}(K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "Верхняяточка"

1. Нулевая скорость в верхней точке.

$$\forall_{Kabct}(\text{Верхняяточка}(a, K, T, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Момент достижения верхней точки - внутренний.

$$\forall_{KTarpqt}(\text{Верхняяточка}(a, K, T, t) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow t \in T \ \& \ \neg(t = p) \ \& \ \neg(t = q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Верхняя точка при броске.

$$\forall_{KTarpqt}(\text{Верхняяточка}(a, K, T, t) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{бросок}(a, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) \rightarrow \text{длина}([p, t]) = \text{длина}(T)/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина($[p, t]$)" в послылке задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с послылками, последний - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

4. Верхняя точка при движении по наклонной плоскости.

$$\forall_{K P Q T a b c m n p} (\text{Верхняяточка}(a, K, T, p) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ T = [m, n] \rightarrow \\ T = P \cup Q \ \& \ P = [m, p] \ \& \ Q = [p, n] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \ \& \\ \text{крд}(\text{Место}(a, n), K, 3) < \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, m), K, 3) < \\ \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и шестой антецедент идентифицируются с послылками задачи на исследование. Отсутствует послылка вида " $T = X \cup Y$ ". Прием вводит новые переменные P, Q . Уровень срабатывания равен 0.

5. Верхняя точка при движении по окружности.

$$\forall_{K T a b c n s t} (\text{твердаясвязь}(a, b, c, T) \ \& \ \text{Верхняяточка}(b, K, T, t) \ \& \ \text{Путь}(b, T) = \\ \text{Дуга}(A, B, n, s) \ \& \ 0 \leq s - 2\pi \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{горизплосквект}(n, K) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) + \text{длина}(c) \ \& \\ \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 2) = \\ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "длина(c)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{C K P Q R T n p t} (\text{Верхняяточка}(C, K, T, t) \ \& \ \text{Путь}(C, T) = \text{Дуга}(R, Q, n, p) \ \& \\ 0 \leq p - 2\pi \ \& \ \text{горизплосквект}(n, K) \ \& \ P = \text{Место}(C, t) \rightarrow \text{вниз}(\text{вектор}(PQ), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, следующие два - обрабатываются проверочными операторами. Последний антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "вертикдвиж"

1. Расстояние между точками при движении по общей вертикали равно модулю разности их высот.

$$\forall_{K P Q S T a b p q s t} (\text{вертикдвиж}(a, K, T) \ \& \ \text{вертикдвиж}(b, K, S) \ \& \ t \in T \ \& \ s \in S \ \& \\ p \in T \ \& \ q \in S \ \& \ \text{Место}(a, p) = \text{Место}(b, q) \ \& \ P = \text{Место}(a, t) \ \& \\ Q = \text{Место}(b, s) \rightarrow l(PQ) = |\text{крд}(P, K, 3) - \text{крд}(Q, K, 3)|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "расстояние(P, Q)" в послылке задачи на исследование. Первые два антецедента, а также три последних идентифицируются с послылками задачи на исследование. При этом седьмой антецедент выделен указателем "равно". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

2. Длина пути при перемещении по вертикали.

$$\forall_{KTарq}(\text{вертикдвиж}(a, K, T) \ \& \ [p, q] \subseteq T \ \& \ \text{однонаправл}(a, [p, q]) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, [p, q])) = |\text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3)|)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, два других - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTарq}(\text{вертикдвиж}(a, K, T) \ \& \ [p, q] \subseteq T \ \& \ \text{прямлиньпуть}(\text{Путь}(a, [p, q])) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, [p, q])) = |\text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3)|)$$

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTарq}(\text{вертикдвиж}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{однонаправл}(a, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = |\text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3)|)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTарq}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ \text{вертикдвиж}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 3) = n \ \& \ m = \text{длина}(T) \ \& \ d = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, 3) \ \& \ n(n + md) \leq 0 \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = |nm + dm^2/2 + n^2/d|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь(a, T))" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, следующие три - выделены указателем "идентификатор". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

3. Величина скорости при движении по вертикали.

$$\forall_{KTар}(\text{вертикдвиж}(a, K, T) \ \& \ p \in T \rightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, p)) = |\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 3)|)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

4. Координаты точки, движущейся по вертикали.

$$\forall_{AKарqt}(\text{вертикдвиж}(a, K, T) \ \& \ \text{прямякоорд}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ T = [p, q] \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \rightarrow \text{коорд}(A, K) = (\text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1), \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 2), \text{крд}(A, K, 3)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". В задаче уже рассматривается расстояние от точки A до некоторой другой точки. Уровень срабатывания равен 3.

5. Расстояние между положениями точки, движущейся вниз.

$$\forall_{KTapst}(\text{вниз}(\text{Скорость}(a, K, T), K) \ \& \ T = [t, p] \ \& \ s \in T \rightarrow \\ l(\text{Место}(a, t)\text{Место}(a, s)) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) - \text{крд}(\text{Место}(a, s), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два antecedента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

6. Составной промежуток времени.

$$\forall_{KSTa}(\text{вертикдвиж}(a, K, T \cup S) \rightarrow \text{вертикдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "однонаправл"

Для проверки утверждений "однонаправл(a, T)", означающих, что материальная точка a в течение временного промежутка T движется по прямой линии, не изменяя направления движения, создан проверочный оператор "усмоднонаправл":

1. Падение с нулевой начальной скоростью.

$$\forall_{KPTapq}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ P \subseteq T \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \ \& \\ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{однонаправл}(a, P))$$

Все antecedенты, кроме второго, идентифицируются с посылками. Второй antecedent обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания приема равен 1.

2. Бросок вниз.

$$\forall_{KPTapq}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ P \subseteq T \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{вниз}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \\ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{однонаправл}(a, P))$$

Аналогично предыдущему.

3. Равноускоренное движение, начинающееся с состояния покоя.

$$\forall_{KTarpq}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \ \& \\ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{однонаправл}(a, T))$$

Первые два antecedента идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "идентификатор". Последний antecedent обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

4. Равноускоренное движение, завершающееся состоянием покоя.

$$\forall_{KTarpq}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, q) = \text{вектор}0 \ \& \\ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{однонаправл}(a, T))$$

Аналогично предыдущему.

5. Постоянная сила, действующая в направлении движения либо против движения.

$$\forall_{Tab}(\text{тормозит}(b, a, T) \ \& \ \text{констсила}(a, b, T) \rightarrow \text{однонаправл}(a, T))$$

Antecedенты идентифицируются с посылками. Указатель "вариант" разрешает заголовок "тянет" первого antecedента. Уровень срабатывания равен 3.

6. Движение в вертикальной плоскости, происходящее по наклонной плоскости и без остановки.

$$\forall_{KSTabm}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, m, S) \ \& \ T \subseteq S \ \& \ \text{вертплоскдвиж}(a, K, T) \ \& \ \text{движется}(a, K, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \rightarrow \ \text{однонаправл}(a, T))$$

Первые два антецедента, а также четвертый и пятый идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "вертплоскдвиж"

Напомним, что под вертикальной плоскостью здесь понимается плоскость OXZ .

1. Угол, образуемый вектором скорости с горизонтальным направлением в случае движения в вертикальной плоскости.

$$\forall_{ABCDKTadt}(\text{вертплоскдвиж}(a, K, T) \ \& \ K = (A, B, C, D) \ \& \ t \in T \ \& \ d = \text{уголмежду}(\text{вектор}(AB), \text{Скорость}(a, K, t)) \ \rightarrow \ |tg d \cdot \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1)| = |\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3)|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "уголмежду(вектор(AB), Скорость(a, K, t))" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Его правая часть обрабатывается нормализаторами общей стандартизации. Выражение d отлично от $\pi/2$. Выводимое утверждение содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

2. Координаты точки, движущейся в вертикальной плоскости.

$$\forall_{AKTarpqt}(\text{вертплоскдвиж}(a, K, T) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ T = [p, q] \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \rightarrow \ \text{коорд}(A, K) = (\text{крд}(A, K, 1), \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 2), \text{крд}(A, K, 3)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Последний антецедент выделен указателем "идентификатор". В задаче рассматривается расстояние от A до такой точки B , что она не является положением a в некоторый другой момент промежутка T , имеющим ту же высоту, что и A . Уровень срабатывания равен 3.

3. Расстояние между точками, находящимися на одной высоте.

$$\forall_{KTarpq}(\text{вертплоскдвиж}(a, K, T) \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) \ \rightarrow \ l(\text{Место}(a, p), \text{Место}(a, q)) = |\text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 1)|)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами, пятый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{KTapp} (вертплоскдвиж(a, K, T) & $p \in T$ & $q \in T$ & прямокоорд(K) & крд($A, K, 3$) = крд($B, K, 3$) & $A = \text{Место}(a, p)$ & $B = \text{Место}(a, q) \rightarrow l(AB) = |\text{крд}(A, K, 1) - \text{крд}(B, K, 1)|$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Текущая посылка не имеет заголовка "актив". Первый, четвертый, шестой и седьмой антецеденты идентифицируются с посылками. Второй и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами, пятый - выделен указателем "идентификатор". Уровни срабатывания равны 2 и 4.

4. Модуль векторной скорости.

\forall_{KTat} (вертплоскдвиж(a, K, T) & $t \in T \rightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)) = \sqrt{(\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1))^2 + (\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3))^2}$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Скорость(a, K, t))" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "длина(Скорость(a, K, t))", после обработки его нормализаторами общей стандартизации, либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "неизв". Отсутствует посылка вида "движениепо(a, x, T)". Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия этого приема, срабатывающая на уровне 4. В ней требуется лишь, чтобы выражение вида "крд(Скорость(a, K, t), K, i)" уже рассматривалось в задаче. Как и выше, проверяется отсутствие посылок вида "движениепо(a, x, T)".

5. Угол между скоростью и заданным направлением.

$\forall_{ABCDEKTamnpqt}$ (вертплоскдвиж(a, K, T) & $t \in T$ & прямокоорд(K) & $K = (A, B, C, D)$ & уголмежду(Скорость(a, K, t), E) = q & коорд(E, K) = $(m, n, p) \rightarrow \sqrt{m^2 + n^2 + p^2} \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)) \cos q = m \cdot \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1) + p \cdot \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент и антецеденты с третьего по пятый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором, шестой - выделен указателем "идентификатор". Выражения m, n, p не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символами "висит", "Висит"

1. Неподвижная точка подвески.

\forall_{Kabt} (висит(a, b, K, t) & Неподв(b, t) \rightarrow Неподв(a, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "блок(b, a, x, y)". Уровень срабатывания равен 1.

2. Направление вектора ускорения.

\forall_{Kabt} (висит(a, b, K, t) \rightarrow вертикалнапр(Ускорение(a, K, t), K))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Ускорение(a, K, t)" в

посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с другой посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

3. Связь координат точек.

$$\forall_{KT} \text{Tabct} (\text{твердаясвязь}(a, b, c, T) \& \text{висит}(b, a, K, t) \& t \in T \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) - \text{длина}(c) \& \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) = \\ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) \& \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 2) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "вариант" разрешает рассмотрение символа "гибкаясвязь". Выражение "длина(c)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 2. Создан еще один аналогичный прием, отличающийся от данного лишь тем, что вместо символа "висит" в нем берется символ "Висит".

$$\forall_{KT} \text{abcnmpqs} (\text{висит}(b, a, K, t) \& \text{упругсвязь}(a, b, c, T) \& p \in T \& q \in T \& \\ \text{удлинсвязи}(c, p) = m \& \text{удлинсвязи}(c, q) = n \& m - n = s \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Место}(b, q), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(b, p), K, 3) + m - n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, седьмой - выделен указателем "идентификатор". Выражение s либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Уровень срабатывания равен 3. Создан еще один аналогичный прием, отличающийся от данного лишь тем, что вместо символа "висит" в нем берется символ "Висит".

4. Усмотрение неподвижности.

$$\forall_{Kabct} (a \in b \& \text{Неподв}(b, t) \& \text{висит}(c, a, K, t) \& \text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{Неподв}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "лежитна"

1. Равенство ускорений.

$$\forall_{Tabct} (\text{лежитна}(a, b, T) \& t \in T \rightarrow \text{Ускорение}(a, c, t) = \text{Ускорение}(b, c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Ускорение(b, c, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abct} (\text{лежитна}(a, b, t) \rightarrow \text{Ускорение}(a, c, t) = \text{Ускорение}(b, c, t))$$

Аналогично предыдущему.

2. Равенство скоростей.

$$\forall_{abt} (\text{лежитна}(a, b, t) \& \text{мточка}(b) \rightarrow \text{скорость}(a, t) = \text{скорость}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabt}(\text{лежитна}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{скорость}(a, t) = \text{скорость}(b, t))$$

Аналогично предыдущему.

3. Равенство позиций.

$$\forall_{abt}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ \text{мточка}(b) \rightarrow \text{Место}(b, t) = \text{Место}(a, t))$$

$$\forall_{Tabt}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Место}(a, t) = \text{Место}(b, t))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Место(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

4. Высота точки стержня, лежащего на горизонтальной поверхности, равна высоте этой поверхности.

$$\forall_{KTacdt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{лежитна}(a, d, t) \ \& \ c \in a \ \& \ \text{горизповерхн}(d, K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 3) = \text{высотаповерхн}(d, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками. Третий и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

5. Высота конца стержня, вертикально поставленного на горизонтальную поверхность.

$$\forall_{ABKTabcdt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ \text{Место}(b, t) = A \ \& \ \text{Место}(c, t) = B \ \& \ \text{лежитна}(b, d, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(d, K, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(AB), K) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 3) = \text{длина}(a) + \text{высотаповерхн}(d, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками. Третий и четвертый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Два последних антецедента обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

6. Высота точки, лежащей на горизонтальной поверхности.

$$\forall_{KTadt}(\text{лежитна}(a, d, t) \ \& \ \text{мточка}(a) \ \& \ \text{горизповерхность}(d, K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) = \text{высотаповерхн}(d, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый и третий антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Второй и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. В посылках встречается выражение вида "высотаповерхн(d, K, x)". Уровень срабатывания равен 3.

7. Усмотрение неподвижности.

$$\forall_{abt}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ b \in c \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \rightarrow \text{Неподв}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

8. Усмотрение нижнего основания цилиндра.

$$\forall_{ABKabt}(\text{цилиндртело}(a) \ \& \ \text{основание}(b, a) \ \& \ \text{лежитна}(b, p, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(p, K, t) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \rightarrow B = \text{нижнеоснование}(A, K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "подвеска"

1. Равенство ускорений.

$$\forall_{Kabt}(\text{подвеска}(a, b, t) \rightarrow \text{Ускорение}(a, K, t) = \text{Ускорение}(b, K, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Ускорение(a, K, t)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Kabct}(\text{подвеска}(a, b, t) \ \& \ \text{движениепо}(a, c, t) \ \& \ \text{движениепо}(b, c, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, 1) = \text{крд}(\text{Ускорение}(b, K, t), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 4.

2. Выделение момента промежутка.

$$\forall_{Tabt}(\text{подвеска}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{подвеска}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

3. Равенство скоростей.

$$\forall_{Kabt}(\text{подвеска}(a, b, t) \rightarrow \text{Скорость}(a, K, t) = \text{Скорость}(b, K, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

4. Равномерное движение.

$$\forall_{abt}(\text{подвеска}(a, b, t) \ \& \ \text{Равндвиж}(a, t) \rightarrow \text{Равндвиж}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "движениепо"

1. Выделение момента движения.

$$\forall_{Tabt}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{движениепо}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. В задаче упоминается о связанном с объектом a силовом воздействии, отнесенном к моменту t . Уровень срабатывания равен 1.

2. Подразбиение промежутка.

$$\forall_{ABCab}(A = B \cup C \ \& \ \text{движениепо}(a, b, A) \rightarrow \text{движениепо}(a, b, B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Движение по горизонтальной поверхности.

$$\forall_{ABKTabpq}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{горизповерн}(b, K, T) \ \& \ \text{концы}(a) = \{A, B\} \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(A, p), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(A, q), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Место(A, p)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(A, q)" некоторой посылки; выражения p и q различны. Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABKTabcprq}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{горизповерн}(b, K, T) \ \& \ c \in a \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \ \& \ \text{Место}(c, p) = A \ \& \ \text{Место}(c, q) = B \rightarrow \text{крд}(A, K, 3) = \text{крд}(B, K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Место(c, p)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента, а также два последних идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Переменные A, B идентифицируются с переменными. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABKTabcprq}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{горизповерн}(b, K, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Место(a, q)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "крд(Место(a, p), K, 3)" некоторой посылки; выражения p и q различны. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2. Созданы еще две версии приема. Первая из них отличается лишь тем, что указатель "контекст" определяет идентификацию подвыражения "Скорость(a, K, p)". Вторая версия имеет уровень срабатывания 3. Она отличается от исходной тем, что указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "крд(Место(a, q), K, 3)", причем разрешается косвенная идентификация термов "Место(...)" через равенства в контексте.

$$\forall_{KTabcst}(\text{движениепо}(c, a, T) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{горизповерн}(b, K, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{стержень}(a) \ \& \ t \in T \ \& \ s \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(c, s), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "крд(Место(c, t), K, 3)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "крд(Место(c, s), K, 3)" некоторой посылки; выражения s и t различны. Первые три антецедента и пятый

антецедент идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} \text{abdpg}(\text{движениепо}(\{a; d\}, b, T) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& \text{неподв}(b, T) \& p \in T \& q \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, q), K, 3))" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "крд(Место(a, p), K, 3)" некоторой посылки; выражения p и q различны. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

4. Движение по составной поверхности.

$$\forall_{Tabn}(l(b) = n \rightarrow \text{движениепо}(a, \text{мповерхн}(\{; b\}), T) \leftrightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{движениепо}(a, b(i), T)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражение b имеет заголовок "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Указатель "развертка" определяет выписывание заменяющего квантора общности как конъюнкции. Уровень срабатывания равен 2. Прием относится к ситуациям, когда пластина движется по горизонтальной поверхности, образованной разнородными фрагментами, причем над каждым фрагментом расположена часть пластины.

5. Конец стержня, движущегося по горизонтальной поверхности.

$$\forall_{KPT} \text{abcdept}(\text{стержень}(a) \& \text{движениепо}(a, b, T) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& t \in T \& \text{коорд}(\text{место}(b, t), K) = \text{set}_{xyz}(z = d \& P(x, y)) \& \text{концы}(a) = \{c, e\} \& p \in T \& \text{неподв}(b, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(c, p), K, 3) = d)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые три антецедента, а также пятый и шестой идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

6. Центр кривизны при движении по сферической поверхности.

$$\forall_{ACEKT} \text{abst}(\text{движениепо}(a, b, T) \& t \in T \& \text{внешсфера}(b) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{место}(b, T) = E \& \text{центр}(C, E) \& \text{вертплоскдвиж}(a, K, T) \& A = \text{Место}(a, s) \& s \in T \& \text{вертплосквект}(\text{вектор}(CA), K) \rightarrow \text{центркрив}(a, C, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты, а также антецеденты с пятого по восьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(a, t)" некоторой посылки. В посылках встречается хотя бы одно из выражений "сила(a, b, t)", "сила(b, a, t)". Отсутствует посылка вида "центркрив(a, x, t)". Уровень срабатывания равен 2.

7. Координаты точки при движении по поверхности сферы.

$$\forall_{ABCKT} \text{abst}(\text{движениепо}(a, b, T) \& t \in T \& \text{внешсфера}(b) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{место}(b, T) = B \& \text{центр}(C, B) \& A = \text{Место}(a, t) \& \text{вверх}(\text{вектор}(CA), K) \&$$

прямоорд(K) \rightarrow крд($A, K, 1$) = крд($C, K, 1$) & крд($A, K, 2$) = крд($C, K, 2$) & крд($A, K, 3$) = крд($C, K, 3$) + радиус(b)

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, третий и девятый antecedentes, а также antecedentes с пятого по седьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование. остальные antecedentes обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

8. Усмотрение движения в вертикальной плоскости.

$\forall_{ABCKT} abpq$ (движениепо(a, b, T) & внешсфера(b) & поверхнземли(K) & $T = [p, q]$ & неподв(b, T) & место(b, T) = B & центр(C, B) & A = Место(a, p) & вверх(вектор(CA), K) & вертплосквект(Скорость(a, K, p), K) & \neg (длина(Скорость(a, K, p)) = 0) & Силы($a, \{b, K\}, T$) \rightarrow вертплоскдвиж(a, K, T))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре antecedента, antecedенты с шестого по восьмой, а также последний antecedент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в последнем antecedенте. Остальные antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

9. Скольжение по горизонтальной поверхности твердого тела, соприкасающегося с ней вдоль материального отрезка.

$\forall_{DEFGKT} abcdepq$ (движениепо(a, b, T) & неподв(b, T) & горизповерхн(b, K, T) & поверхнземли(K) & гладкое(b) & $a \subseteq c$ & твердоетело(c) & место(a, p) = отрезок(DE) & $T = [p, q]$ & D = Место(d, p) & E = Место(e, p) & $d \in a$ & $e \in a$ & неподв(c, p) & Место(d, q) = F & Место(e, q) = G \rightarrow однонаправлены(вектор(DE), вектор(FG)))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedенты, кроме седьмого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в пятнадцатом antecedенте. В задаче не указаны воздействия на какие-либо точки либо множества точек тела c со стороны объектов, отличных от K, b , отнесенные к промежутку времени, который может пересекаться с промежутком T . Уровень срабатывания равен 2.

10. Движение по наклонной плоскости.

(а) Координаты ускорения точки при движении по наклонной плоскости.

\forall_{Kabct} ((движениепо(a, b, t) & Наклплоск(b, K, c, t) & Неподв(K, t) & прямоорд(K) & вертплосквект(Ускорение(a, K, t), K) \rightarrow |крд(Ускорение(a, K, t), $K, 3$)| = длина(Ускорение(a, K, t)) | sin c |)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "длина(Ускорение(a, K, t))" в посылке задачи на исследование. Первые два antecedента и четвертый antecedент идентифицируются с посылками, третий и пятый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{KTabc} ((движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, c, T) & неподв(K, T) & прямоорд(K) & вертплосквект(Ускорение(a, K, T), K) \rightarrow |крд(Ускорение(a, K, T), $K, 3$)| = длина(Ускорение(a, K, T)) | sin c |)

Аналогично предыдущему, но в посылках должно содержаться равенство вида " $T = [x, y]$ ". Заметим, что третий антецедент предыдущей теоремы может выполняться только в случаях, когда t - момент времени, а не временной промежуток.

$\forall_{Kabc}((\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, t) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ \text{вертплосквект}(\text{Ускорение}(a, K, t), K) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, 3) \cos x = \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T)), K, 1) \sin c)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "модуль($\text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, i)$)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками, третий и пятый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{KTabc}((\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, t) \ \& \ (c = \pi/2 \vee c = -\pi/2) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, 1) = 0)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения " $\text{Ускорение}(a, K, t)$ " в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками. Третий антецедент выделен указателем "идентификатор", четвертый и шестой - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

(b) Координаты скорости точки при движении по наклонной плоскости.

$\forall_{KSTabct}((\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, S) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{вертплосквект}(\text{Скорость}(a, K, t), K) \ \& \ T \subseteq S \rightarrow |\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3)| = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)) \sin c)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения " $\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t))$ " в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{KTabct}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{вертплосквект}(\text{Скорость}(a, K, t), K) \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3) \leq 0 \ \& \ 0 \leq c \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1) = -\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t)) \cos c)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения " $\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t))$ " в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение " $\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1)$ " уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{KTabct}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{вертплосквект}(\text{Скорость}(a, K, t), K) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 3) \cos c = -\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1) \sin c)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует

попытку применения приема при усмотрении подвыражения "крд(Скорость(a, K, t), $K, 1$))" в послылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с послылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение "крд(Скорость(a, K, t), $K, 3$))" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

- (с) Длина пути при движении по наклонной плоскости.

$\forall_{ABKSTabcprq}$ (движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, c, S) & $T = [p, q]$ & прямокоорд(K) & $A = \text{Место}(a, p)$ & $B = \text{Место}(a, q)$ & вертплоскдвиж(a, K, T) & однонаправл(a, T) & $T \subseteq S$ & неподв(b, S) \rightarrow длина(Путь(a, T)) $|\sin c| = |\text{крд}(B, K, 3) - \text{крд}(A, K, 3)|$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "длина(Путь(a, T))" в послылке задачи на исследование. Первые четыре антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с послылками. Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение c не есть ноль. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABKTabcprq}$ (движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, c, T) & $T = [p, q]$ & прямокоорд(K) & $A = \text{Место}(a, p)$ & $B = \text{Место}(a, q)$ & вертплоскдвиж(a, K, T) & прямлиньпуть(Путь(a, T)) \rightarrow длина(Путь(a, T)) $|\sin c| = |\text{крд}(B, K, 3) - \text{крд}(A, K, 3)|$)

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 3.

- (d) Определение угла наклона через координаты двух точек.

$\forall_{KTabcprq}$ (движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, c, T) & $p \in T$ & $q \in T$ & неподв(b, T) & неподв(K, T) \rightarrow $\sin c(\text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 1)) = \cos c(\text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) - \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3))$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "крд(Место(a, p), $K, 1$))" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "крд(Место(a, q), $K, 1$))" некоторой послылки. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Оба выражения "крд(Место(a, p), $K, 3$))" и "крд(Место(a, q), $K, 3$))" встречаются в послылках. Выражение c содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

- (e) Усмотрение момента достижения верхней точки.

$\forall_{KTabcprqr}$ (движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, c, T) & $T = [p, q]$ & $0 < \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 3)$ & неподв(b, T) & неподв(K, T) & $\text{Место}(a, p) = \text{Место}(a, q)$ \rightarrow Верхняяточка(a, K, T, r))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, следующие три - обрабатываются проверочными операторами. Последний антецедент выделен указателем "идентификатор". Отсутствует послылка вида "Верхняяточка(a, K, T, x)". Прием вводит новую переменную r . Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "движется"

Пока создан единственный прием, обеспечивающий переход к подпромежутку времени:

$$\forall_{ABCKa}(A = B \cup C \ \& \ \text{движется}(a, K, A) \rightarrow \text{движется}(a, K, B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "движвправо"

1. Длина пути.

$$\forall_{KTarpq}(T = [p, q] \ \& \ \text{движвправо}(a, K, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Направление скорости.

$$\forall_{KTaq}(\text{движвправо}(a, K, T) \ \& \ q \in T \rightarrow \text{вправо}(\text{Скорость}(a, K, q), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, q)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

3. Усмотрение движения вправо.

$$\forall_{KTarpq}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{вправо}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{движвправо}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{KTarpq}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{вправо}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ \text{Скорость}(a, K, q) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{движвправо}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABKTa}(\text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(A, B) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(AB), K) \rightarrow \text{движвправо}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

4. Усмотрение противоречия: отрицательная x - координата скорости.

$$\forall_{KTabt}(\text{движвправо}(a, K, T) \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1) = b \ \& \ b < 0 \ \& \ t \in T \rightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на доказательство, имеющей цель "контроль". Последние два антецедента обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "движвлево"

Приемы аналогичны приемам предыдущего пункта. Их меньше, так как в задачах по элементарной физике движение вправо рассматривается немного чаще, чем движение влево. Пояснения к теоремам приемов опускаем, так как они идентичны приведенным выше.

1. Длина пути.

$$\forall_{KTарq}(T = [p, q] \ \& \ \text{движвлево}(a, K, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 1))$$

2. Направление скорости.

$$\forall_{KTaq}(\text{движвлево}(a, K, T) \ \& \ q \in T \rightarrow \text{влево}(\text{Скорость}(a, K, q), K))$$

3. Усмотрение движения влево.

$$\forall_{KTарq}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{влево}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{движвлево}(a, K, T))$$

$$\forall_{KTарq}(\text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{влево}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ \text{Скорость}(a, K, q) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{движвлево}(a, K, T))$$

Приемы, связанные с символом "вертплосксвязь"

Создан единственный прием, относящийся к y - координате скорости:

$$\forall_{Kabt}(\text{вертплосксвязь}(a, b, K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 2) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, t), K, 2) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "около"

Символ "около" был введен при рассмотрении задач на бросок в окрестности поверхности некоторой произвольной планеты. Для него создан проверочный оператор "усмоколо":

1. Точка лежит на полюсе планеты.

$$\forall_{ABpt}(\text{полюс}(B, A, t) \ \& \ \text{планета}(A) \ \& \ \text{лежитна}(p, B, t) \rightarrow \text{около}(p, \text{поверхнителя}(A), t))$$

Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором.

2. Точка лежит на экваторе.

$$\forall_{ABpt}(B \in \text{экватор}(A, t) \ \& \ \text{планета}(A) \ \& \ \text{лежитна}(p, B, t) \rightarrow \text{около}(p, \text{поверхнителя}(A), t))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "текместо"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение общую геометрическую точку:

$$\forall_{ABabt}(\text{текместо}(a, \text{Поверхнтела}(A), t) = b \rightarrow B - \text{точка} \ \& \ B = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $\text{Место}(a, t) = x$ ". Прием вводит новую переменную B . Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "поступатдвижение"

1. Скорости концов стержня.

$$\forall_{ABKat}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{A, B\} \ \& \ \text{поступатдвижение}(a, t) \rightarrow \text{Скорость}(A, K, t) = \text{Скорость}(a, K, t) \ \& \ \text{Скорость}(B, K, t) = \text{Скорость}(a, K, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки " $\text{Скорость}(a, K, t)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

2. Усмотрение равномерного движения стержня по горизонтальной поверхности.

Рассматривается ситуация, когда стержень двигается поступательно по гладкой горизонтальной поверхности, причем на него действуют только сила тяжести и сила реакции со стороны поверхности:

$$\forall_{ABKSTabpq}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{поступатдвижение}(a, p) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, S) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, S) \ \& \ T \subseteq S \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{гладкое}(b) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{концы}(a) \ \{A, B\} \rightarrow \text{Равндвиж}(A, T) \ \& \ \text{Равндвиж}(B, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Шестой и десятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, остальные - идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в седьмом антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

3. Сохранение ориентации стержня.

$$\forall_{ABKat}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{A, B\} \ \& \ \text{поступатдвижение}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(\text{Место}(A, p)\text{Место}(B, p)), K) \rightarrow \text{вправо}(\text{вектор}(\text{Место}(A, q)\text{Место}(B, q)), K))$$

$$\forall_{ABKat}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{A, B\} \ \& \ \text{поступатдвижение}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(\text{Место}(A, p)\text{Место}(B, p)), K) \rightarrow \text{вверх}(\text{вектор}(\text{Место}(A, q)\text{Место}(B, q)), K))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатели "альтернатива" допускают в первом приеме рассмотрение символа "влево", а во втором - "вниз". Уровень срабатывания равен 2.

4. Координаты множества точек квадратной пластины, движущейся поступательно.

$\forall_{ABCDEFKTabmpqrt}$ (пластина(a) & место(a, p) = фигура($ABCD$) & квадрат($ABCD$) & $T = [p, q]$ & вправо(вектор(AB), K) & назад(вектор(AD), K) & центртяжести(b, a) & поступатдвигание(a, T) & движвправо(b, K, T) & Место(b, p) = E & Место(b, t) = F & $t \in T$ & $l(AB) = r$ & $l(EF) = m \rightarrow$ коорд(место(a, t), K) = $\text{set}_{xyz}(\text{крд}(E, K, 1) - r/2 + m \leq x \& x \leq \text{крд}(E, K, 1) + r/2 + m \& \text{крд}(E, K, 2) - r/2 \leq y \& y \leq \text{крд}(E, K, 2) + r/2 \& x - \text{число} \& y - \text{число} \& z = \text{крд}(E, K, 3))$)

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые девять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование. Двенадцатый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Выражение m не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDEFKTabmnpqt}$ (пластина(a) & место(a, p) = фигура($ABCD$) & квадрат($ABCD$) & место(a, t) = фигура($EFGH$) \rightarrow квадрат($EFGH$) & $l(EF) = l(AB)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Разрешается циклическая перестановка вершин квадрата $ABCD$. Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

5. Координаты множества точек стержня, двигающегося поступательно.

$\forall_{ABCDFKTabdemnpqt}$ (стержень(a) & $T = [p, q]$ & концы(a) = $\{d, e\}$ & Место(d, p) = A & Место(e, p) = B & вправо(вектор(AB), K) & поступатдвигание(a, T) & центртяжести(b, a) & движвправо(b, K, T) & неподв(K, T) & $C =$ Место(b, p) & $D =$ Место(b, t) & $l(CD) = m$ & длина(a) = $n \rightarrow$ коорд(место(a, t)) = $\text{set}_{xyz}(\text{крд}(A, K, 1) + m \leq x \& x \leq \text{крд}(A, K, 1) + m + n \& x - \text{число} \& y = \text{крд}(A, K, 2) \& z = \text{крд}(A, K, 3))$)

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые пять антецедентов, а также антецеденты с седьмого по девятый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой и десятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, остальные - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

6. Сохранение ориентации твердого тела.

Пока создан лишь прием для цилиндрических тел:

$\forall_{ABCDFKTabcpst}$ (твердотело(a) & место(a, t) = A & $T = [t, s]$ & $p \in T$ & место(a, p) = B & цилиндричтело(A, K) & нижнееоснование(A, K) = C & поступатдвигание(a, T) \rightarrow цилиндричтело(B, K) & нижнееоснование(B, K) = D & $S(C) = S(D)$ & высотатела(A, K) = высотатела(B, K))

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, четвертый и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в пятом из них. Отсутствует посылка вида "цилиндричтело(B, K)". Прием вводит новую переменную D . Уровень срабатывания равен 2.

7. Направляющий вектор нормали к верхнему слою равноускоренно движущейся жидкости.

$\forall_{BDKabcdpqrst}$ (контейнер(a) & содержимое(a) = b & вещество(b, c) & жидкость(c) & поверхность(K) & поступатдвижение(a, t) & относитНеподв(b, a, t) & емкость(a) = d & место(d, t) = D & место(b, t) = B & коорд(Ускорение(a, K, t), K) = (p, q, r) & открытсверху(a, t) $\rightarrow s$ – число & $B = D \cap$ точки($\text{set}_{xyz}(p\text{сек}^2/\text{м} \cdot x + q\text{сек}^2/\text{м} \cdot y + (g\text{сек}^2/\text{м} + r\text{сек}^2/\text{м}) \cdot z \leq s$ & x – число & y – число & z – число), K) & верхнийслой(B, K) = точки($\text{set}_{xyz}(p\text{сек}^2/\text{м} \cdot x + q\text{сек}^2/\text{м} \cdot y + (g\text{сек}^2/\text{м} + r\text{сек}^2/\text{м}) \cdot z = s$ & x – число & y – число & z – число), K) $\cap D$)

Прием имеет заголовок "вывод". Четвертый и шестой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Одиннадцатый антецедент выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 3.

8. Проверочный оператор "усмпоступатдвижение".

- (а) Гибкое соединение блока в момент достижения одним из его концов верхней точки.

$\forall_{KTabcdt}$ (гибкаясвязь(b, c, d, T) & висит(c, a, K, T) & блок(a, b, c, T) & неподв(a, T) & $t \in T$ & Место(a, t) = Место(b, t) \rightarrow поступатдвижение(d, t))

Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый и пятый - обрабатываются проверочными операторами. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Выделение момента промежутка.

\forall_{Tat} (поступатдвижение(a, T) & $t \in T$ \rightarrow поступатдвижение(a, t))

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

- (c) Равномерное движение.

\forall_{Ta} (Равндвиж(a, T) \rightarrow поступатдвижение(a, T))

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "общие точки"

Создан единственный прием, выражающий множество общих точек через координаты:

\forall_{Kabt} (прямоорд(K) \rightarrow общие точки(a, b, t) = точки(коорд(место(a, t), K) \cap коорд(место(b, t), K), K))

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Символ "коорд" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "поднимается"

Создан единственный прием, усматривающий движение:

$$\forall_{KTa}(\text{поднимается}(a, K, T) \rightarrow \text{движется}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "относитНеподв"

1. Равенство ускорений.

$$\forall_{Kabct}(\text{Ускорение}(b, K, t) = w \ \& \ \text{относитНеподв}(a, b, t) \ \& \ \text{Силы}(a, c, t) \rightarrow \text{Ускорение}(a, K, t) = w)$$

$$\forall_{Kabct}(\text{Ускорение}(b, K, t) = w \ \& \ \text{относитНеподв}(b, a, t) \ \& \ \text{Силы}(b, c, t) \rightarrow \text{Ускорение}(a, K, t) = w)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецедент идентифицируются с посылками, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Этот антецедент означает, что в задаче уже найдены все силы, действующие на точку a . Уровень срабатывания равен 2.

2. Проверочный оператор "усмотноситНеподв".

Кроме общих приемов усмотрения из контекста, создан единственный прием, относящийся к двум неподвижным объектам:

$$\forall_{abt}(\text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{относитНеподв}(a, b, t))$$

Антецеденты обрабатываются проверочными операторами.

Приемы, связанные с символом "удалены"

Для подстановки бесконечного расстояния созданы следующие приемы:

$$\forall_{ABCabt}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{удалены}(a, b, t) \rightarrow l(AB) = \infty)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Последний антецедент идентифицируется с посылкой, первые два - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCabt}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{центр}(C, B) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \ \& \ \text{удалены}(a, b, t) \rightarrow l(AC) = \infty)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками, причем точка привязки выбрана в четвертом. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 5.

Приемы, связанные с символами "углскорость", "Углскорость"

1. Соотношения для длины дуги, угловой скорости и длительности.

$$\forall_{ABRTamu}(\text{равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, u, n) \ \& \ \text{Путь}(a, P) = \text{Дуга}(A, B, u, m) \ \& \ m - \text{число} \ \& \ P \subseteq T \rightarrow \text{длина}(P)\text{углскорость}(a, T) = |m|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Второй antecedент выделен указателем "равно". Заметим, что проверка численного значения переменной m введена для отбрасывания случая бесконечного промежутка времени. Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABPTamu}$ (равндвиж(a, T) & Путь(a, T) = Дуга(A, B, u, n) & n – число \rightarrow длина(T)углскорость(a, T) = $|n|$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "углскорость(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые два antecedента идентифицируются с посылками, причем второй - выделен указателем "равно". Последний antecedент обрабатывается проверочным оператором. В задаче отсутствует пара посылок вида " $T = [p, q]$, перваявстреча(a, t, p, q)". Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABPTamu}$ (равнвращение(a, u, T) & Путь(b, P) = Дуга(A, B, u, n) & n – число & $b \in a$ & $P \subseteq T \rightarrow$ длина(P)длина(Углскорость(a, T)) = $|n|$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем второй выделен указателем "равно". Остальные antecedенты обрабатываются проверочными операторами. В задаче отсутствует пара посылок вида " $T = [p, q]$, перваявстреча(a, t, p, q)". Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABCDETabpqu}$ (равндвиж(a, T) & равндвиж(b, T) & Путь(a, T) = Дуга(A, B, u, p) & Путь(b, T) = Дуга(A, C, u, q) & $C \in$ Окружн(A, B, u) & $pq < 0$ & невстр(a, b, T) & $D =$ конецпути(Дуга(A, B, u, p)) & $E =$ конецпути(Дуга(A, C, u, q)) \rightarrow $|\angle(BAC) - \angle(DAE)| =$ длина(T)(углскорость(a, T) + углскорость(b, T)))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре antecedента, а также последние три идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом третий и четвертый antecedенты выделены указателем "равно". Пятый и шестой antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 5.

2. Скорость равна произведению угловой скорости на радиус.

\forall_{ABTaum} (равндвиж(a, T) & Путь(a, T) = Дуга(A, B, u, m) \rightarrow углскорость(a, T) $l(AB)$ = скорость(a, T))

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем второй из них выделен указателем "равно". Выражение "скорость(a, T)" уже встречается в посылках. Либо хотя бы одно и выражений "углскорость(a, T)", "длина(T)" уже встречается в посылках, либо выражение T имеет заголовок "промежуток", либо имеется посылка вида " $T = [p, q]$ ". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{KTabcpt}$ (стержень(a) & концы(a) = $\{b, c\}$ & $t \in T$ & точкавращения(b, a, p, T) & неподв(p, t) & неподв(K, t) \rightarrow длина(Скорость(c, K, t)) = длина(Углскорость(a, t))длина(a))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Скорость(C, K, t)"

в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDEKQRt}(\text{стержень}(A) \ \& \ \text{концы}(A) = \{B, C\} \ \& \ \text{точкавращения}(D, A, E, T) \ \& \ R = \text{Место}(D, t) \ \& \ Q = \text{Место}(C, t) \ \& \ \text{неподв}(D, t) \rightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(C, K, t)) = \text{длина}(\text{Углскорость}(A, t))l(QR))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Углскорость(A, t)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый и пятый - выделены указателем "идентификатор", шестой - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки вида "Скорость(C, K, x)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BCabctu}(\text{длина}(\text{Углскорость}(a, t)) = u \ \& \ b \in a \ \& \ c \in a \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ \text{центркрив}(b, C, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \rightarrow \text{скорость}(b, t) = l(BC)u)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "скорость(b, t)" в посылке задачи на исследование. Второй, третий, пятый, седьмой и восьмой антецеденты идентифицируются с посылками. Первый антецедент выделен указателем "идентификатор", четвертый и шестой - обрабатываются проверочными операторами. Выражение u либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{BCKabt}(\text{лежитна}(b, a, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(a, K, t) \ \& \ \text{равнвращение}(a, p, t) \ \& \ \text{вертикалпр}(орвект(p, t), K) \ \& \ \text{центркрив}(b, C, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{неподв}(p, t) \rightarrow \text{скорость}(b, t) = \text{длина}(\text{Углскорость}(a, t))l(BC))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "скорость(b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками. Четвертый и седьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение "Углскорость(a, t)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCabcpt}(\text{Осьвращения}(p, a, b, t) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{Место}(c, t) = C \ \& \ \text{неподв}(b, t) \ \& \ \text{место}(p, t) = \text{отрезок}(AB) \rightarrow \text{скорость}(c, t) = \text{длина}(\text{Углскорость}(a, t))\text{расстдопрямой}(C, \text{прямая}(AB)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "скорость(c, t)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого, идентифицируются с посылками. Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение "Углскорость(a, t)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tabcdp}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ \text{точкавращения}(b, a, p, T) \ \& \ \text{центртяжести}(d, a) \ \& \ \text{неподв}(p, T) \ \& \ \text{равндвиж}(d, T) \rightarrow \text{скорость}(d, T) = \text{длина}(\text{Углскорость}(a, T))\text{длина}(a)/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "скорость(d, T)" в

посылке задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{BCabcst}(\text{центртяжести}(c, \{a, b\}) \& \text{гибкаясвязь}(a, b, s, t) \& B = \text{Место}(b, t) \& C = \text{Место}(c, t) \rightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(b, c, t)) = \text{длина}(\text{Углскорость}(s, t))l(BC))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Скорость(b, c, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - выделены указателем "идентификатор". Выражение "Углскорость(s, t)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABat}(\text{центркрив}(a, B, t) \& \text{Место}(a, t) = A \rightarrow \text{скорость}(a, t) = \text{углскорость}(a, t)l(AB))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "углскорость(a, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

3. Определение угловой скорости из линейного уравнения.

$$\forall_{Tabcd}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{углскорость}(b, T)/c = d \leftrightarrow \text{углскорость}(b, T) = cd/a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения a, c, d не имеют невырожденных числовых атомов, заголовки которых отличны от символа "расстояние". Уровень срабатывания равен 3.

4. Первая встреча при равномерном движении по окружности.

$$\forall_{ABCTabmnpqrtuvw}(\text{равндвиж}(a, T) \& \text{равндвиж}(b, T) \& \text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, u, p) \& \text{Путь}(b, T) = \text{Дуга}(A, C, u, q) \& 0 < pq \& \text{углскорость}(a, T) = v \& \text{углскорость}(b, T) = w \& 0 < p(v - w) \& T = [m, n] \& \text{Оругол}(B, A, C, u) = r \& 0 < r \& \text{перваявстреча}(a, b, m, t) \& t \in T \rightarrow t = m + r/|v - w|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также девятый и десятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABT abmnpqtu}(\text{равндвиж}(a, T) \& \text{равндвиж}(b, T) \& \text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, u, p) \& \text{Путь}(b, T) = \text{Дуга}(A, B, u, q) \& 0 < pq \& T = [m, n] \& \text{перваявстреча}(a, b, m, t) \& t \in T \rightarrow t - m = 2\pi/|\text{углскорость}(a, T) - \text{углскорость}(b, T)| \& \neg(\text{углскорость}(a, T) - \text{углскорость}(b, T) = 0))$$

$$\forall_{ABT abmnpqtu}(\text{равндвиж}(a, T) \& \text{равндвиж}(b, T) \& \text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, u, p) \& \text{Путь}(b, T) = \text{Дуга}(A, B, u, q) \& pq < 0 \& T = [m, n] \& \text{перваявстреча}(a, b, m, t) \& t \in T \rightarrow t - m = 2\pi/|\text{углскорость}(a, T) + \text{углскорость}(b, T)| \& \neg(\text{углскорость}(a, T) + \text{углскорость}(b, T) = 0))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также шестой и седьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем третий и четвертый выделены указателем "равно". Пятый

и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

- Нормализаторы общей стандартизации "нормуглскорость", "нормУглскорость". Каждый из этих нормализаторов имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее выражение для угловой скорости.

Приемы, связанные с символом "скоростьвращения"

- Связь угловой скорости и скорости вращения.

$$\forall_{Tan}(\text{равнвращение}(a, n, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Углскорость}(a, T)) = 2\pi \cdot \text{скоростьвращения}(a, n, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скоростьвращения(a, n, T)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что указатель "контрольвывода" относится к подвыражению " $\text{Углскорость}(a, T)$ ".

$$\forall_{Tan}(\text{осьвращателя}(n, a, t) \rightarrow \text{длина}(\text{Углскорость}(a, t)) = 2\pi \cdot \text{скоростьвращения}(a, n, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{Углскорость}(a, t)$ " в послылке задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

- Связь скорости вращения с линейной скоростью точки вращающегося тела.

$$\forall_{Tasn}(\text{равнвращение}(a, n, T) \ \& \ \text{неподв}(n, T) \ \& \ c \in a \rightarrow \text{скорость}(c, T) = 2\pi \cdot \text{скоростьвращения}(a, n, T) \text{радиусвращения}(c, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скорость(c, T)" в послылке задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

- Ориентация равенства.

$$\forall_{abcd}(b = \text{скоростьвращения}(a, c, d) \leftrightarrow \text{скоростьвращения}(a, c, d) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к послылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение b не является числовым атомом. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентацияравенства". Уровень срабатывания приема равен 1.

Приемы, связанные с символом "числооборотов"

- Связь числа оборотов со скоростью вращения.

$$\forall_{PTan}(\text{равнвращение}(a, n, T) \ \& \ P \subseteq T \rightarrow \text{числооборотов}(a, n, P) = \text{скоростьвращения}(a, n, T) \text{длина}(P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "числооборотов(a, n, P)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "скоростьвращения(a, n, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

2. Путь, пройденный точкой окружности, равен произведению числа оборотов на длину окружности.

$$\forall_{APTan}(\text{равнвращение}(a, n, T) \ \& \ \text{нормвращение}(a, T) \ \& \ \text{неподв}(n, T) \ \& \ A \in \text{внешокружность}(a) \ \& \ P \subseteq T \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(A, P)) = \text{длина}(\text{внешокружность}(a))\text{числооборотов}(a, n, P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь(A, P))" в послылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с послылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "равнвращение"

Создан единственный прием про постоянство угловой скорости:

$$\forall_{Tant}(\text{равнвращение}(a, n, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(n, T) \rightarrow \text{Углскорость}(a, t) = \text{Углскорость}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, два других - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "нормвращение"

Создан единственный прием:

$$\forall_{Tabn}(\text{равнвращение}(a, n, T) \ \& \ \text{нормвращение}(a, T) \ \& \ b \in \text{внешокружность}(a) \rightarrow \text{радиусвращения}(b, T) = \text{радиус}(\text{внешокружность}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "ременнаяпередача"

Создан единственный прием про скорости вращения двух тел, соединенных ременной передачей:

$$\forall_{Tabn}(\text{равнвращение}(a, n, T) \ \& \ \text{равнвращение}(b, n, T) \ \& \ \text{ременнаяпередача}(a, b, T) \rightarrow \text{скоростьвращения}(a, n, T)\text{радиус}(\text{внешокружность}(a)) = \text{скоростьвращения}(b, n, T)\text{радиус}(\text{внешокружность}(b)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "качение"

1. Скорость точки на внешней окружности при качении.

$$\forall_{BCDTabcdt}(\text{качение}(a, b, T) \ \& \ d \in \text{внешокружность}(a) \ \& \ \text{центр}(c, a) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{общеточки}(a, b, t) = \{B\} \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \rightarrow \text{скорость}(d, t) = \text{скорость}(c, t) \sqrt{2(1 - \cos(\angle(DCB)))})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скорость(d, t)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

2. Связь скорости центра качения с угловой скоростью и радиусом.

$$\forall_{Tabc}(\text{качение}(a, b, T) \ \& \ \text{центр}(c, a) \rightarrow \text{скорость}(c, T) = \text{длина}(\text{Углскорость}(a, T))\text{радиус}(\text{внешокружность}(a)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Углскорость(a, T)" в посылке задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "уголвращения"

Создан единственный прием, связывающий угол вращения, угловую скорость и длительность:

$$\forall_{PTan}(\text{равнвращения}(a, n, T) \ \& \ P \subseteq T \rightarrow \text{уголвращения}(a, n, P) = \text{длина}(\text{Углскорость}(a, T))\text{длина}(P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "уголвращения(a, n, P)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "осьвращателя"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение ось вращения:

$$\forall_{Ant}(\text{осьвращателя}(n, A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Углскорость(B, t)" в посылке задачи на исследование. Задача не имеет посылок вида "осьвращателя(b, A, t)", "равнвращения(A, b, t)", "точкавращения(b, A, c, t)". Прием вводит новую переменную n . Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "периодобращения"

Создан единственный прием, выражающий период обращения через радиус и скорость:

$\forall_{ABT_{анр}}(\text{равндвиж}(a, T) \& \text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, n, p) \rightarrow \text{периодобращения}(a, T) = 2\pi \cdot l(AB)/\text{скорость}(a, T))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "периодобращения(a, T)" в посылке задачи на исследование. Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "полюс"

Создан единственный прием, указывающий на принадлежность полюса шару:

$\forall_{ABt}(\text{полюс}(A, B, t) \rightarrow A \in B)$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "экватор"

1. Экватор - подмножество шара.

$\forall_{ABt}(A \in \text{экватор}(B, t) \rightarrow A \in B)$

$\forall_{ABt}(A \in \text{экватор}(B, t) \rightarrow A \in \text{поверхнтела}(B))$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Движение точки, находящейся на экваторе планеты.

$\forall_{ABabcdt}(\text{лежитна}(a, b, t) \& b \in \text{экватор}(c, t) \& \text{планета}(c) \& \text{центртяжести}(d, c) \& A = \text{Место}(d, t) \& B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{центркрив}(a, A, t) \& \text{нормнапр}(B, \text{Поверхнтела}(c), \text{вектор}(AB), t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, второй и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, пятый и шестой - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABTabcdt}(\text{движениепо}(a, \text{Поверхнтела}(c), T) \& t \in T \& \text{текместо}(a, \text{Поверхнтела}, t) = b \& b \in \text{экватор}(c, T) \& \text{планета}(c) \& \text{центртяжести}(d, c) \& A = \text{Место}(d, t) \& B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{центркрив}(a, A, t) \& \text{нормнапр}(B, \text{Поверхнтела}(c), \text{вектор}(AB), t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, третий, четвертый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, седьмой и восьмой - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "планета"

1. Скорость точки на поверхности планеты.

$\forall_{ABTct}(A \in \text{экватор}(B, t) \& \text{планета}(B) \& \text{равнвращение}(B, c, T) \& t \in T \rightarrow \text{скорость}(A, t) = \text{длина}(\text{Углскорость}(B, T))\text{радиус}(B))$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, второй и четвертый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABTct} (A \in \text{экватор}(B, T) \ \& \ \text{планета}(B) \ \& \ \text{равнвращение}(B, c, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Скорость}(A, K, t)) = \text{длина}(\text{Углскорость}(B, T))\text{радиус}(B))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый, третий и пятый антецеденты идентифицируются с посылками, второй и четвертый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

2. Проверочный оператор "усмпланета".

Кроме стандартного приема усмотрения по посылке вида "планета(...)", создан прием "планета(Земля)".

Приемы, связанные с символом "спутник"

1. Ввод в рассмотрение круговой траектории.

$$\forall_{ABTabnpr} (\text{спутник}(a, b, r, T) \rightarrow \text{равндвиж}(a, T) \ \& \ A - \text{точка} \ \& \ B - \text{точка} \ \& \ \text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, n, p) \ \& \ l(AB) = \text{радиус}(b) = r)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Прием вводит новые переменные A, B, n, p . Уровень срабатывания равен 1.

2. Скорость движения спутника.

$$\forall_{BTart} (\text{спутник}(a, B, r, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{грав} \cdot \text{масса}(B) = (\text{скорость}(a, t))^2(\text{радиус}(B) + r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скорость(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BTar} (\text{спутник}(a, B, r, T) \rightarrow \text{грав} \cdot \text{масса}(B) = (\text{скорость}(a, T))^2(\text{радиус}(B) + r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

3. Ввод в рассмотрение вспомогательного числового параметра - массы планеты.

$$\forall_{Tabcr} (\text{спутник}(a, B, r, T) \rightarrow \text{масса}(b) = c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение "масса(b)" уже встречается в посылках, однако отсутствует посылка, выражающая равенство этой массы некоторой переменной. прием вводит новую переменную c и регистрирует ее как вспомогательный параметр. Она будет считаться известной до получения ответа, а затем перерегистрируется как неизвестная. Уровень срабатывания равен 4.

4. Ввод в рассмотрение вспомогательного числового параметра - радиуса планеты.

$$\forall_{Tabcr}(\text{спутник}(a, B, r, T) \rightarrow \text{радиус}(b) = c)$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "первкосмскор"

Величина первой космической скорости для планеты определяется следующим приемом:

$$\forall_P(\text{первкосмскор}(P) = \sqrt{\text{грав} \cdot \text{масса}(P) / \text{радиус}(P)})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "центркрив"

1. Ввод в рассмотрение текущего положения точки.

$$\forall_{ABat}(\text{центркрив}(a, B, t) \rightarrow A - \text{точка} \ \& \ A = \text{Место}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $c = \text{Место}(a, t)$ ". Уровень срабатывания равен 1.

2. Две скрепленные точки.

$$\forall_{Bcdt}(\text{лежитна}(d, c, t) \ \& \ \text{центркрив}(c, B, t) \rightarrow \text{центркрив}(d, B, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{VTcdt}(\text{лежитна}(d, c, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{центркрив}(c, B, t) \rightarrow \text{центркрив}(d, B, t))$$

Аналогично предыдущему, но второй антецедент обрабатывается проверочным оператором.

3. Движение точки, расположенной на вращающейся вокруг вертикальной оси горизонтальной плоскости.

$$\forall_{BCKabcpt}(\text{осьвращателя}(p, a, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(a, K, t) \ \& \ c \in a \cap p \ \& \ \text{лежитна}(b, a, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{вертиканапр}(\text{орвект}(p, t), K) \rightarrow \text{центркрив}(b, C, t))$$

$$\forall_{BCKabcpt}(\text{равнвращение}(a, p, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(a, K, t) \ \& \ c \in a \cap p \ \& \ \text{лежитна}(b, a, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{вертиканапр}(\text{орвект}(p, t), K) \rightarrow \text{центркрив}(b, C, t))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также четвертый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой антецедент обрабатывается проверочным оператором, третий и седьмой - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "точкавращения"

1. Ввод в рассмотрение положения точки вращения.

$$\forall_{Dadpt}(\text{точкавращения}(d, a, p, t) \rightarrow D - \text{точка} \ \& \ D = \text{Место}(d, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $x = \text{Место}(d, t)$ ". Прием вводит новую переменную D . Уровень срабатывания равен 2.

2. Точка вращения является центром кривизны для траектории точки тела.

$$\forall_{Dabdpt}(\text{точкавращения}(d, a, p, t) \ \& \ b \in a \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \rightarrow \text{центркрив}(b, D, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения b, d различны. Имеется посылка вида " $\text{воздействие}(b, d, t)$ ". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{DTabdpt}(\text{точкавращения}(d, a, p, T) \ \& \ b \in a \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{центркрив}(b, D, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении посылки " $\text{воздействие}(d, b, t)$ " в задаче на исследование. Первый и второй антецеденты идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "идентификатор". Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

3. Неподвижность точки вращения, скрепленной с неподвижной точкой.

$$\forall_{abct}(\text{точкавращения}(a, b, c, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \rightarrow \text{Неподв}(a, t))$$

$$\forall_{abct}(\text{точкавращения}(a, b, c, t) \ \& \ \text{неподв}(c, t) \rightarrow \text{неподв}(a, t))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

4. Равенство позиций скрепленных материальных точек.

$$\forall_{ABTabct}(\text{точкавращения}(a, b, c, t) \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \ \& \ \text{Место}(c, t) = B \rightarrow A = B)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения A, B различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABTabct}(\text{точкавращения}(a, b, c, t) \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \rightarrow \text{Место}(c, t) = A)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Имеется посылка вида " $c \in X$ ", для которой отсутствует посылка вида " $\text{внештело}(X)$ ". Отсутствует посылка вида " $\text{Место}(c, t) = B$ ". Уровень срабатывания равен 2.

5. Ускорения точек твердого тела, имеющего одну закрепленную точку.

$$\forall_{ABCDEKPRi}(\text{твердотело}(A) \ \& \ B \in A \ \& \ C \in A \ \& \ D \in A \ \& \ \text{точкавращения}(B, A, E, t) \ \& \ \text{Неподв}(E, t) \ \& \ \text{Место}(B, t) = P \ \& \ \text{Место}(C, t) = Q \ \& \ \text{Место}(D, t) = R \ \& \ P \in \text{отрезок}(QR) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(D, K, t), K, 3)l(PQ) = -\text{крд}(\text{Ускорение}(C, K, t), K, 3)l(PR))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Десятый антецедент выделен указателем "усм". Остальные антецеденты, кроме первого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование.

В твердом теле A не выделены точки, отличные от точек B, C, D . Уровень срабатывания равен 5.

Приемы, связанные с движением по дуге окружности

1. Центр кривизны.

$$\forall_{CDTanpt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(C, D, n, p) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{центркрив}(a, C, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении посылки "воздействие(a, c, T)" в задаче на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2. Созданы еще четыре версии приема. Они отличаются лишь тем, что указатель "контрольвывода" относится, соответственно, к подвыражениям посылок "сила(a, c, t)", "сила(c, a, t)", "нормреакция(a, c, t)" и "нормреакция(c, a, t)". При этом второй антецедент обрабатывается проверочным оператором, так как t уже идентифицировано.

2. Расстояние до центра.

$$\forall_{ACDTanpt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(C, D, n, p) \ \& \ t \in T \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \rightarrow l(AC) = l(CD))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "расстояние(AC)" посылки задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

3. Прямая, соединяющая точку подвески с центром вращения, перпендикулярна радиус - вектору, проведенному из центра вращения к движущейся точке.

$$\forall_{ABCDTabnpt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(C, D, n, p) \ \& \ \text{гибкаясвязь}(a, b, s, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \ \& \ \text{Место}(b, t) = B \rightarrow \text{прямая}(AC) \perp \text{прямая}(BC))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и два последних идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражения B, C различны. Идентифицирующие операторы не усматривают перпендикулярность прямых AC и BC . Уровень срабатывания равен 3.

4. Направление скорости.

$$\forall_{ACDKTanpt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(C, D, n, p) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{вниз}(\text{вектор}(CA), K) \ \& \ \text{вперед}(n, K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{одномерный}(\text{Скорость}(a, K, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и два последних идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Допускается заголовок "назад" пятого антецедента. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABKTabct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, T) \ \& \ t \in T \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(BA), K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{вертикалпр}(\text{Скорость}(a, K, t), K))$$

$\forall_{ABKT} abct$ (твердаясвязь(a, b, c, T) & $t \in T$ & $A = \text{Место}(a, t)$ & $B = \text{Место}(b, t)$ & неподв(b, T) & вправо(вектор(BA), K) & неподв(K, T) \rightarrow вертикалнапр(Скорость(a, K, t), K))

Приемы имеют заголовок "вывод". Первый, третий и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом допускаются альтернативные заголовки "влево", "вперед", "назад" шестого антецедента. Второй, пятый и седьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{CDKT} anpt$ (Путь(a, T) = Дуга(C, D, n, p) & $t \in T$ & вперед(n, K) & прямоорд(K) \rightarrow вертплосквект(Скорость(a, K, t), K))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в посылке задачи на исследование. Первый, третий и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Допускается альтернативный заголовок "назад" третьего антецедента. Уровень срабатывания равен 3.

5. Вертикальная составляющая скорости и длина скорости при вращении в вертикальной плоскости.

$\forall_{ABK} amnt$ (центркрив(a, B, t) & $A = \text{Место}(a, t)$ & прямоорд(K) & вертплосквект(вектор(AB), K) & вертплосквект(Скорость(a, K, t), K) & $l(AB) = n$ & крд($B, K, 3$) - крд($A, K, 3$) = m \rightarrow $\sqrt{n^2 - m^2}$ длина(Скорость(a, K, t)) = n |крд(Скорость(a, K, t), $K, 3$)|)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Скорость(a, K, t))" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, следующие два - обрабатываются проверочными операторами. Последние два антецедента выделены указателем "идентификатор". Выражения m, n не содержат неизвестных. Выражение "крд(Скорость(a, K, t), $K, 3$)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

6. Высота точки при движении по дуге, расположенной в горизонтальной плоскости.

$\forall_{ABCK} anpt$ (Путь(a, T) = Дуга(B, C, n, p) & прямоорд(K) & вертикалнапр(n, K) & $t \in T$ & $A = \text{Место}(a, t)$ \rightarrow крд($C, K, 3$) = крд($A, K, 3$))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд($C, K, 3$)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

7. Уклон при движении в горизонтальной плоскости по внутренней поверхности сферы.

$\forall_{ABCDKT} abhnprt$ (движениепо(a, b, T) & внутрсфера(b) & неподв(b, T) & нижнточка(D , место(b, T), K) & $A = \text{Место}(a, t)$ & Путь(a, T) = Дуга(B, C, n, p) & вертикалнапр(n, K) & $t \in T$ & крд($A, K, 3$) - крд($D, K, 3$) = h & радиус(b) =

$r \rightarrow \text{уклон}(A, B, K, b) = \arccos((r - h)/r) \ \& \ l(AB) = \sqrt{2hr - h^2} \ \& \ \text{внешнапр}(A, b, \text{вектор}(AB), t)$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть antecedентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в пятом из них. Седьмой и восьмой antecedенты обрабатываются проверочными операторами, девятый и десятый - выделены указателем "идентификатор". Выражение h не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

8. Угол, под которым движущаяся точка видна из заданной точки оси вращения.

$\forall_{ABCDKTanpt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(C, D, n, p) \ \& \ \text{вертикапр}(n, K) \ \& \ \text{вертикапр}(\text{вектор}(CB), K) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \angle(CBD) = \angle(CBA) \ \& \ \text{прямая}(BC) \perp \text{прямая}(CA))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\angle(CBD)$ " посылки задачи на исследование. Первый antecedent и два последних идентифицируются с посылками; второй и третий antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

9. Изменение направления вектора скорости при движении по окружности.

$\forall_{ABCDKTanpqt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, n, p) \ \& \ C = \text{Место}(a, t) \ \& \ D = \text{Место}(a, q) \ \& \ t \in T \ \& \ q \in T \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{уголмежду}(\text{Скорость}(a, K, t), \text{Скорость}(a, K, q)) = \angle(CAD))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{Скорость}(a, K, t)$ " в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки " $\text{Скорость}(a, K, q)$ ", где выражения t, q различны. Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй и третий - выделены указателем "идентификатор". Три последних antecedента обрабатываются проверочными операторами. Существует такое подвыражение "длина(...)" некоторой посылки, внутри которого встречаются оба выражения " $\text{Скорость}(a, K, t)$ " и " $\text{Скорость}(a, K, q)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

10. Угол между начальной и конечной точками движения.

$\forall_{ABCTAnpqt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, n, p) \ \& \ T = [t, q] \ \& \ C = \text{Место}(a, q) \ \& \ 0 \leq p \ \& \ 0 \leq \pi - p \rightarrow \angle(BAC) = p)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\angle(BAC)$ " в посылке задачи на исследование. Первые два antecedента идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "идентификатор". Два последних antecedента обрабатываются проверочными операторами. Выражение p не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

11. Длина связи.

$\forall_{Tabcdemnt}(\text{твердаясвязь}(a, b, c, T) \ \& \ \text{Путь}(b, T) = \text{Дуга}(d, e, n, m) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \rightarrow l(DE) = \text{длина}(c))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем допускается заголовок "гибкаясвязь" первого антецедента. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение " $l(de)$ " уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "скоростьтечения"

1. Связь скалярной и векторной скорости.

$$\forall_{abcd}(d = \text{Скоростьтечения}(a, b, c) \rightarrow \text{скоростьпотока}(a, b, c) = \text{длина}(d))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 2.

2. Рассмотрение движения частицы потока для нахождения скорости течения в заданной точке.

$$\forall_{APRTabct}(\text{движениечастицы}(b, a, P) \ \& \ \text{равнпоток}(a, T) \ \& \ \text{русло}(a, T) = R \ \& \ P \subseteq T \ \& \ \text{точкапути}(R, c) = A \rightarrow A = \text{Место}(b, t) \ \& \ t - \text{число} \ \& \ t \in P \ \& \ \text{скоростьпотока}(a, A, T) = \text{скорость}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скоростьпотока(a, A, T)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента и последний антецедент идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 4.

3. Нормализатор общей стандартизации "нормСкоростьтечения".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее явное выражение для скорости течения.

Приемы, связанные с символом "равнтечение"

1. Рассмотрение отрезков движения по течению и против течения.

$$\forall_{PQTabpq}(\text{равнтечение}(a, T) \ \& \ \text{равнотндвиж}(b, a, T) \ \& \ \text{Путь}(b, T) = \text{путь}(p, q) \ \& \ \text{отрезокпути}(p, \text{Русло}(a, T)) \ \& \ q = \text{обратныйпуть}(p) \rightarrow T = P \cup Q \ \& \ \text{Путь}(b, P) = p \ \& \ \text{Путь}(b, Q) = q \ \& \ \text{продолж}(P, Q) \ \& \ \text{равндвиж}(b, P) \ \& \ \text{равндвиж}(b, Q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $\text{Путь}(b, d) = p$ ". Прием вводит новые переменные P, Q . Уровень срабатывания равен 2.

2. Величина скорости по течению.

$$\forall_{PSTabp}(\text{равнтечение}(a, P) \ \& \ \text{равнотндвиж}(b, a, T) \ \& \ p = \text{Путь}(b, S) \ \& \ S \subseteq T \ \& \ S \subseteq P \ \& \ \text{отрезокпути}(p, \text{Русло}(a, P)) \rightarrow \text{скорость}(b, S) = \text{скоростьтечения}(a, P) + \text{относитскорость}(b, a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

3. Величина скорости против течения.

$$\forall_{PSTabpq}(\text{равнтечение}(a, P) \ \& \ \text{равнотндвиж}(b, a, T) \ \& \ q = \text{Путь}(b, S) \ \& \\ q = \text{обратныйпуть}(p) \ \& \ S \subseteq T \ \& \ S \subseteq P \ \& \ \text{отрезокпути}(p, \text{Русло}(a, P)) \rightarrow \\ \text{скорость}(b, S) = \text{относитскорость}(b, a, T) - \text{скоростьтечения}(a, P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Пятый и шестой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

4. Объем жидкости либо газа, прошедших через заданное сечение русла за заданное время.

$$\forall_{ATabcdst}(\text{равнтечение}(a, T) \ \& \ \text{русло}(a, T) = A \ \& \ b \in \text{Русло}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \\ \text{место}(c, t) \subseteq A \ \& \ \text{вкладсечения}(a, b, T) = c \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \\ (\text{газ}(d) \vee \text{жидкость}(d)) \rightarrow \text{Объем}(c, t) = \\ S(\text{сечениерусла}(A, b))\text{длина}(T)\text{скоростьтечения}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого и восьмого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символами "вкладисточника", "Вкладисточника"

Созданы приемы, указывающие, что вклад источника равен произведению величины потока на длительность:

$$\forall_{PTa}(\text{равнпоток}(a, T) \ \& \ P \subseteq T \rightarrow \text{вкладисточника}(\text{Исток}(a), a, P) = \\ \text{поток}(\text{Исток}(a), a, T)\text{длина}(P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "вкладисточника(Исток(a), a, P)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{PTab}(\text{равнисточник}(a, b, T) \ \& \ P \subseteq T \rightarrow \text{вкладисточника}(a, b, P) = \\ \text{поток}(a, b, T)\text{длина}(P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "вкладисточника(a, b, P)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{PTab}(\text{равнисточник}(a, b, T) \ \& \ P \subseteq T \rightarrow \text{Вкладисточника}(a, b, P) = \\ \text{Поток}(a, b, T)\text{длина}(P))$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "Вкладисточника(a, b, P)".

Приемы, связанные с символом "плотностьтечения"

Создан единственный прием, связывающий плотности течения в различных точках русла:

\forall_{ABRTa} (равнпоток(a, T) & $R = \text{русло}(a, T) \rightarrow$
 плотностьтечения(a, A, T) скорость потока(a, A, T) $\cdot S(\text{сечениерусла}(R, A)) =$
 плотностьтечения(a, B, T) скорость потока(a, B, T) $\cdot S(\text{сечениерусла}(R, B))$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "плотностьтечения(a, A, T)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "плотностьтечения(a, B, T)" некоторой послылки. Антецеденты идентифицируются с послылками. Выражения A, B различны. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "простоеруло"

Создан единственный прием, указывающий на равенство площадей сечения в различных точках:

\forall_{ABa} (простоеруло(a) $\rightarrow S(\text{сечениерусла}(a, A)) = S(\text{сечениерусла}(a, B))$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "площадь(сечениерусла(a, A))" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "сечениерусла(a, B)" некоторой послылки. Антецедент идентифицируется с послылкой. Выражения A, B различны. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "падениепотока"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение вспомогательную произвольную частицу потока, движущуюся только под действием силы тяжести:

$\forall_{PRTabpq}$ (падениепотока(a, T) & $R = \text{русло}(a, T) \rightarrow \text{движениечастицы}(b, a, P) \&$
 $p - \text{число} \& q - \text{число} \& 0 \leq q - p \& P = [p, q] \& P \subseteq T \& \text{Место}(b, p) = \text{исток}(R) \&$
 $\text{Место}(b, q) = \text{сток}(R) \& \neg(\text{длина}(P) = 0) \& \text{бросок}(b, P)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Отсутствует послылка вида "движениечастицы(x, a, y)". Прием вводит новые переменные b, p, q, P . Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "движениечастицы"

1. Скорость частицы равна скорости потока.

\forall_{AKPabt} (движениечастицы(b, a, P) & поверхностьземли(K) & $A = \text{Место}(b, t) \rightarrow$
 Скорость(b, K, t) = Скоростьтечения(a, A, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в последнем из них. Выражение вида "Скоростьтечения(a, A, x)" уже встречается в послылках. Выводимое утверждение сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

2. Путь, пройденный частицей до заданной точки русла.

$\forall_{PRTabct}$ (движениечастицы(b, a, P) & русло(a, T) = R & $P \subseteq T$ &
 точкапути(R, c) = Место(b, t) & $t \in P$ & $P = [p, q] \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(b, [p, t])) = c$)

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме третьего и пятого, идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем четвертый выделен указателем "равно". Третий и пятый antecedentes обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "равнпоток"

Создан единственный прием, указывающий, что векторная скорость течения в текущий момент равна средней скорости на временном промежутке:

$$\forall_{ATat}(\text{равнпоток}(a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Скоростьтечения}(a, A, t) = \text{Скоростьтечения}(a, A, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый antecedent идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "струя"

1. Вещество струи.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{вещество}(\text{струя}(a, t), b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "струя(a, t)" в посылке задачи на исследование. Antecedent идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

2. Объем струи.

$$\forall_{PRTabt}(\text{движениечастицы}(b, a, P) \ \& \ \text{неподврисло}(a, T) \ \& \ \text{равнпоток}(a, T) \ \& \ P \subseteq T \ \& \ t \in T \ \& \ \text{русло}(a, T) = R \rightarrow \text{объем}(\text{струя}(a, t)) = \text{длина}(P) \cdot \text{скоростьпотока}(a, \text{исток}(R), T) \cdot S(\text{сечениерусла}(R, \text{исток}(R))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(струя(a, t))" в посылке задачи на исследование. Первые три antecedenta и шестой antecedent идентифицируются с посылками. Четвертый и пятый antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "поток"

Создан единственный прием, выражающий величину потока через плотность, сечение русла и скорость течения:

$$\forall_{RTab}(\text{равнпоток}(a, T) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{русло}(a, T) = R \rightarrow \text{поток}(\text{Исток}(a), a, T) = \text{плотность}(b) \cdot S(\text{сечениерусла}(R, \text{исток}(R))) \cdot \text{скоростьпотока}(a, \text{исток}(R), T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "поток(Исток(a), a, T)" в посылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "русло"

Создан нормализатор общей стандартизации "нормрусло". Он имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее явное выражение для русла.

Приемы, связанные с символом "сток"

Создан нормализатор общей стандартизации "нормсток". Он имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее явное выражение для стока.

Приемы, связанные с символом "протекает"

Создан единственный прием, указывающий связь объема с площадью сечения и скоростью истечения:

$$\forall_{T_{abst}}(\text{протекает}(a, b, T) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{Объем}(a, t) = S(b) \cdot \text{скористечения}(a, b, T) \cdot \text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скористечения(a, b, T)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

1.7 Динамика

1.7.1 Логические символы, используемые решателем в динамике

Утверждение "воздействие(a, b, t)" означает, что объект b в течение промежутка t либо в момент t оказывает на объект a силовое воздействие, обычно - невырожденное, хотя и не обязательно.

Выражение "сила(a, b, t)" обозначает вектор силы, с которой объект b воздействует на объект a в момент либо период времени t .

Выражение "Сила(a, t)" обозначает вектор равнодействующей всех сил, действующих на объект a в момент либо период времени t .

Утверждение "Силы(a, b, t)" означает, что b есть множество всех объектов, воздействующих на материальную точку a в момент либо период t . Решение задачи по динамике обычно начинается с перечисления всех таких объектов и вывода утверждения "Силы(...)", подводящего итог этому перечислению.

Утверждение "констсила(a, b, t)" означает, что объект b на протяжении промежутка времени t воздействует на объект a , причем вектор силы этого воздействия не изменяется.

Утверждение "констСила(a, b, t)" означает, что равнодействующая сил, действующих на объект a со стороны объектов, не принадлежащих множеству b , не изменяется в течение периода времени t .

Выражение "силапритяжения(a, b, t)" обозначает вектор силы притяжения тела a к телу b в момент либо период времени t .

Утверждение "притяжение(a, b, t)" означает, что воздействие объекта b на объект a в момент либо период t обусловлено только силой взаимного притяжения.

Выражение "силатрения(a, b, t)" обозначает вектор силы трения, оказываемой объектом b на объект a в момент либо период времени t .

Выражение "коэффициент трения(a, b)" обозначает коэффициент трения между объектом a и материальной поверхностью b , либо между двумя материальными точками a, b .

Выражение "нормальная реакция(a, b, t)" обозначает вектор силы нормальной реакции, оказываемой объектом b на объект a в момент либо период времени t .

Утверждение "константная нормальная реакция(a, b, t)" означает, что объект a на протяжении промежутка времени t перемещается по объекту b так, что сила нормальной реакции остается постоянной.

Утверждение "тянет(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t либо в момент t вектор силового воздействия объекта a на объект b направлен от b к a , причем тело b движется в направлении этого вектора.

Утверждение "торможение(a, t)" означает, что в течение промежутка времени t либо в момент t вектор суммы сил, действующих на объект a направлен противоположно вектору скорости объекта a и равен нулю в момент остановки объекта.

Утверждение "тормозит(a, b, t)" означает, что на протяжении периода времени t либо в момент t сила воздействия объекта a на объект b направлена противоположно скорости объекта b .

Утверждение "раздвигает(a, b, t)" означает, что на протяжении периода t объект a раздвигает объекты множества b .

Утверждение "центр тяжести(a, b)" означает, что материальная точка a является центром тяжести тела b . Вообще говоря, эта точка не обязана относиться к телу b и может оказаться лишь условной материальной точкой, положение которой однозначно определяется положением тела.

Выражение "жесткость(a)" обозначает коэффициент жесткости упругого соединения a .

Выражение "удлинение связи(a, t)" обозначает величину удлинения упругого одномерного тела a в момент либо период t . Берется со знаком.

Выражение "исходная длина(a)" обозначает длину упругой связи a в отсутствии внешних сил.

Утверждение "упругая связь(a, b, c, t)" означает, что материальные точки a и b в течение промежутка t либо в момент t соединены упругим соединением c .

Утверждение "граница скольжения(a, b, t)" означает, что в момент либо период t объект a лежит на материальной поверхности b и находится на грани скольжения.

Утверждение "граница проскальзывания(a, b, t)" означает, что в момент либо период t объект a перемещается по материальной поверхности b , находясь на грани проскальзывания в направлении, перпендикулярном скорости.

Утверждение "внешнее тело(a)" представляет собой вспомогательную посылку задачи, означающую, что на тело a могут действовать не указанные в задаче силы.

Утверждение "внешние силы(a, b, t)" означает, что a есть множество всевозможных пар (p, q) , где q - внешний объект, оказывающий в течение промежутка времени t силовое воздействие на объект p множества b . Из a выбираются пары для силовых воздействий, учитываемых в определении потенциальной энергии системы объектов b .

Утверждение "исключодействие(a, b, t)" представляет собой вспомогательную посылку задачи, указывающую, что силовое содействие объекта b на объект a в момент либо период t может не учитываться.

Утверждение "давит(a, b, t)" означает, что объект a в момент либо период t оказывает давление на субстанцию течения b , которое приложено в начальной точке русла.

Утверждение "силаинерции(a, b, K)" означает, что воздействие фиктивного объекта b на объект a представляет собой силу инерции, рассматриваемую относительно движущейся системы координат K .

Выражение "усилие(a, b, t)" обозначает усилие в твердой связи между материальными точками a и b в момент времени t . Равно по модулю длине силового воздействия между этими точками. Отрицательно, если связь сжимается, и положительно, если она растягивается.

1.7.2 Примеры формулировки задач по динамике на языке решателя

При обучении решателя по данному разделу было проработано 138 задач. Приведем несколько примеров их логической формализации.

Второй закон Ньютона

1. По гладкой горизонтальной поверхности движутся два тела, связанные легкой нитью, под действием силы 10Н, приложенной к первому телу и направленной под углом 60 градусов к горизонту. Чему равна сила натяжения нити, если масса первого тела в 1.5 раза больше массы второго ?

Посылки задачи:

"движениепо(a, b, t)",

"движениепо(c, b, t)",

"гладкое(b)",

"поверхнземли(K)",

"горизповерхн(b, K, t)",

" $K = (A, B, C, D)$ ",

"одномерндвиж(a, K, t)",

"одномерндвиж(c, K, t)",

"гибкаясвязь(a, c, d, t)",

"воздействие(a, p, t)",

"сила(a, p, t) = f ",

"длина(f) = 10Н",

"крд($f, K, 2$) = 0",

" $0 \leq$ крд($f, K, 3$)",

"уголмежду(f , вектор(AB)) = $\pi/3$ ",

"масса(a) = 1.5масса(c)".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{сила}(a, c, t))$ "

Неизвестная задачи - x .

2. К одному концу нерастяжимой веревки, перекинутой через блок, подвешен груз массой 10 кг. С какой силой надо тянуть вниз за другой конец веревки, чтобы груз поднимался с ускорением 1 м/сек^2 ? Массой блока и веревки пренебречь.

Посылки задачи:

"блок(a, b, c, t)",

"поверхземли(K)",

"Неподв(a, t)",

"масса(b) = 10кг",

"висит(b, a, K, t)",

"висит(c, a, K, t)",

"масса(c) = 0",

"воздействие(c, d, t)",

"сила(c, d, t) = f ",

"вниз(f, K)",

"Ускорение(b, K, t) = w ",

"вверх(w, K)",

"длина(w) = м/сек^2 ".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{сила}(c, d, t))$ "

Неизвестная задачи - x .

3. В лифте, опускающемся с ускорением 1.3 м/сек^2 , на пружине жесткостью 595 Н/м висит груз. Найдите массу груза, если удлинение пружины равно 1 см.

Посылки задачи:

"упругсвязь(a, b, c, t)",

"внештело(a)",

"подвеска(a, b, t)",

"висит(b, a, K, t)",

"Ускорение(a, K, t) = w ",

"вниз(w, K)",

"длина(w) = 1.3 м/сек^2 ",

"удлинсвязи(c, t) = 1см",

"жесткость(c) = 595 Н/м",

"поверхземли(K)".

Условие задачи:

" $x = \text{масса}(b)$ ".

Неизвестная задачи - x .

Коэффициент трения

1. Доска массой 12 кг находится на гладкой горизонтальной плоскости. На доске лежит брусок массой 3 кг. Коэффициент трения между доской и бруском 0,2. Какую минимальную горизонтальную силу надо приложить к доске, чтобы брусок начал с нее соскальзывать?

Посылки задачи:

"движениепо(a, b, t)",

"движениепо(b, c, t)",

"поверхнземли(K)",

"горизповерхн(c, K, t)",

"гладкое(c)",

"горизповерхн(b, K, t)",

"коэффтрения(a, b) = 0.2",

"масса(b)",

"масса(a)",

"воздействие(b, d, t)",

"сила(b, d, t)",

"вправо(f, K)",

"граньскольжения(a, b, t)",

"внештело(d)",

"Скорость(b, K, t) = вектор0",

"Скорость(a, K, t) = вектор0".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(f)$ ".

Неизвестная задачи - x .

2. С вершины наклонной плоскости высотой 5м и углом наклона к горизонту 45 градусов начинает соскальзывать тело. Определите скорость тела в конце спуска, если коэффициент трения тела о плоскость 0,19.

Посылки задачи:

"движениепо(a, b, T)",

" $T = [t_1, t_2]$ ",

"неподв(b, T)",

"поверхнземли(K)",

"Скорость(a, K, t_1) = вектор0",

"Наклплоск($b, K, \pi/4, T$)",

"коэффтрения(a, b) = 0.19",

"-крд(Место(a, t_2), $K, 3$) + крд(Место(a, t_1), $K, 3$) = 5м".

Условие задачи:

" x = длина(Скорость(a, K, t_2))".

Неизвестная задачи - x .

Система из двух тел. Блоки

1. Два бруска массами 4 кг и 6 кг, связанные нитью, соскальзывают с наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол 60 градусов. Коэффициент трения между нижним бруском и плоскостью 0.15, а между верхним бруском и плоскостью 0.4. Найдите силу натяжения нити.

Посылки задачи:

"движениепо(a, c, t)",

"движениепо(b, c, t)",

"подвеска(a, b, t)",

"масса(a) = 4кг",

"масса(b) = 6кг",

"поверхземли(K)",

"Наклплоск($c, K, \pi/3, t$)",

"коэффтрения(a, c) = 0.15",

"коэффтрения(b, c) = 0.4",

"крд(Скорость(a, K, t), $K, 3$) < 0",

"Неподв(c, t)",

"вертплосксвязь(a, b, K, t)".

Условие задачи:

" x = длина(сила(a, b, t))".

Неизвестная задачи - x .

2. На концах нити, перекинутой через блок с неподвижной осью, подвешены тела массами по 0.49 кг каждое. Какова масса дополнительного груза, который надо положить на одно из тел, чтобы каждое из них прошло за 4 сек. путь 1.6м ?

Посылки задачи:

"блок(a, b, c, T)",

"поверхземли(K)",

"неподв(a, T)",

"висит(b, a, K, T)",

"висит(c, a, K, T)",

"масса(b) = 0.49кг",

"масса(c) = 0.49кг",

"лежитна(d, c, T)",

"длина(T) = 4сек",

"длина(Путь(b, T) = 1.6м",

" $T = [t_1, t_2]$ ",

"Скорость(b, K, t_1) = вектор0".

Условие задачи:

" $x = \text{масса}(d)$ ".

Неизвестная задачи - x .

Закон всемирного тяготения. Спутники

1. Два шара радиусами 20 см и 30 см соприкасаются друг с другом. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между шарами, если один из шаров отодвинуть на расстояние 100 см ?

Для упрощения формулировки шары заменены материальными точками. Это не обязательно, и во многих аналогичных ситуациях решатель самостоятельно переходит к рассмотрению центров тяжести.

Посылки задачи:

"воздействие(a, b, T)",

" $\{t_1, t_2\} \subseteq T$ ",

"силапритяжения(a, b, t_1) = f_1 ",

"силапритяжения(a, b, t_2) = f_2 ",

" $A = \text{Место}(a, t_1)$ ",

" $B = \text{Место}(a, t_2)$ ",

" $C = \text{Место}(b, t_1)$ ",

" $D = \text{Место}(b, t_2)$ ",

" $l(AC) = 50\text{см}$ ",

" $l(BD) = 150\text{см}$ ".

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(f_1)/\text{длина}(f_2)$ ".

Неизвестная задачи - x .

2. Спутник движется по круговой орбите в плоскости экватора на высоте от поверхности планеты, равной ее радиусу. Найдите линейную скорость спутника. Радиус планеты 7200км. Ускорение свободного падения на поверхности планеты $10\text{м}/\text{сек}^2$.

Посылки задачи:

"спутник(a, b, h, T)",

"радиус(b) = 7200км",

"около($p, \text{поверхнтела}(b), t$)",

" $t \in T$ ",
 "Шар(b)",
 " $h = \text{радиус}(b)$ ",
 "Неподв(b, t)",
 "притяжение(p, b, t)",
 "мточка(p)",
 "внештело(b)",
 " $\text{длина}(\text{Ускорение}(p, b, t)) = 10\text{м/сек}^2$ ".

Условие задачи:

" $x = \text{скорость}(a, t)$ ".

Неизвестная задачи - x .

Динамика движения по окружности

1. К одному концу резинового шнура прикрепили шарик массой 50г, другой его конец закрепили на горизонтальной гладкой поверхности и привели шарик во вращение по поверхности с угловой скоростью 20 1/сек. Найдите удлинение шнура, если его жесткость 100 Н/м, а первоначальная длина 40 см.

Посылки задачи:

"движениепо(a, b, T)",
 "равндвиж(a, T)",
 "поверхнземли(K)",
 "горизповерхн(b, K, T)",
 "масса(a) = 50г",
 "гладкое(b)",
 "упругсвязь(a, d, s, T)",
 "неподв(b, T)",
 "неподв(d, T)",
 " $t \in T$ ",
 " $D = \text{Место}(d, t)$ ",
 " $\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(D, E, n, p)$ ",
 "вертиканапр(n, K)",
 " $\text{углскорость}(a, T) = 20 \text{ 1/сек}$ ",
 " $\text{жесткость}(s) = 100 \text{ Н/м}$ ",
 " $\text{исхдлина}(s) = 40\text{см}$ ",
 "внештело(d)",
 "шнур(s)".

Условие задачи:

" $x = \text{удлинсвязи}(s, T)$ ".

Неизвестная задачи - x .

2. Небольшой шарик массой 250 г, прикрепленный к концу нити, равномерно вращают в вертикальной плоскости. На сколько сила натяжения нити в нижней точке траектории больше, чем в верхней?

Посылки задачи:

"равндвиж(a, T)",

"Путь(a, T) = Дуга(C, D, n, p)",

"поверхнземли(K)",

"масса(a) = 250г",

"гибкаясвязь(a, b, s, T)",

"неподв(b, T)",

"вперед(n, K)",

" $t_1 \in T$ ",

" $C = \text{Место}(b, T)$ ",

" $A = \text{Место}(a, t_1)$ ",

" $t_2 \in T$ ",

" $E = \text{Место}(a, t_2)$ ",

"вверх(вектор(CA), K)",

"вниз(вектор(CE), K)".

Условие задачи:

" $x = \text{длина(сила}(b, a, t_2)) - \text{длина(сила}(b, a, t_1))$ ".

Неизвестная задачи - x .

1.7.3 Приемы решателя, связанные с динамикой

Приемы, связанные с символом "воздействие"

Решение задачи по динамике обычно начинается с составления списков сил, действующих на рассматриваемые в задаче объекты. Эти списки формируются по итогам вывода следствий вида "воздействие(...)", перечисляющим имеющие место силовые воздействия. В данном разделе мы перечислим приемы, выводящие такие следствия. Некоторые дополнительные приемы этого типа будут приводиться также в других разделах.

1. Ввод в рассмотрение силы тяжести на поверхности планеты.

Если уже рассматривается какое-либо силовое воздействие на тело, расположенное в окрестности поверхности планеты, то дополнительно вводится в рассмотрение сила тяжести:

$\forall_{Kabt}(\text{воздействие}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{воздействие}(a, K, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражения b, K различны. Дополнительно требуется выполнение следующих требований:

- (a) Не усматривается, что масса a равна нулю.
- (b) Отсутствует посылка вида "около(a, x, t)", где x отлично от K .
- (c) Если имеется посылка вида " $a \in P$ ", причем усматривается, что P - твердое тело либо поверхность твердого тела, то выражение "масса(a)" должно уже встречаться в задаче.
- (d) Отсутствует посылка вида "внештело(a)". Отсутствует также пара посылок вида " $a \in \text{мточки}(P)$ ", "внештело(P)".
- (e) Если указано, что a - один из концов стержня, то в задаче уже рассматривается выражение "масса(a)".
- (f) Отсутствует пара посылок вида "центражести(a, P)", " $P \subseteq Q$ ", где Q - твердое тело.

Уровень срабатывания приема равен 1.

$\forall_{Kamt}(\text{масса}(a) = m \ \& \ \neg(m = 0) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{мточка}(a) \rightarrow \text{воздействие}(a, K, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(a)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "сила(d, e, t)" некоторой посылки. Третий антецедент идентифицируется с посылкой, первый - выделен указателем "идентификатор". Второй и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "Силы(a, b, c)", где либо c есть t , либо усматривается принадлежность момента t промежутку c . Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{Kamt}(0 < \text{масса}(m) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ m \in a \ \& \ \text{мточка}(m) \rightarrow \text{воздействие}(m, K, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(m)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки "Неподв(a, t)". Второй и третий антецеденты идентифицируются с посылками, первый и четвертый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{ABCpt}(\text{лежитна}(p, B, t) \ \& \ B \in A \ \& \ \text{планета}(A) \ \& \ \text{центражести}(C, A) \rightarrow \text{воздействие}(p, C, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и последний антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания приема равен 2.

$\forall_{ACpt}(\text{около}(p, \text{поверхнтела}(A), t) \ \& \ \text{планета}(A) \ \& \ \text{центражести}(C, A) \rightarrow \text{воздействие}(p, C, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ACpt}(\text{движениепо}(p, \text{Поверхнтела}(A), T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{планета}(A) \ \& \ \text{центражести}(C, A) \rightarrow \text{воздействие}(p, C, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и четвертый antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида "воздействие(p, x, t)". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{Kabcdt}(\text{центр тяжести}(a, b) \ \& \ c \in b \ \& \ \text{воздействие}(c, d, t) \ \& \ \text{поверх земли}(K) \rightarrow \text{воздействие}(a, K, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{Kta}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{вертик движ}(a, K, t) \ \& \ \text{поверх земли}(K) \rightarrow \text{воздействие}(a, K, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "бросок(a, t)". Уровень срабатывания равен 2.

2. Ввод в рассмотрение сил, действующих на блок со стороны подвешенных к нему тел.

$\forall_{abct}(\text{блок}(a, b, c, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Существует посылка вида "воздействие(a, x, y)", причем нет посылки "внештело(a)". Уровень срабатывания равен 2.

3. Ввод в рассмотрение воздействия, для которого рассматривается его величина.

$\forall_{abt}(\text{воздействие}(a, b, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контроль вывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Эта посылка должна быть исходной, т.е. не полученной при выводе следствий. Рассматриваемое подвыражение не должно быть связано внешними кванторами и описателями. Отсутствует пара посылок вида "центр тяжести(c, a)", "воздействие(c, b, t)". Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия данного приема, отличающаяся только тем, что указатель "контроль вывода" относится к подвыражению "усилие(a, b, t)".

$\forall_{abt}(\text{конст сила}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

4. Ввод в рассмотрение силы взаимодействия двух соединенных материальных точек.

$\forall_{Kabct}(a \in c \ \& \ \text{соединены}(\{a, b\}, t) \ \& \ \text{поверх земли}(K) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t) \ \& \ \text{воздействие}(b, a, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. В задаче уже встречается выражение "масса(b)", причем не в контексте равенства этой массы нулю. Имеется пара посылок вида " $d \in c$ ", "воздействие(d, e, t)". Отсутствует посылка вида " $b \in x$ ". Уровень срабатывания равен 2.

5. Ввод в рассмотрение сил, действующих между телами, соединенными гибкой связью.

$$\forall_{abct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка "внештело(a)". Уровень срабатывания равен 1.

6. Ввод в рассмотрение сил, действующих между телами, соединенными твердой связью.

$$\forall_{abct}(\text{твердаясвязь}(a, b, c, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Существует посылка вида "воздействие(a, x, t)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abct}(\text{твердаясвязь}(a, b, c, t) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Существует посылка вида "воздействие(b, x, t)". Уровень срабатывания равен 2.

7. Ввод в рассмотрение силы противодействия для концов стержня.

$$\forall_{abct}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ \text{воздействие}(b, c, t) \rightarrow \text{воздействие}(c, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменные b, c во втором антецеденте идентифицируются в произвольном порядке. Уровень срабатывания равен 2.

8. Ввод в рассмотрение силы воздействия поверхности на движущийся по ней объект.

$$\forall_{abt}(\text{движениепо}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

9. Ввод в рассмотрение силы воздействия движущегося объекта на поверхность.

$$\forall_{abt}(\text{движениепо}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Существует посылка вида "воздействие(b, x, y)". Уровень срабатывания равен 1.

10. Ввод в рассмотрение силы взаимодействия между двумя материальными точками, одна из которых лежит на другой.

$$\forall_{abt}(\text{лежит}(a, b, t) \ \& \ \text{мточка}(b) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abt}(\text{лежит}(a, b, t) \ \& \ \text{мточка}(b) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$$

Аналогично предыдущему, но дополнительно требуется, чтобы имелась посылка вида " $b \in c$ ", а про объект c усматривалось, что он является планетой.

$\forall_{Tabt}(\text{лежитна}(a, b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{мточка}(b) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$

Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{Tabt}(\text{лежитна}(a, b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{мточка}(b) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$

Аналогично предыдущему, но дополнительно требуется, чтобы имелась посылка вида " $b \in c$ ", а про объект c усматривалось, что он является планетой.

11. Ввод в рассмотрение воздействия среды на тело.

$\forall_{abt}(\text{движениев}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение " $\text{сила}(a, b, t)$ " уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

12. Ввод в рассмотрение силы, действующей на точку вращения.

$\forall_{abct}(\text{точкавращения}(a, b, c, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, c, t))$

Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Существует посылка вида " $\text{воздействие}(\dots)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{abct}(\text{точкавращения}(a, b, c, t) \rightarrow \text{воздействие}(c, a, t))$

Аналогично предыдущему, но дополнительно проверяется отсутствие посылки " $\text{внештело}(c)$ ", а также пары посылок " $c \in x, \text{внештело}(x)$ ".

13. Ввод в рассмотрение силы, действующей на выделенную точку невесомого твердого тела со стороны точки вращения.

$\forall_{abdpqt}(\text{точкавращения}(d, a, p, t) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ b \in a \ \& \ \text{невесомвнутри}(a) \ \& \ \text{воздействие}(b, q, t) \rightarrow \text{воздействие}(b, d, t))$

$\forall_{abdpqt}(\text{точкавращения}(d, a, p, t) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ b \in a \ \& \ \text{невесомвнутри}(a) \ \& \ \text{воздействие}(b, q, t) \rightarrow \text{воздействие}(d, b, t))$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $\text{Неподв}(b, t)$ ". Выражение d отлично от выражений b, q . Уровень срабатывания равен 2.

14. Ввод в рассмотрение воздействия стенок полого цилиндра на его содержимое.

$\forall_{ABCabpqt}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ B = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), C, p, q) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t) \ \& \ \text{сила}(b, a, t) \perp \text{Напрвект}(A))$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме первого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Либо имеется посылка " $\text{Неподв}(b, t)$ ", либо имеется посылка вида " $\text{относительнеподв}(b, x, t)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

15. Отнесение силового воздействия к текущей точке поверхности.

$\forall_{ACTat}(\text{движениепо}(a, \text{Поверхнтела}(A), T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{текместо}(a, \text{Поверхнтела}(A), t) = C \rightarrow \text{воздействие}(a, \text{Поверхнтела}(A), t) \leftrightarrow \text{воздействие}(a, C, t))$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый и третий antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

16. Отнесение массы тела к его материальной точке.

$$\forall_{ABct}(\text{воздействие}(B, c, t) \ \& \ B \in \text{поверхнтела}(A) \rightarrow \text{масса}(B) = \text{масса}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная A идентифицируется с переменной. Эта переменная встречается в других посылках только в качестве операнда при символах "Шар", "объем", "вещество", "диск", "пластина", "стержень". Уровень срабатывания равен 2.

17. Разделение воздействий в случае составной поверхности.

$$\forall_{Tabn}(l(b) = n \rightarrow \text{воздействие}(a, \text{мповерхн}(\{; b\}), T) \leftrightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{воздействие}(a, b(i), T)))$$

Напомним, что " $\text{мповерхн}(A)$ " - материальная ориентированная поверхность, образованная множеством A непересекающихся друг с другом ориентированных материальных поверхностей. Геометрические положения точек этих поверхностей в отдельные моменты могут совпадать.

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Выражение b имеет заголовок "набор". Antecedent выделен указателем "идентификатор". Указатель "развертка" определяет выписывание заменяющего квантора общности как конъюнкции. Уровень срабатывания приема равен 2.

18. Воздействие в подинтервал времени.

$$\forall_{Tabt}(P \subseteq T \ \& \ \text{воздействие}(a, b, T) \ \& \ \text{движется}(a, c, P) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй и третий antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - обрабатывается проверочным оператором. Переменная P идентифицируется с переменной. Выражения P, T различны. Уровень срабатывания равен 1.

19. Воздействие на двух промежутках времени.

$$\forall_{STab}(\text{воздействие}(a, b, T \cup S) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

20. Воздействие в заданный момент промежутка.

$$\forall_{Tabt}(t \in T \ \& \ \text{воздействие}(a, b, T) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{воздействие}(a, x, t)$ " в посылке задачи на исследование. Второй antecedent идентифицируется с посылкой, причем выражения t, T различны. Первый antecedent обрабатывается проверочным оператором. Предварительно проверяется, что либо T имеет заголовок "промежуток", либо существует посылка, имеющая вид равенства T промежутку, либо имеется посылка, имеющая вид принадлежности множеству T . Отсутствует посылка вида " $\text{исклвоздействие}(a, b, t)$ ", означающая, что силовое

воздействие объекта b на объект a в момент t может не учитываться. Уровень срабатывания равен 1. Созданы еще несколько версий данного приема. Вторая версия, срабатывающая тоже на уровне 1, не имеет указателя "контрольвывода". Оба ее антецедента идентифицируются с посылками, причем проверяется наличие посылки вида "воздействие(x, y, t)". Третья версия аналогична второй, но проверяется наличие посылки "центркрив(a, x, t)". В четвертой версии имеется указатель "контекст", определяющий дополнительную идентификацию посылки "воздействие(a, x, t)". При этом второй антецедент идентифицируется с посылкой, и в нем выбрана точка привязки. Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Пятая версия отличается от четвертой лишь тем, что указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Сила(a, t)".

$$\forall T_{abt}(t \in T \ \& \ \text{воздействие}(a, b, T) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall T_{abpt}(T = [t, p] \ \& \ \text{воздействие}(a, b, T) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, p))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует такая посылка вида "воздействие(a, x, p)", для которой не было бы посылки вида "воздействие(a, x, T)". Выражение "Сила(a, p)" не встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall T_{abpt}(T = [t, p] \ \& \ \text{воздействие}(a, b, T) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует такая посылка вида "воздействие(a, x, t)" либо "воздействие(a, x, p)", для которой не было бы посылки вида "воздействие(a, x, T)". Выражение "Сила(a, t)" не встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "Силы"

После того, как сработали все приемы, выявляющие рассматриваемые в задаче силовые воздействия, составляются итоговые списки сил, действующих на объекты. Множество b всех объектов, действующих в момент либо отрезок времени t на объект a , определяется посылкой "Силы(a, b, t)". В этом подразделе мы приведем приемы, выводящие такие утверждения, а также приемы, выводящие различные общие следствия о характере движения на основе найденного списка сил.

1. Составление списка всех объектов, воздействующих на тело.

$$\forall abnt(\forall i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{воздействие}(a, b(i), t)) \rightarrow \text{Силы}(a, \{; b\}, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "воздействие(a, x, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "развертка" определяет идентификацию квантора общности в антецеденте с конъюнкцией всех посылок вида "воздействие(a, y, t)". При этом функциональная переменная b идентифицируется с термом "набор", перечисляющим все воздействующие на a объекты.

Прием срабатывает на уровнях 3 и 5. Дополнительно проверяется выполнение следующих требований:

- (a) Отсутствует посылка вида "Силы(a, c, t)".
- (b) Если в задаче встречается посылка, имеющая вид квантора общности, в которой встречается хотя бы один из символов "воздействие", "тормозит", "тянет", то уровень срабатывания равен 5.
- (c) Отсутствует такая посылка "воздействие(c, a, t)", для которой отсутствовала бы посылка "воздействие(a, c, t)".
- (d) Отсутствует посылка вида "внештело(a)".
- (e) Отсутствует такая посылка вида "воздействие(a, c, d)", для которой усматривалась бы принадлежность d промежутку t .
- (f) Отсутствует такая посылка вида "воздействие(a, c, d)", что выражения c и t различны, причем усматривается включение промежутка в промежуток t .
- (g) Если имеется пара посылок "центр тяжести(a, c)", "поршень(c, d, t)", то уровень срабатывания равен 5.

2. Усмотрение равноускоренного движения.

\forall_{KSTab} (движениепо(a, b, T) & горизповерхн(b, K, T) & неподв(b, T) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, K\}, S$) & движется(a, K, S) & $S \subseteq T \rightarrow$ Равноускоренное(a, K, S))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме третьего и седьмого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки в этом и последующих приемах данного подраздела выбирается по символу "Силы". Третий и седьмой antecedentes обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "Равндвиж(a, T)". Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{KTabcprq}$ (движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, c, T) & неподв(b, T) & поверхнземли(K) & $T = [p, q]$ & Силы($a, \{b, K\}, T$) \rightarrow Равноускоренное(a, K, T))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме третьего, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedent обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "Равндвиж(a, T)". Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{KTab} (Силы(a, b, T) & констСила(a, \emptyset, T) & поверхнземли(K) \rightarrow Равноускоренное(a, K, T))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме второго, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй antecedent обрабатывается проверочным оператором. Усматривается, что T есть временной промежуток. Отсутствует посылка вида "Равндвиж(a, T)". Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{KTabn} ($l(b) = n$ & Силы($a, \{b; \}, T$) & $\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow$ констсила($a, b(i), T$)) & прямоорд(K) \rightarrow Равноускоренное(a, K, T))

Прием имеет заголовок "вывод". Второй и четвертый antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение b имеет заголовок

"набор". Первый антецедент выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Усматривается, что T есть временной промежуток. Отсутствует посылка вида "Равндвиж(a, T)". Уровень срабатывания равен 2.

3. Усмотрение равномерного движения по гладкой горизонтальной поверхности.

$$\forall_{KSTabpq}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, S) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ T \subseteq S \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{гладкое}(b) \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \rightarrow \text{Равндвиж}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "попадание(a, c, R)" либо "попадание(c, a, R)", такая, что усматривается пересечение временных промежутков T, R . Такие посылки означают, что в течение малого промежутка времени R материальные точки a, c сталкиваются, а их скорости оказываются равны. Отсутствует также посылка вида " $a \in A$ ". Уровень срабатывания приема равен 2.

4. Усмотрение движения по вертикали.

$$\forall_{KTabnp}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{b\}, T) \ \& \ p \in T \ \& \ \text{Равноускоренное}(a, K, T) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вертиканапр}(\text{сила}(a, b(i), T), K)) \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 1) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 2) = 0 \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{вертикдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй, четвертый и восьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Скорость(a, K, p)" некоторой посылки. Первый, шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор". Третий и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение b имеет заголовок "набор". Усматривается, что T есть временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

5. Усмотрение движения в вертикальной плоскости.

$$\forall_{KSTabcprq}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, S) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 2) = 0 \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \ \& \ T \subseteq S \rightarrow \text{вертплоскдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, пятого и восьмого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки "Скорость(a, K, p)". Пятый антецедент выделен указателем "идентификатор", третий и восьмой - обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "Равндвиж(a, T)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Kabcdnt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, t) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 2) = 0 \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, K; d\}, t) \ \& \ l(d) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вертплосквект}(\text{сила}(a, d(i), t), K)) \rightarrow \text{вертплосквект}(\text{Ускорение}(a, K, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование.

Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки "Ускорение(a, K, t)". Третий и восьмой antecedentes обрабатываются проверочными операторами, четвертый и седьмой - выделены указателем "идентификатор". Выражение "Скорость(a, K, t)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} \text{Tabnst}(\text{Силы}(a, \{b\}, T) \& T = [s, t] \& \text{Скорость}(a, K, s) = \text{вектор}0 \& \text{поверхнземли}(K) \& l(b) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вертплосквект}(\text{сила}(a, b(i), T), K)) \rightarrow \text{вертплоскдвиж}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой antecedent выделен указателем "идентификатор", седьмой - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCKT} \text{Tabdnst}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, T) \& \text{неподв}(b, T) \& t \in T \& \text{Место}(b, T) = B \& \text{Место}(a, t) = A \& s \in T \& \text{Место}(a, s) = C \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{вертплосквект}(\text{вектор}(BA), K) \& \text{вертплосквект}(\text{Скорость}(a, K, t), K) \& \text{Силы}(a, \{b; d\}, T) \& l(d) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вертплосквект}(\text{сила}(a, d(i), T), K)) \rightarrow \text{вертплосквект}(\text{вектор}(BC), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedenta, пятый, седьмой и восьмой antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и двенадцатый antecedenty выделены указателем "идентификатор". Остальные antecedenty обрабатываются проверочными операторами. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 4.

6. Усмотрение движения вправо.

$$\forall_{ABCKT} \text{Tabcdnst}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, T) \& \text{неподв}(b, T) \& t \in T \& \text{Место}(b, T) = B \& \text{Место}(a, t) = A \& s \in T \& \text{Место}(a, s) = C \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{вниз}(\text{вектор}(BA), K) \& \text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0 \& \text{Силы}(a, \{b; d\}, T) \& l(d) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{праввект}(\text{сила}(a, d(i), T), K)) \& 0 \leq s - t \rightarrow 0 \leq \text{крд}(C, K, 1) - \text{крд}(A, K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedenta, пятый antecedent, седьмой и восьмой, а также десятый и одиннадцатый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и двенадцатый antecedenty выделены указателем "идентификатор". Остальные antecedenty обрабатываются проверочными операторами. Выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 4.

7. Усмотрение силы, лежащей в вертикальной плоскости.

$$\forall_{Kabcnt}(\text{Силы}(a, \{b, K\}, t) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{Скорость}(a, b, t) = \text{вектор}0 \& \text{Силы}(b, \{a; c\}, t) \& l(c) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(b, c(i), t), K, 2) = 0) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 2) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedenta и четвертый antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные antecedenty выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

8. Усмотрение вертикальной силы.

$$\forall_{Kabcnt}(\text{Силы}(a, \{b; c\}, t) \& l(c) = n \& \text{вертикалнпр}(\text{Ускорение}(a, K, t), K) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вертикалнпр}(\text{сила}(a, c(i), t), K)) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{вертикалнпр}(\text{сила}(a, b, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Третий и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение "длина(сила(a, b, t))" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

9. Равенство нулю горизонтальной составляющей суммы сил при вертикальном ускорении.

$$\forall_{ABCDKabc}(\text{поверхнземли}(K) \& \text{Силы}(a, \{b, c, K\}, t) \& \text{вертикалнпр}(\text{Ускорение}(a, K, t), K) \& K = (A, B, C, D) \rightarrow \sin(\text{уголмежду}(\text{вектор}(AD), \text{сила}(a, b, t)))\text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = \sin(\text{уголмежду}(\text{вектор}(AD), \text{сила}(a, c, t)))\text{длина}(\text{сила}(a, c, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "уголмежду(вектор(AD) сила(a, b, t))" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

10. Движение по горизонтальной поверхности под действием единственной внешней силы.

- (а) Направление ускорения.

$$\forall_{KTabcprq}(\text{движениепо}(a, b, T) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{Силы}(a, \{b, c, K\}) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{движется}(a, K, T) \& \text{констсила}(a, c, T) \& T = [p, q] \& \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \& \text{вертплосквект}(\text{сила}(a, c, T), K) \& 0 \leq \text{крд}(\text{сила}(a, c, T), K, 1) \rightarrow \text{Равноускоренное}(a, K, T) \& 0 < \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, 1) \& \text{движвправо}(a, K, T))$$

$$\forall_{KTabcprq}(\text{движениепо}(a, b, T) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{Силы}(a, \{b, c, K\}) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{движется}(a, K, T) \& \text{констсила}(a, c, T) \& T = [p, q] \& \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \& \text{вертплосквект}(\text{сила}(a, c, T), K) \& \text{крд}(\text{сила}(a, c, T), K, 1) \leq 0 \rightarrow \text{Равноускоренное}(a, K, T) \& \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, T), K, 1) < 0 \& \text{движвлево}(a, K, T))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые два антецедента, антецеденты с четвертого по шестой, а также восьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Девятый антецедент выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Kabc}(\text{движениепо}(a, b, t) \& \text{горизповерхн}(b, K, t) \& \text{Неподв}(b, t) \& \text{Силы}(a, \{b, c, K\}) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0 \& \text{вертплосквект}(\text{сила}(a, c, t), K) \& 0 \leq \text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 1) \rightarrow 0 \leq \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, 1) \& \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, 2) = 0)$$

\forall_{Kabct} (движениепо(a, b, t) & горизповерхн(b, K, t) & Неподв(b, t) & Силы($a, \{b, c, K\}$) & поверхнземли(K) & Скорость(a, K, t) = вектор0 & вертплосквект(сила(a, c, t), K) & крд(сила(a, c, t), $K, 1$) $\leq 0 \rightarrow$ крд(Ускорение(a, K, t), $K, 1$) ≤ 0 & крд(Ускорение(a, K, t), $K, 2$) = 0)

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также четвертый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "Ускорение(a, K, t)" встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

(b) Направление силы трения вдоль оси абсцисс.

$\forall_{Kabcprt}$ (движениепо(a, b, t) & горизповерхн(b, K, t) & Неподв(b, t) & Силы($a, \{b, c, K\}$) & поверхнземли(K) & Скорость(a, K, t) = вектор0 & вертплосквект(сила(a, c, t), K) & $0 \leq$ крд(сила(a, c, t), $K, 1$) \rightarrow длина(силатрения(a, b, t)) = -крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента, а также четвертый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{Kabcprt}$ (движениепо(a, b, t) & горизповерхн(b, K, t) & Неподв(b, t) & Силы($a, \{b, c, K\}$) & поверхнземли(K) & Скорость(a, K, t) = вектор0 & вертплосквект(сила(a, c, t), K) & крд(сила(a, c, t), $K, 1$) $\leq 0 \rightarrow$ длина(силатрения(a, b, t)) = крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$))

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 6.

\forall_{KTabc} (движениепо(a, b, T) & горизповерхн(b, K, T) & неподв(b, T) & Силы($a, \{b, c, K\}$) & поверхнземли(K) & крд(сила(a, c, T), $K, 2$) = 0 & Сила(a, T) = вектор0 \rightarrow крд(силатрения(a, b, T), $K, 2$) = 0)

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего и шестого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в седьмом антецеденте. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, шестой - выделен указателем "идентификатор". Выражение "длина(силатрения(a, b, T))" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{Kabcdt} (движениепо(a, b, t) & движениепо(b, c, t) & горизповерхн(c, K, t) & горизповерхн(b, K, t) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, K\}, t$) & Силы($b, \{a, c, d, K\}, t$) & вправо(сила(b, d, t), K) & Неподв(c, t) & неподв(a, t) & неподв(b, t) \rightarrow длина(силатрения(a, b, t)) = крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$) & длина(силатрения(b, c, t)) = -крд(силатрения(b, c, t), $K, 1$))

\forall_{Kabcdt} (движениепо(a, b, t) & движениепо(b, c, t) & горизповерхн(c, K, t) & горизповерхн(b, K, t) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, d, K\}, t$) & Силы($b, \{a, c, K\}, t$) & вправо(сила(a, d, t), K) & Неподв(c, t) & неподв(a, t) & неподв(b, t) \rightarrow

длина(силатрения(a, b, t)) = -крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$) &
длина(силатрения(b, c, t)) = -крд(силатрения(b, c, t), $K, 1$))

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Первые семь антецедентов идентифицируются с послылками, последние четыре - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

(с) Величина силы трения.

\forall_{abkt} (движениепо(a, b, t) & коэффтрения(a, b) = k & горизповерхн(b, K, t) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, c, K\}, t$) & $p = \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3)$ & $q = \text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 1)$ & $|q| - kp < 0 \rightarrow$
длина(силатрения(a, b, t)) = $|q|$)

\forall_{abkt} (движениепо(a, b, t) & коэффтрения(a, b) = k & горизповерхн(b, K, t) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, c, K\}, t$) & $p = \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3)$ & $q = \text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 1)$ & $0 \leq |q| - kp \rightarrow$
длина(силатрения(a, b, t)) = $k \cdot \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t))$)

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "коэффтрения(a, b)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент, а также антецеденты с третьего по пятый идентифицируются с послылками. Второй, шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", восьмой - обрабатывается проверочным оператором. Выражение k не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 5.

11. Движение по составной горизонтальной плоскости.

(а) Усмотрение прямолинейного движения по составной поверхности.

\forall_{KTabc} (Силы($d, \{b, c, K\}, T$) & поверхнземли(K) & горизповерхн(b, K, T) & поступатдвижение(a, T) & центряжести(d, a) & неподв(b, T) & неподв(c, T) \rightarrow прямлинить(Путь(d, T)))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с послылками задачи на исследование, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 2.

(b) Нормальная реакция при движении тела по составной поверхности.

$\forall_{KTabcdt}$ (движениепо(a, b, T) & движениепо(a, c, T) & пластина(a) & горизповерхн(b, K, T) & горизповерхн(c, K, T) & центряжести(d, a) & $t \in T$ & поверхнземли(K) & Силы($d, \{b, c, K\}, t$) \rightarrow
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(d, b, t), K, 3)S(\text{общиточки}(a, c, t)) =$
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(d, c, t), K, 3)S(\text{общиточки}(a, b, t))$)

$\forall_{KTabcdt}$ (движениепо(a, b, T) & движениепо(a, c, T) & стержень(a) & горизповерхн(b, K, T) & горизповерхн(c, K, T) & центряжести(d, a) & $t \in T$ & поверхнземли(K) & Силы($d, \{b, c, K\}, t$) \rightarrow
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(d, b, t), K, 3)\text{длина}(\text{общиточки}(a, c, t)) =$
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(d, c, t), K, 3)\text{длина}(\text{общиточки}(a, b, t))$)

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "нормреакция(d, b, t)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме седьмого, идентифицируются с послылками. Выражения b, c различны. Седьмой antecedent обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

- (с) Усмотрение направления прямолинейного движения по направлению скорости в отдельный момент.

$$\forall_{KTabcprq}(\text{Силы}(a, \{b, c, K\}, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& \text{горизповерхн}(c, K, T) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{неподв}(c, T) \& T = [p, q] \& \text{вправо}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \& \text{движется}(a, K, T) \rightarrow \text{движвправо}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме пятого, шестого и восьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом antecedente. Уровень срабатывания равен 2.

12. Движение по наклонной плоскости при отсутствии внешних сил.

- (а) Координаты силы трения.

$$\forall_{KTabckt}(\text{движениепо}(a, b, t) \& \text{Наклплоск}(b, K, c, t) \& \text{коэффтрения}(a, b) = k \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \& \sin c - k \cos c \leq 0 \& \text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 1) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) \sin c \cos c \& \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 2) = 0 \& \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t))(\sin c)^2)$$

$$\forall_{KTabckt}(\text{движениепо}(a, b, t) \& \text{Наклплоск}(b, K, c, t) \& \text{коэффтрения}(a, b) = k \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \& 0 \leq \sin c - k \cos c \& \text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 1) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) \cdot k \cdot \text{sg}(c) \cdot (\cos c)^2 \& \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 2) = 0 \& \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) \cdot k \cdot |\sin c| \cos c)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые два antecedента, а также четвертый и пятый antecedенты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Шестой antecedent обрабатывается проверочным оператором, третий и седьмой - выделены указателем "идентификатор". Выражение "коэффтрения(a, b)" уже встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KSTabckprq}(\text{движениепо}(a, b, T) \& \text{Наклплоск}(b, K, c, S) \& T = [p, q] \& \text{коэффтрения}(a, b) = k \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \& \sin c - k \cos c \leq 0 \& \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \& T \subseteq S \rightarrow \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, T), K, 1) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, T)) \sin c \cos c \& \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 2) = 0 \& \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t))(\sin c)^2)$$

$$\forall_{KSTabckprq}(\text{движениепо}(a, b, T) \& \text{Наклплоск}(b, K, c, S) \& T = [p, q] \& \text{коэффтрения}(a, b) = k \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \&$$

$0 \leq \sin c - k \cos c$ & Скорость(a, K, p) = вектор 0 & $T \subseteq S \rightarrow$
 крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$) = длина(сила(a, K, t)) $\cdot k \cdot \operatorname{sg}(c) \cdot (\cos c)^2$ &
 крд(силатрения(a, b, t), $K, 2$) = 0 &
 крд(силатрения(a, b, t), $K, 3$) = длина(сила(a, K, t)) $\cdot k \cdot |\sin c| \cos c$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и восьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", седьмой и девятый - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "коэффтрения(a, b)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

(b) Координаты нормальной реакции.

\forall_{Kabct} (движениепо(a, b, t) & Наклплоск(b, K, c, t) & Силы($a, \{b, K\}, t$) &
 Неподв(b, t) & поверхнземли(K) \rightarrow
 крд(нормреакция(a, b, t), $K, 1$) = $-$ длина(сила(a, K, t)) $\sin c \cos c$ &
 крд(нормреакция(a, b, t), $K, 3$) = длина(сила(a, K, t)) $(\cos c)^2$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Не усматривается, что t - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{Kabcst} (движениепо(a, b, t) & Наклплоск(b, K, c, s) & Силы($a, \{b, K\}, t$) &
 неподв(b, t) & поверхнземли(K) & $t \subseteq s \rightarrow$
 крд(нормреакция(a, b, t), $K, 1$) = $-$ длина(сила(a, K, t)) $\sin c \cos c$ &
 крд(нормреакция(a, b, t), $K, 3$) = длина(сила(a, K, t)) $(\cos c)^2$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Усматривается, что t - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

(c) Усмотрение подъема либо спуска.

$\forall_{KSTabcmprq}$ (движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, m, S) & $T \subseteq S$ &
 крд(Скорость(a, K, p), $K, 3$) = c & $0 < c$ & $T = [p, q]$ & движется(a, K, T) &
 поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, K\}, T$) & вертплоскдвиж(a, K, T) \rightarrow
 поднимается(a, K, T)

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего и пятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в четвертом из них. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{KSTabcmprq}$ (движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, m, S) & $T \subseteq S$ &
 $T = [p, q]$ & $0 < \text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3)$ &
 движется(a, K, T) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, K\}, T$) &
 вертплоскдвиж(a, K, T) \rightarrow поднимается(a, K, T)

$\forall_{KSTabcmpq}$ (движение по (a, b, T) & Наклплоск (b, K, m, S) & $T \subseteq S$ & $T = [p, q]$ & $\text{крд}(\text{Место}(a, q), K, 3) - \text{крд}(\text{Место}(a, p), K, 3) < 0$ & движется (a, K, T) & поверхность земли (K) & Силы $(a, \{b, K\}, T)$ & вертикаль движ $(a, K, T) \rightarrow$ спускается (a, K, T))

Аналогично предыдущему, но точка привязки выбрана в восьмом antecedente.

13. Движение по наклонной плоскости с единственной внешней силой.

(а) Координаты нормальной реакции.

$\forall_{Kabcdst}$ (движение по (a, b, t) & Наклплоск (b, K, c, s) & Силы $(a, \{b, d, K\}, t)$ & неподв (b, t) & поверхность земли (K) & $t \subseteq s$ & тянет $(d, a, t) \rightarrow$
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 1) = -\text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) \sin c \cos c$ &
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) (\cos c)^2$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция (a, b, t) " в послылке задачи на исследование. Все antecedенты, кроме четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками. Усматривается, что t - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{Kabcpt} (движение по (a, b, t) & Наклплоск (b, K, c, t) & Силы $(a, \{b, p, K\}, t)$ & неподв (b, t) & тянет (a, p, t) & поверхность земли $(K) \rightarrow$
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 1) = -\text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) \sin c \cos c$ &
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) (\cos c)^2$)

Аналогично предыдущему, но проверочным оператором обрабатывается только четвертый antecedent.

\forall_{Kabcpt} (движение по (a, b, t) & Наклплоск (b, K, c, t) & Силы $(a, \{b, p, K\}, t)$ & Неподв (b, t) & поверхность земли $(K) \rightarrow$
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 1) = \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 3) \sin c \cos c -$
 $\text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) \sin c \cos c - \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 1) (\sin c)^2$ &
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) (\cos c)^2 -$
 $\text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 3) (\cos c)^2 + \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 1) \sin c \cos c$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция (a, b, t) " в послылке задачи на исследование. Все antecedенты, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками. Не усматривается, что t - промежуток времени. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{Kabcprt}$ (движение по (a, b, t) & Наклплоск (b, K, c, t) & движение по (q, b, t) & Силы $(a, \{b, p, q, K\}, t)$ & Неподв (b, t) & поверхность земли $(K) \rightarrow$
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 1) = \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 3) \sin c \cos c -$
 $\text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) \sin c \cos c - \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 1) (\sin c)^2$ &
 $\text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) (\cos c)^2 -$
 $\text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 3) (\cos c)^2 + \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 1) \sin c \cos c$)

Аналогично предыдущему, но проверочным оператором обрабатывается пятый антецедент. Заметим, что хотя на тело здесь действуют две внешние силы, но одна из них никак не влияет на величину нормальной реакции.

$$\begin{aligned} & \forall_{KTabcpr} (\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, T) \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, p, K\}, T) \\ & \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{констсила}(a, p, T) \rightarrow \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, T), K, 1) = \text{крд}(\text{сила}(a, p, T), K, 3) \sin c \cos c - \\ & \text{длина}(\text{сила}(a, K, T)) \sin c \cos c - \text{крд}(\text{сила}(a, p, T), K, 1) (\sin c)^2 \ \& \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, T), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, T)) (\cos c)^2 - \\ & \text{крд}(\text{сила}(a, p, T), K, 3) (\cos c)^2 + \text{крд}(\text{сила}(a, p, T), K, 1) \sin c \cos c \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Усматривается, что T - промежуток времени. Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{KTabcpt} (\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, T) \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, p, K\}, t) \\ & \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ t \in T \rightarrow \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 1) = \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 3) \sin c \cos c - \\ & \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) \sin c \cos c - \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 1) (\sin c)^2 \ \& \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t)) (\cos c)^2 - \\ & \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 3) (\cos c)^2 + \text{крд}(\text{сила}(a, p, t), K, 1) \sin c \cos c \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к выражению "нормреакция(a, b, t)".

(b) Усмотрение постоянной силы.

$$\begin{aligned} & \forall_{KTabcpr} (\text{Силы}(a, \{b, c, K\}, T) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, p, T) \\ & \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{Равноускоренное}(a, K, T) \rightarrow \\ & \text{констсила}(a, c, T) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{KTabcpr} (\text{Силы}(a, \{b, c, K\}, T) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, p, T) \\ & \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{Равндвиж}(a, T) \rightarrow \text{констсила}(a, c, T) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \forall_{KTabcpr} (\text{Силы}(a, \{b, c, K\}, T) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, p, T) \\ & \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{Равндвиж}(a, T) \rightarrow \text{констсила}(a, b, T) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "Сила"

1. Второй закон Ньютона.

$$\begin{aligned} & \forall_{Kabit} (\text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \\ & \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, i) \text{масса}(a) = \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, i) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Ускорение(a, K, t),

$K, i)$ " в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида " $a \in x$ ". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на том же уровне. У нее указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "крд(Скорость(a, K, t), K, i)".

$$\forall_{KTabis}(\text{Силы}(a, \{; b\}, T) \& \text{прямоорд}(K) \& s \in T \& \text{Равноускоренное}(a, K, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, i) \text{масса}(a) = \text{крд}(\text{Сила}(a, T), K, i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Скорость(a, K, s), K, i)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "соударение(x, T)", для которой параметры выражений x и a пересекались бы. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTabit}(\text{Силы}(a, \{; b\}, T) \& \text{прямоорд}(K) \& t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, i) \text{масса}(a) = \text{крд}(\text{Сила}(a, T), K, i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Ускорение(a, K, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, имеющая тот же уровень срабатывания. Ее указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "крд(Скорость(a, K, t), K, i)". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Ускорение(a, K, x) K, i " некоторой посылки. Отсутствуют посылки вида "Равноускоренное(a, K, T)" и "отскок(a, y, T)".

$$\forall_{Kabit}(\text{Силы}(a, \{; b\}, t) \& \text{прямоорд}(K) \& i \in \{1, \dots, 3\} \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, i) \text{масса}(a) = \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "программа". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Ускорение(a, K, t)" некоторой посылки. В некоторой посылке имеется подвыражение вида "уголмежду(сила(a, x, t), y). Уровень срабатывания приема равен 3.

$$\forall_{KTab}(\text{Сила}(a, T) = b \& \text{Равноускоренное}(a, K, T) \& \neg(\text{масса}(a) = 0) \rightarrow \text{Ускорение}(a, K, T) = (1/\text{масса}(a)) \cdot b)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Выражение b не содержит символов "сила", "Сила". Выражение вида "Скорость(a, K, x)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Kabt}(\text{Силы}(a, \{b\}, t) \& \text{Неподв}(K, t) \rightarrow \text{длина}(\text{Ускорение}(a, K, t)) \text{масса}(a) = \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Ускорение(a, K, t))" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Либо выражение "сила(a, b, t)", либо выражение "притяжение(a, b, t)" уже встречается в послылках. Уровни срабатывания равны 3 и 4. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 5. В ней последнее требование отброшено.

$$\forall_{Kabt}(\text{Силы}(a, \{b\}, t) \ \& \ \text{центртяжести}(b, c) \ \& \ \text{планета}(c) \rightarrow \text{длина}(\text{Ускорение}(a, c, t))\text{масса}(a) = \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Ускорение(a, c, t)))" в послылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровни срабатывания равны 3 и 4.

$$\forall_{Kabit}(\text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, i)\text{масса}(a) = \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(a, c, t), K, i)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Выражение "Ускорение(a, K, t)" уже встречается в задаче. Если имеется послылка вида "одномерндвиж(a, K, t)", то $i = 1$. Если имеется послылка вида "вертплоскдвиж(a, K, t)", то $i \neq 2$. Отсутствует послылка вида " $a \in X$ ". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Kat}(\text{Неподв}(K, t) \rightarrow \text{длина}(\text{Ускорение}(a, K, t))\text{масса}(a) = \text{длина}(\text{Сила}(a, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Ускорение(a, K, t))" в послылке задачи на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 6.

$$\forall_{KTab}(\text{Силы}(a, \{; b\}, T) \ \& \ \text{Равноускоренное}(a, K, T) \rightarrow \text{масса}(a)\text{Ускорение}(a, K, T) = \text{Сила}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Выражение вида "Скорость(a, K, x)" уже встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 6.

2. Сумма сил, действующих на равномерно движущееся тело, равна нулю.

$$\forall_{Kat}(\text{Ускорение}(a, K, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{Силы}(a, b, t) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \rightarrow \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Отсутствуют такие посылки " $a \in d$ ", " $c \in d$ ", " $\text{воздействие}(c, e, t)$ ", что c не равно a и отсутствует посылка вида " $\text{воздействие}(a, c, t)$ ". Отсутствует пара посылок вида " $a \in d$ ", " $\text{центр тяжести}(c, d)$ ". Если b - одноэлементный список, то отсутствует посылка вида " $a \in d$ ". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{Силы}(a, b, t) \ \& \ \text{Равндвиж}(a, t) \rightarrow \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Имеется посылка вида " $\text{движениепо}(a, d, t)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabt}(\text{Силы}(a, b, t) \ \& \ \text{Равндвиж}(a, t) \ \& \ \text{одномерндвиж}(a, K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 1) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tab}(\text{Силы}(a, b, T) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \rightarrow \text{Сила}(a, T) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Имеется посылка вида " $T = [p, q]$ ". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabt}(\text{Силы}(a, b, T) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки находится в первом из них. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabt}(\text{Силы}(a, b, t) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Аналогично предыдущему. Дополнительно требуется наличие посылки вида " $T = [p, q]$ ". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTab}(\text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ \text{вертиканапр}(\text{Скорость}(a, K, T), K) \ \& \ \text{Неподв}(K, T) \ \& \ \text{Силы}(a, b, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, T), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и третьего, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение вида " $\text{Сила}(a, x)$ " пока не встречается в задаче. Отсутствуют такие посылки " $\text{центр тяжести}(a, d)$ ", " $\text{принадлежит}(c, d)$ ", " $\text{воздействие}(c, p, t)$ ", что c отлично от a и при этом отсутствует посылка " $\text{воздействие}(a, c, t)$ ". Отсутствует также группа посылок вида " $\text{центр тяжести}(a, d)$ ", " $\text{вниз}(\text{Скорость}(a, K, T))$ ", " $\text{плавает}(d, p, T)$ ", " $T = [x, y]$ ". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Kabnt}(\text{Силы}(a, \{; b\}, t) \& l(b) = n \&$$

$$\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вертикалпр}(\text{сила}(a, b(i), t), K)) \& \text{прямоорд}(K) \&$$

$$\text{Равндвиж}(a, t) \& \text{Неподв}(K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, четвертый и пятый antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй antecedent выделен указателем "идентификатор", третий и шестой - обрабатываются проверочными операторами. Выражение b имеет заголовок "набор". Отсутствуют такие посылки "центртяжести(a, d)", "принадлежит(c, d)", "воздействие(c, p, t)", что c отлично от a и при этом отсутствует посылка "воздействие(a, c, t)". Отсутствует также пара посылок вида "центртяжести(a, d)", "центртяжести($c, погружчасть(d, p, q)$)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abt}(\text{Силы}(a, b, t) \& \text{Равндвиж}(a, t) \rightarrow \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, c, t)" в посылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с посылками. Не усматривается, что t - временной промежуток. Отсутствует также пара посылок вида "центртяжести(a, d)", "центртяжести($c, погружчасть(d, p, q)$)". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на том же уровне. В ней требуется наличие посылки вида " $t = [p, q]$ ". При этом выражение "сила(a, c, t)" должно являться операндом скалярного произведения.

$$\forall_{Tabt}(\text{Силы}(a, b, t) \& \text{Равндвиж}(a, T) \& t \in T \rightarrow \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Не усматривается, что t - временной промежуток. Выражение вида "сила(a, d, t)" встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

3. Сложение сил, действующих на тело.

$$\forall_{at}(\text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Отсутствуют посылки вида "воздействие(a, d, s)" и "отскок(a, c, t)". Отсутствует также пара посылок вида " $d \in a$ ", "воздействие(d, e, f)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabint}(l(b) = n \& \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \rightarrow$$

$$\text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, i) = \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Сила(a, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Второй antecedent идентифицируется с посылкой, первый - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор". Указатель "развертка" определяет выписывание конечной суммы как обычной. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 5. В ней указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "длина(Сила(a, t))". При этом указатель "контекст"

определяет дополнительную идентификацию подвыражения "крд(сила(a, d, t), K, i)" некоторой посылки.

$$\forall_{KTabint}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, i) = \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Сила(a, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Вторым антецедент идентифицируется с посылкой, первый - выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражение b имеет заголовок "набор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3. На той же теореме создан также прием с заголовком "второйтерм". Он применяется в задачах на преобразование, имеющих цель "Сила". Такие задачи возникают в связи с приводимым далее приемом, интегрирующим переменную силу. Антецеденты обрабатываются так же, как выше. Уровень срабатывания приема равен 3.

$$\forall_{KTabint}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \\ \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, i) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(a, c, d), K, i)" в посылке задачи на исследование. Вторым и четвертым антецеденты идентифицируются с посылками, первый - выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, имеющая тот же уровень срабатывания. Указатель "контрольвывода" в ней относится к подвыражению вида "крд(сила(c, a, d), K, i)".

$$\forall_{Kabint}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \\ \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, i) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(a, c, d), K, i)" в посылке задачи на исследование. Два последних антецедента идентифицируются с посылками, первый - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3. Созданы еще несколько версий данного приема. В первой из них указатель "контрольвывода" относится к подвыражению вида "крд(сила(c, a, d), K, i)", во второй - к подвыражению вида "крд(нормреакция(a, c, t), K, i)", в третьей - к подвыражению "крд(силатрениция(a, c, t), K, i)". Уровень срабатывания первой версии равен 3, второй и третьей - 4.

$$\forall_{Kabnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \\ \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, c, t)"

в посылке задачи на исследование. Второй и третий antecedentes идентифицируются с посылками, первый - выделен указателем "идентификатор". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида "горизповерхн(c, K, t)". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3. Созданы еще три версии приема, имеющие тот же уровень срабатывания. В первой из них указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "крд(сила(a, c, t), K, d)", причем требуется наличие посылки вида "поверхнземли(K)", где переменная K входит в b . Во второй версии указатель "контрольвывода" отсутствует, причем указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида "вниз(сила(a, d, t), K)". В третьей версии тоже отсутствует указатель "контрольвывода", причем указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида "вперед(d, K)". Здесь также проверяется наличие в задаче подвыражения вида "Оругол(p, q, r, d)". Во всех версиях antecedentes идентифицируются так же, как в исходном приеме.

$$\forall_{abcnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \rightarrow \\ \text{скалумнож}(c, \text{Сила}(a, t)) = \sum_{j=1}^n \text{скалумнож}(c, \text{сила}(a, b(j), t)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй antecedent идентифицируется с посылкой, первый - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tabcnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \\ \text{скалумнож}(c, \text{Сила}(a, t)) = \sum_{j=1}^n \text{скалумнож}(c, \text{сила}(a, b(j), t)))$$

Аналогично предыдущему, причем третий antecedent обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abct}(\text{Силы}(a, \{b, c\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \\ \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = \text{длина}(\text{сила}(a, c, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(сила(a, b, t))" в посылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tabct}(\text{Силы}(a, \{b, c\}, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \\ \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = \text{длина}(\text{сила}(a, c, t)))$$

Аналогично предыдущему. Второй antecedent обрабатывается проверочным оператором.

$$\forall_{Tab}(\text{Силы}(a, \{b, \}, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Сила}(a, T)) = \text{длина}(\text{сила}(a, b, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение "Сила(a, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 4. Указатель "контрольвывода" инициирует попытку ее применения при усмотрении подвыражения "Сила(a, T)" в посылке задачи на исследование. Antecedent идентифицируется с посылкой. Выражение вида "длина(сила(x, y, z)))" уже встречается в задаче.

$$\forall_{KTabnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй и четвертый antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Первый antecedent выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида "вниз(сила(d, a, T), K)". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, в которой указатель "контекст" относится к посылке "вверх(сила(a, d, T), K)".

$$\forall_{KTabin}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(a, T) \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, i) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(a, c, t), K, i)" в посылке задачи на исследование. Второй и четвертый antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Первый antecedent выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abct}(\text{Силы}(a, \{b, c\}, t) \ \& \ \text{однонаправлены}(\text{сила}(a, b, t), -\text{сила}(a, c, t)) \rightarrow \text{длина}(\text{Сила}(a, t)) = |\text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) - \text{длина}(\text{сила}(a, c, t))|)$$

$$\forall_{abct}(\text{Силы}(a, \{b, c\}, t) \ \& \ \text{однонаправлены}(\text{сила}(a, b, t), \text{сила}(a, c, t)) \rightarrow \text{длина}(\text{Сила}(a, t)) = |\text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) + \text{длина}(\text{сила}(a, c, t))|)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "длина(Сила(a, t))" в посылке задачи на исследование. Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Kabnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Три последних antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - выделен указателем "идентификатор". Имеется посылка вида "погружено(a, d, t)". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Kabnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, 1) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Два последних antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование. Первый antecedent выделен указателем "идентификатор". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида " $d = \text{вертплоск}(K)$ ". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Kabnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, 1) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Три последних antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - выделен указателем "идентификатор". Существует посылка вида "вертплосквект(d, K)". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{KTabnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \ \& \ \text{поршень}(a, c, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(c, T) \ \& \ \text{место}(c, T) = C \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(C), K) \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedенты со второго по четвертый и два последних идентифицируются с посылками задачи на исследование. Первый antecedent выделен указателем "идентификатор", пятый и шестой - обрабатываются проверочными операторами. Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Pabin}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{проекция}(\text{сила}(a, b(j), t), P) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "проекция($\text{сила}(a, c, t), P$)" в посылке задачи на исследование. Два последних antecedента идентифицируются с посылками, первый - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \rightarrow \text{Сила}(a, t) = \sum_{i=1}^n \text{сила}(a, b(i), t))$$

Прием имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения " $\text{Сила}(a, t)$ " в посылке задачи на исследование, не имеющей вида равенства этого подвыражения нулевому вектору. Второй antecedent идентифицируется с посылкой, первый - выделен указателем "идентификатор". Выражения вида " $\text{крд}(\text{сила}(a, x, y), K, j)$ " и " $\text{крд}(\text{Сила}(x, y), K, j)$ " не встречаются в задаче. Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4. Созданы еще три версии этого приема. Первая из них отличается лишь тем, что отбрасывается требование отсутствия выражений вида " $\text{крд}(\text{сила}(a, x, y), K, j)$ ", но добавляется требование, чтобы текущее подвыражение " $\text{Сила}(a, t)$ " не было расположено непосредственно под символом " $\text{крд}(\dots)$ ". Во второй версии, срабатывающей на уровне 5, указатель "контрольвывода" относится к подвыражению " $\text{Ускорение}(a, K, t)$ ". В остальном она такая же, как первая версия. Третья версия срабатывает на уровне 6. Она отличается от исходной тем, что запрещается появление в задаче лишь выражений вида " $\text{крд}(\text{сила}(a, x, t), K, j)$ " и " $\text{крд}(\text{Сила}(x, t), K, j)$ ".

$$\forall_{Tabpq}(\text{Силы}(a, \{b\}, T) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Сила}(a, T) = \text{сила}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. В задаче встречаются два различных подвыражения вида " $\text{Скорость}(a, c, d)$ ", " $\text{Скорость}(a, c, e)$ ". Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{Kabnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \ \& \ i \in \{1, \dots, 3\} \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, i) = 0)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(сила(a, c, t))" в послылке задачи на исследование. Второй, третий и пятый антецеденты идентифицируются с послылками. Первый антецедент выделен указателем "идентификатор", четвертый - указателем "программа". Символ "крд" встречается в послылках. Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 5.

$\forall_{Kabnt}(l(b) = n \ \& \ \text{Силы}(a, \{; b\}, t) \ \& \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0 \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, 1) = 0 \ \& \ \sum_{j=1}^n \text{крд}(\text{сила}(a, b(j), t), K, 3) = 0)$

Прием имеет заголовок "вывод". Последние три антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, первый - выделен указателем "идентификатор". Существует послылка вида "вертплосквект(d, K)". Выражение b имеет заголовок "набор"; конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 5.

4. Величина ускорения в случае горизонтально действующей силы.

$\forall_{Kat}(\text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 3) = 0 \rightarrow \text{длина}(\text{Ускорение}(a, K, t)) = \sqrt{(\text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, 1))^2 + (\text{крд}(\text{Ускорение}(a, K, t), K, 2))^2})$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Выражение "длина(Ускорение(a, K, t))". Уровень срабатывания равен 3.

5. Равенство нулю составляющей суммарного вектора сил в направлении, перпендикулярном ускорению.

$\forall_{Kat}(\text{вниз}(\text{Ускорение}(a, K, t), K) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 1) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 2) = 0)$

$\forall_{Kat}(\text{вверх}(\text{Ускорение}(a, K, t), K) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 1) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 2) = 0)$

$\forall_{Kat}(\text{вправо}(\text{Ускорение}(a, K, t), K) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 3) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 2) = 0)$

$\forall_{Kat}(\text{влево}(\text{Ускорение}(a, K, t), K) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 3) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 2) = 0)$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Имеется послылка вида "Силы(a, c, d)". В двух последних приемах дополнительно требуется отсутствие послылки вида "одномерндвиж(a, K, c)". Уровень срабатывания равен 1.

6. Интегрирование переменной силы.

$\forall_{AKTadpqrs}(\text{Силы}(a, d, T) \ \& \ \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 1) = f(t) \ \& \ \text{одномерндвиж}(a, K, T) \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 1) = r \ \& \ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 1) = s \ \& \ \int_p^q f(t)dt = A \rightarrow \text{масса}(a)(r - s))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Указатели "контекст" определяют дополнительную идентификацию подвыражений "Скорость(a, K, p)" и "Скорость(a, K, q)" в некоторых посылках, причем выражения p, q различны. Переменная f функциональная. Отсутствует посылка "Равноускоренное(a, K, T)". Левая часть второго антецедента обрабатывается вспомогательной задачей на преобразование, которой придаются дополнительные посылки " t – число" и " $t \in T$ ". Интеграл тоже вычисляется вспомогательной задачей на преобразование. Имеется кванторная посылка вида " $\forall_u (u \in B \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, v, u), K, 1) = h)$ ", причем переменная u встречается в выражении h , а выражение v является подвыражением выражения d . Либо r , либо s не содержит неизвестных. Выражение $f(t)$ не содержит символа "Сила"; выражение A не содержит символа "интеграл". Уровень срабатывания равен 5.

7. Координаты вектора суммы сил при движении по оси абсцисс.

$$\forall_{Kat}(\text{одномерндвиж}(a, K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 2) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Силы(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение вида "сила(a, x, t)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 2.

8. Вертикальная составляющая вектора суммы сил при движении по горизонтальной поверхности.

$$\forall_{Kabct}(\text{Силы}(a, c, t) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, t) \ \& \ \text{Неподв}(K, t) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 3) = 0)$$

$$\forall_{KTabc}(\text{Силы}(a, c, T) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, T) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, T), K, 3) = 0)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый и пятый - обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида " $a \in A$ ", для которой усматривалось бы, что A - твердое тело. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTabct}(\text{Силы}(a, c, t) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, t) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 3) = 0)$$

Аналогично предыдущему. Последний антецедент идентифицируется с посылкой, так как он позволяет определить T .

9. Проекция вектора силы на радиус-вектор при движении по окружности.

$$\forall_{ABat}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{центркрив}(a, B, t) \rightarrow \text{скалумнож}(\text{вектор}(BA), \text{Сила}(a, t)) = -\text{масса}(a)(\text{скорость}(a, t))^2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, первый - выделен указателем "идентификатор". Отсутствует посылка "масса(a) = 0". Либо имеется посылка вида "воздействие(a, x, t)", либо хотя бы одно из выражений "сила(a, x, t)", "сила(x, a, t)" встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

10. Равенство нулю вертикальной составляющей суммы сил при движении в горизонтальной плоскости по дуге окружности.

$$\forall_{CDKTanpt}(\text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(C, D, n, p) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{вертикалнапр}(n, K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Силы(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первый и последний антецеденты идентифицируются с посылками, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

11. Сумма сил, действующих на точки неподвижного твердого тела, равна нулю.

$$\forall_{Aadnt}(\text{твердотело}(A) \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{точкитела}(A, d) \ \& \ d = \{; a\} \ \& \ l(a) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{Сила}(a(i), t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, c, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки " $b \in A$ ". Первые два антецедента обрабатываются проверочными операторами, последние два - выделены указателем "идентификатор". Третий антецедент обрабатывается пакетным синтезатором "точкитела", перечисляющим выделенные в задаче точки твердого тела. Этот синтезатор был описан выше, в подразделе "твердотело" раздела "Общие свойства объектов". В задаче имеется посылка вида "Силы(b, x, t)". Выражение a имеет заголовок "набор"; выражение A не имеет заголовка "поверхнтела". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4. Созданы еще две версии приема, имеющие тот же уровень срабатывания. В первой из них указатель "контекст" относится к посылке " $b \in \text{поверхнтела}(A)$ ". Во второй версии указатель "контрольвывода" не используется, а второй антецедент идентифицируется с посылкой, и в нем выбрана точка привязки.

$$\forall_{Aadnt}(\text{твердотело}(A) \ \& \ \text{Равндвиж}(A, t) \ \& \ \text{точкитела}(A, d) \ \& \ d = \{; a\} \ \& \ l(a) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{Сила}(a(i), t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, c, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки "центртяжести(b, A)". В остальном прием совпадает с исходной версией предыдущего приема, однако имеет уровень срабатывания 5.

12. Равенство нулю суммы сил, действующих на закрепленное тело.

$$\forall_{AKabcdjnt}(\text{твердотело}(A) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow a(i) \in A) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Силы}(a(i), b(i), t)) \ \& \ \text{точкавращения}(d, A, c, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{крд}(\text{Сила}(a(i), t), K, j) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты со второго по четвертый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатели "развертка" определяют идентификацию кванторов общности с группами посылок и выписывание конечной суммы как обычной. Первый и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "крд(сила(x, y, t), K, j)". Уровень срабатывания равен 4.

13. Сумма моментов внешних сил относительно оси вращения равна нулю.

$$\forall_{ABCDEKPRi}(\text{твердотело}(A) \ \& \ B \in A \ \& \ C \in A \ \& \ D \in A \ \& \\ \text{точкавращения}(B, A, E, t) \ \& \ \text{Неподв}(E, t) \ \& \ \text{Место}(B, t) = P \ \& \\ \text{Место}(C, t) = Q \ \& \ \text{Место}(D, t) = R \ \& \ P \in \text{отрезок}(QR) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \\ \text{крд}(Q, K, 3) = \text{крд}(R, K, 3) \ \& \ \text{масса}(A) = 0 \ \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Сила}(C, t), K, 3)l(PQ) = \text{крд}(\text{Сила}(D, t), K, 3)l(PR))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты со второго по пятый, а также с седьмого по девятый и одиннадцатый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Первый и шестой антецеденты обрабатываются проверочными операторами, десятый - выделен указателем "усм". Два последних антецедента выделены указателем "идентификатор". В твердом теле A не выделены точки, отличные от B, C, D . Уровень срабатывания равен 4.

14. Вращение слоя жидкости в трубке.

$$\forall_{ABDabcdefpqtu}(\text{твердотело}(A) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(A) \ \& \\ \text{место}(b, t) = B \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \\ B = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), D, p, q) \ \& \ \text{точкавращения}(e, a, f, t) \ \& \\ \text{Неподв}(f, t) \ \& \ \text{относитНеподв}(b, a, t) \ \& \ \text{Углскорость}(a, t) = u \ \& \\ D = \text{место}(d, t) \ \& \ e \in d \ \rightarrow 2 \cdot \text{скалумнож}(\text{Напрвект}(A), \text{Сила}(b, t)) = \\ - \text{масса}(b)(\text{длина}(u))^2(p + q)\text{длина}(\text{Напрвект}(A)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Силы(b, x, t)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме шестого, девятого и тринадцатого, обрабатываются проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

15. Сумма сил, действующих на тело, лежащее на полюсе планеты.

$$\forall_{abct}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ \text{полюс}(b, c, t) \ \& \ \text{планета}(c) \ \rightarrow \ \text{Сила}(a, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

16. Ориентация равенства.

$$\forall_{Kabit}(b = \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, i) \ \leftrightarrow \ \text{крд}(\text{Сила}(a, t), K, i) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение b не содержит символа "Сила". Уровень срабатывания равен 1.

17. Нормализатор общей стандартизации "нормСила".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, явно определяющее вектор силы:

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антеcedент идентифицируется с посылкой. Выражение a имеет заголовок "Сила". Оно не является подвыражением выражения b . Перестановка частей равенства при идентификации не допускается.

18. Проверочный оператор "усмконстСила".

Уровни срабатывания приемов оператора равны 1.

(а) Неподвижно лежащее тело.

$$\forall_{KTabcdm}(\text{лежит}(a, b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Силы}(a, c, T) \ \& \ c \setminus (m \cup \{K\}) = \{b; d\} \ \& \ \text{констСила}(a, m \cup \{b\}, T) \ \& \ \text{констСила}(b, m \cup \{a\}, T) \rightarrow \text{констСила}(a, m, T))$$

$$\forall_{KTabcdm}(\text{лежит}(a, b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Силы}(b, c, T) \ \& \ c \setminus (m \cup \{K\}) = \{a; d\} \ \& \ \text{констСила}(a, m \cup \{b\}, T) \ \& \ \text{констСила}(b, m \cup \{a\}, T) \rightarrow \text{констСила}(b, m, T))$$

Первые три антеcedента идентифицируются с посылками, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализаторами общей стандартизации. Пятый и шестой антеcedенты обрабатываются проверочными операторами.

(b) Блок.

$$\forall_{KTabcdem}(\text{блок}(d, a, b, T) \ \& \ \text{висит}(a, d, K, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Силы}(a, c, T) \ \& \ c \setminus (m \cup \{K\}) = \{d; e\} \ \& \ \text{констСила}(a, m \cup \{d\}, T) \ \& \ \text{констСила}(b, m \cup \{d\}, T) \rightarrow \text{констСила}(a, m, T))$$

Первые четыре антеcedента идентифицируются с посылками, пятый - выделен указателем "идентификатор". Шестой и седьмой антеcedенты обрабатываются проверочными операторами.

(c) Сила притяжения.

$$\forall_{KTbcm}(\text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Силы}(b, c, T) \ \& \ c \setminus (m \cup \{K\}) = \emptyset \rightarrow \text{констСила}(b, m, T))$$

Первые два антеcedента идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "идентификатор".

Приемы, связанные с символом "сила"

1. Сила притяжения около поверхности планеты.

$$\forall_{Kat}(\text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, K, t), K, 3) = -\text{масса}(a)g)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антеcedент идентифицируется с утверждением из контекста. Отсутствует посылка вида "поверхнпланеты(K, c)", отменяющая соглашение рассматривать по умолчанию поверхность Земли. Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{abct} (лежитна(a, b, t) & $b \in \text{Земля}$ & центртяжести($c, \text{Земля}$) \rightarrow
длина(сила(a, c, t)) = масса(a) g)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{ABTabt} (центртяжести($a, \text{Земля}$) & движениепо($b, \text{Поверхнтела}(\text{Земля}, T)$) &
 $t \in T$ & $A = \text{Место}(a, t)$ & $B = \text{Место}(b, t)$ \rightarrow
однаправлены(вектор(BA), сила(b, a, t)) & длина(сила(b, a, t)) = масса(b) g)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, четвертый и пятый - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

2. Горизонтальная составляющая силы притяжения равна нулю.

\forall_{Kat} (поверхнземли(K) \rightarrow крд(сила(a, K, t), $K, 1$) = 0)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

3. Выражение величины силы притяжения через третью координату.

\forall_{Kat} (поверхнземли(K) \rightarrow длина(сила(a, K, t)) = $-\text{крд}(\text{сила}(a, K, t), K, 3)$)

Аналогично предыдущему.

4. Скалярное произведение радиус-вектора на вектор силы тяжести.

$\forall_{ABabcdt}$ (лежитна(a, b, t) & $b \in c$ & планета(c) & центртяжести(d, c) &
 $A = \text{Место}(d, t)$ & $B = \text{Место}(b, t)$ \rightarrow
скалумнож(вектор(AB), сила(a, d, t)) = $-\text{радиус}(c)\text{длина}(\text{сила}(a, d, t))$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, пятый и шестой - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания приема равен 2.

5. Равенство сил притяжения около поверхности планеты в различные моменты времени.

\forall_{ABpst} (планета(A) & центртяжести(B, A) & около($p, \text{поверхнтела}(A), t$) &
около($p, \text{поверхнтела}(A), s$) \rightarrow длина(сила(p, B, t)) = длина(сила(p, B, s)))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(p, B, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки "сила(p, B, s)". Уровень срабатывания равен 2.

6. Направление силы притяжения.

$$\forall_{K P Q R S a t} (\text{поверхнземли}(K) \ \& \ K = (P, Q, R, S) \rightarrow \text{однаправлены}(\text{сила}(a, K, t), \text{вектор}(SP)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, K, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "вектор(SP)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания приема равен 3.

7. Направление силы взаимодействия двух точек, движущихся по оси абсцисс.

$$\forall_{K T a b t} (\text{одномерндвиж}(a, K, T) \ \& \ \text{одномерндвиж}(b, K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{одномерный}(\text{сила}(a, b, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{K a b t} (\text{одномерндвиж}(a, K, t) \ \& \ \text{одномерндвиж}(b, K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 2) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

8. Ввод в рассмотрение силы, действующей со стороны точки опоры твердого тела.

$$\forall_{K a b d t} (\text{лежитна}(b, d, t) \ \& \ b \in a \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{актив}(\text{сила}(b, d, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Существует такая посылка " $p \in a$ ", что усматривается отличие от нуля массы материальной точки p . При этом отсутствует посылка вида " $q \in a$ ", для которой в задаче встречалось бы выражение вида "сила(q, r, t)". Уровень срабатывания равен 3.

9. Равенство сил действия и противодействия.

$$\forall_{a b t} (\text{воздействие}(a, b, t) \rightarrow \text{сила}(b, a, t) = -\text{сила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, a, t)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{a b t} (\text{сила}(b, a, t) = -\text{сила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, a, t)" в послылке задачи на исследование. Выражение "сила(a, b, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{воздействие}(a, b, t) \rightarrow \text{нормреакция}(b, a, t) = -\text{нормреакция}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(b, a, t)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Имеется послылка вида "движениепо(a, b, x)". Уровень срабатывания равен 2.

10. Извлечение выражения для переменной силы из кванторной послылки.

$$\forall_{Tabft}(t \in T \ \& \ \forall_x(x \in T \rightarrow \text{сила}(a, b, x) = f(x)) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = f(t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Второй антецедент идентифицируется с послылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Переменная f функциональная. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{AKabfip}(p \in A \ \& \ \forall_t(t \in A \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, i) = f(t)) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, p), K, i) = f(p))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в условии задачи на преобразование, имеющей цель "Сила". Такая цель используется во вспомогательной задаче, определяющей подынтегральное выражение в приеме интегрирования переменной силы. Второй антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, истинность первого устанавливается при помощи задачи на доказательство. Переменная f функциональная. Уровень срабатывания равен 3.

11. Направление силы, действующей со стороны гибкой связи.

$$\forall_{ABTabct}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{гибкаясвязь}(a, b, c, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{однаправлены}(\text{вектор}(AB), \text{сила}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в послылке задачи на исследование, не имеющей вид равенства этого подвыражения нулевому вектору. Третий антецедент идентифицируется с послылкой, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Первые два антецедента выделены указателем "идентификатор". Результаты A, B не содержат символа "Место". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABabct}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{гибкаясвязь}(a, b, c, t) \rightarrow \text{однаправлены}(\text{вектор}(AB), \text{сила}(a, b, t)))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{ABCKabcdept}(\text{прямоорд}(K) \ \& \ \text{гибкаясвязь}(a, c, p, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ \text{центркрив}(a, B, t) \ \& \)$$

вертплосквект(вектор(AC), K) & вниз(вектор(CB), K) &
одномерный(вектор(AB), K) & крд(сила(a, c, t), $K, 1$) = d &
крд(сила(a, c, t), $K, 3$) = $e \rightarrow l(AB)|e| = l(BC)|d|$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента, а также пятый и седьмой antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана во втором из них. Третий antecedент, а также antecedенты восьмого по десятый обрабатываются проверочными операторами. Остальные antecedенты выделены указателем "идентификатор". Выражения " $l(AB)$ " и " $l(BC)$ " уже встречаются в задаче. Выражения d, e не содержат невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 5.

12. Угол между вертикалью и нитью, на которой подвешена неподвижная материальная точка.

$\forall_{ABCKabcmnt}$ (поверхземли(K) & гибкаясвязь(a, b, c, t) & Неподв(a, t) &
Неподв(b, t) & $A = \text{Место}(a, t)$ & $B = \text{Место}(b, t)$ & мточка(a) & мточка(b) &
актив($\angle(ABC)$) & вниз(вектор(BC), K) & вертплосквект(вектор(BA), K) &
крд(сила(a, b, t), $K, 1$) = m & крд(сила(a, b, t), $K, 3$) = $n \rightarrow$
 $|\sin(\angle(ABC))n| = |\cos(\angle(ABC))m|$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента, а также девятый, двенадцатый и тринадцатый antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в двенадцатом antecedенте. Пятый и шестой antecedенты выделены указателем "идентификатор"; остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражения m, n не содержат символа "крд". Уровень срабатывания равен 4.

13. Равенство сил натяжения нитей равной длины при подвеске.

$\forall_{Kabcdet}$ (гибкаясвязь(a, b, c, t) & гибкаясвязь(a, d, e, t) & длина(c) = длина(e) &
поверхземли(K) & Силы($a, \{b, d, K\}, t$) & крд(Место(b, t), $K, 3$) =
крд(Место(d, t), $K, 3$) & Неподв(b, t) & Неподв(a, t) & Неподв(d, t) \rightarrow
длина(сила(a, b, t)) = длина(сила(a, d, t)))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять antecedентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в пятом. Шестой antecedент выделен указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{Kabcdet}$ (гибкаясвязь(a, b, c, t) & гибкаясвязь(d, b, e, t) & длина(c) = длина(e) &
поверхземли(K) & $a \in p$ & $d \in p$ & Силы($a, \{b\}, t$) & Силы($d, \{b\}, t$) &
тврдоетело(p) & крд(Место(a, t), $K, 3$) = крд(Место(d, t), $K, 3$) &
Неподв(p, t) & Неподв(b, t) \rightarrow длина(сила(a, b, t)) = длина(сила(d, b, t)))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые восемь antecedентов идентифицируются с посылками задачи на исследование. Десятый antecedент выделен указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Отсутствуют такие посылки " $x \in p$ ", "воздействие(x, y, t)", что x отлично от a, d , а y - от K . Уровень срабатывания равен 3.

14. Угол между двумя нитями, на которых подвешена материальная точка.

$\forall_{ABCKabcdefgmnpqt}$ (прямоорд(K) & гибкаясвязь(a, c, p, t) & гибкаясвязь(b, c, q, t)
& Неподв(a, t) & Неподв(b, t) & Неподв(c, t) & $A = \text{Место}(a, t)$ & $B = \text{Место}(b, t)$)

& $C = \text{Место}(c, t)$ & $\text{вертплосквект}(\text{вектор}(AC), K)$ &
 $\text{вертплосквект}(\text{вектор}(BC), K)$ & $\text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 1) = d$ &
 $\text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 3) = e$ & $\text{крд}(\text{сила}(b, c, t), K, 1) = f$ &
 $\text{крд}(\text{сила}(b, c, t), K, 3) = g$ & $m = \sqrt{d^2 + e^2}$ & $n = \sqrt{f^2 + g^2} \rightarrow$
 $\cos(\angle(ACB))mn = df + eg$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Антецеденты с четвертого по шестой, а также десятый и одиннадцатый обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Выражения d, e, f, g не содержат невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 5.

15. Подвеска шара к вертикальной гладкой плоскости.

$\forall Kabcdept(\text{Шар}(a) \& \text{Неподв}(a, t) \& c \in a \& \text{лежитна}(c, p, t) \&$
 $\text{Наклплоск}(p, K, -\pi/2, t) \& \text{гладкое}(p) \& \text{гибкаясвязь}(d, b, e, t) \&$
 $d \in \text{мточки}(p) \& \text{Неподв}(p, t) \rightarrow$
 $\text{крд}(\text{сила}(b, d, t), K, 1) \sqrt{\text{длина}(e)(\text{длина}(e) + 2\text{радиус}(a))} =$
 $-\text{крд}(\text{сила}(b, d, t), K, 3)\text{радиус}(a)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, d, t)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме второго и девятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Выражения "длина(e)" и "радиус(a)", после обработки их нормализаторами общей стандартизации, не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

16. Вычисление ориентированных углов для определения компонент вектора силового воздействия между двумя точками, скрепленными твердой либо гибкой связью.

$\forall ABCDKPQRSapt(\text{прямокоорд}(K) \& K = (P, Q, R, S) \& \text{твердаясвязь}(A, B, p, t)$
 $\& \text{Место}(A, t) = C \& \text{Место}(B, t) = D \& \text{крд}(C, K, 2) = \text{крд}(D, K, 2) \&$
 $\text{Оруголмежду}(\text{вектор}(PQ), \text{вектор}(CD), \text{вектор}(PR)) = a \rightarrow$
 $\text{крд}(\text{сила}(A, B, t), K, 1) = \text{усилие}(A, B, t) \cos a$

$\forall ABCDKPQRSapt(\text{прямокоорд}(K) \& K = (P, Q, R, S) \& \text{твердаясвязь}(A, B, p, t)$
 $\& \text{Место}(A, t) = C \& \text{Место}(B, t) = D \& \text{крд}(C, K, 2) = \text{крд}(D, K, 2) \&$
 $\text{Оруголмежду}(\text{вектор}(PQ), \text{вектор}(CD), \text{вектор}(PR)) = a \rightarrow$
 $\text{крд}(\text{сила}(A, B, t), K, 3) = \text{усилие}(A, B, t) \sin a$

Напомним, что "Оруголмежду(x, y, z)" обозначает величину ориентированного угла между двумя векторами x, y , если ориентация задается третьим вектором z , ортогональным плоскости векторов x, y . Положительное направление отсчета углов - против часовой стрелки, если смотреть в направлении вектора z .

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "крд(сила(A, B, t), K, i)" в посылке задачи на исследование, где в первом приеме $i = 1$, а во втором - $i = 3$. Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками, шестой - выделен указателем "идентификатор". Седьмой антецедент обрабатывается

пакетным синтезатором "смОруголмежду", описанным ранее в связи с приемами по аналитической геометрии. Выражение a либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Символ "Оругол" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 2.

17. Движение по гладкой поверхности.

$$\forall_{Kabt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, t) \ \& \ \text{гладкое}(b) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 1) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 2) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

18. Направление силы воздействия со стороны гладкой наклонной плоскости.

$$\forall_{Kabpt}(\text{лежитна}(b, p, t) \ \& \ \text{гладкое}(p) \ \& \ \text{Наклплоск}(p, K, a, t) \ \& \ \text{Неподв}(p, t) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(b, p, t), K, 2) = 0)$$

$$\forall_{Kabpt}(\text{лежитна}(b, p, t) \ \& \ \text{гладкое}(p) \ \& \ \text{Наклплоск}(p, K, a, t) \ \& \ \text{Неподв}(p, t) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(b, p, t), K, 3) \sin a + \text{крд}(\text{сила}(b, p, t), K, 1) \cos a = 0)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "сила(b, p, t)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

19. Направление силы воздействия на стержень со стороны гладкой опоры его внутренней точки.

$$\forall_{BCDKabcdemnt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ d \in a \ \& \ \text{лежитна}(d, e, t) \ \& \ \text{Неподв}(e, t) \ \& \ \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ \text{крд}(B, K, 2) = \text{крд}(C, K, 2) \ \& \ \text{крд}(C, K, 1) = n \ \& \ \text{крд}(C, K, 3) - \text{крд}(B, K, 3) = m \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(d, e, t), K, 3)m = -\text{крд}(\text{сила}(d, e, t), K, 1)n \ \& \ \text{крд}(\text{сила}(d, e, t), K, 2) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(d, e, t)" в посылке задачи на исследование. Первые четыре антецедента, антецеденты с шестого по девятый и четырнадцатый идентифицируются с посылками. Антецеденты с десятого по двенадцатый выделены указателем "идентификатор". Пятый и тринадцатый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражения m, n не содержат неизвестных. Выражение d отлично от b, c . Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{BCDKabcdemnt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ d \in a \ \& \ \text{лежитна}(d, e, t) \ \& \ \text{Неподв}(e, t) \ \& \ \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ \text{вертплосквект}(\text{вектор}(BC), K) \ \& \ \text{крд}(B, K, 1) = n \ \& \ \text{крд}(C, K, 3) - \text{крд}(B, K, 3) = m \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(d, e, t), K, 3)m = -\text{крд}(\text{сила}(d, e, t), K, 1)n \ \& \ \text{крд}(\text{сила}(d, e, t), K, 2) = 0)$$

Аналогично предыдущему, но десятый антецедент обрабатывается проверочным оператором.

20. Направление силы взаимодействия для пары точек, одна из которых лежит на другой.

$$\forall_{Kabt}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ \text{мточка}(b) \ \& \ \text{воздействие}(a, b, t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{вверх}(\text{сила}(a, b, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме второго и четвертого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabt}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ \text{мточка}(b) \ \& \ \text{вертикалнпр}(\text{Ускорение}(b, K, t), K) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, K\}, t) \rightarrow \text{вверх}(\text{сила}(a, b, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме второго и третьего, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в пятом antecedente. Уровень срабатывания равен 4.

21. Скалярное произведение вертикально направленного вектора на силу взаимодействия двух точек, одна из которых лежит на другой.

$$\forall_{Kabct}(\text{лежитна}(b, c, t) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{мточка}(c) \ \& \ \text{вертикалнпр}(a, K) \rightarrow \text{скалумнож}(a, \text{сила}(b, c, t)) = \text{скалумнож}(a, \text{нормреакция}(b, c, t)))$$

$$\forall_{Kabct}(\text{лежитна}(b, c, t) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{мточка}(c) \ \& \ \text{вертикалнпр}(a, K) \rightarrow \text{скалумнож}(a, \text{сила}(c, b, t)) = \text{скалумнож}(a, \text{нормреакция}(c, b, t)))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Первые два antecedента идентифицируются с утверждениями из контекста, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabct}(\text{лежитна}(b, c, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{мточка}(c) \ \& \ \text{вертикалнпр}(a, K) \rightarrow \text{скалумнож}(a, \text{сила}(b, c, t)) = \text{скалумнож}(a, \text{нормреакция}(b, c, t)))$$

$$\forall_{KTabct}(\text{лежитна}(b, c, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{мточка}(c) \ \& \ \text{вертикалнпр}(a, K) \rightarrow \text{скалумнож}(a, \text{сила}(c, b, t)) = \text{скалумнож}(a, \text{нормреакция}(c, b, t)))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Первый и третий antecedенты идентифицируются с утверждениями из контекста, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABDbcdt}(\text{текместо}(b, \text{Поверхнтела}(A), t) = c \ \& \ \text{планета}(A) \ \& \ \text{центртяжести}(d, A) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{скалумнож}(\text{вектор}(BD), \text{сила}(b, c, t)) = \text{скалумнож}(\text{вектор}(BD), \text{нормреакция}(b, c, t)))$$

$$\forall_{ABDbcdt}(\text{текместо}(b, \text{Поверхнтела}(A), t) = c \ \& \ \text{планета}(A) \ \& \ \text{центртяжести}(d, A) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{скалумнож}(\text{вектор}(DB), \text{сила}(b, c, t)) = \text{скалумнож}(\text{вектор}(DB), \text{нормреакция}(b, c, t)))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Первый и третий антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Два последних антецедента выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

22. Движение по вертикальной наклонной плоскости.

$$\forall_{Kbpt}(\text{лежитна}(b, p, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(p, K, -\pi/2, t) \ \& \ \text{Неподв}(K, t) \rightarrow 0 \leq \text{крд}(\text{сила}(b, p, t), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(b, p, t), $K, 1$)" в послылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kbpt}(\text{лежитна}(b, p, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(p, K, -\pi/2, t) \ \& \ \text{Неподв}(K, t) \ \& \ \text{гладкое}(p) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(b, p, t), K, 3) = 0)$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "крд(сила(b, p, t), $K, 3$)".

23. Суммирование сил в случае составной поверхности.

$$\forall_{Tabn}(l(b) = n \rightarrow \text{сила}(a, \text{мповерхн}(\{; b\}), T) = \sum_{i=1}^n \text{сила}(a, b(i), T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражение b имеет заголовок "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2.

24. Движение соединенных между собой тел в вертикальной плоскости.

(а) Движение по горизонтальной плоскости.

$$\forall_{Kabct}(\text{вертплосксвязь}(a, b, K, t) \ \& \ \text{движениепо}(a, c, t) \ \& \ \text{движениепо}(b, c, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \ \& \ \text{Неподв}(K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 3) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 2) = 0 \ \& \ 0 \leq \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "сила(a, b, t)" уже встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

(б) Движение по наклонной плоскости.

$$\forall_{Kabcpt}(\text{вертплосксвязь}(a, b, K, t) \ \& \ \text{движениепо}(a, c, t) \ \& \ \text{движениепо}(b, c, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(c, K, p, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \ \& \ \text{Неподв}(K, t) \ \& \ 0 \leq p \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 1) = \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) \cos p \ \& \ \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) \sin p \ \& \ \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 2) = 0 \ \& \ 0 \leq \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 1) \ \& \ 0 \leq \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, последние три - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "сила(a, b, t)" уже встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

25. Скалярное произведение радиус-вектора на силу, действующую на тело со стороны поверхности.

\forall_{ABabct} (лежитна(a, b, t) & $A = \text{Место}(a, t)$ & $b \in c$ & нормнапр($A, \text{Поверхнтела}(c), \text{вектор}(BA), t$) \rightarrow скалумнож($\text{вектор}(BA), \text{сила}(a, b, t)$) = длина($\text{сила}(a, b, t)$) $l(AB)$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент и два последних идентифицируются с посылками. Второй антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

26. Проекция на горизонтальную плоскость силы, действующей на вращающуюся в горизонтальной плоскости точку твердого тела со стороны центра вращения.

$\forall_{BCKabct}$ (твердоетело(a) & $b \in a$ & $c \in a$ & $B = \text{Место}(b, t)$ & $C = \text{Место}(c, t)$ & центркрив(b, C, t) & горизплосквект($\text{вектор}(BC), K$) & вертикалнапр($\text{Углскорость}(a, t), K$) & неподв(c, t) & прямкоорд(K) \rightarrow одинаправлены($\text{вектор}(CB), \text{проекция}(\text{сила}(c, b, t), \text{горизплоск}(K))$))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "проекция($\text{сила}(c, b, t)$, $\text{горизплоск}(K)$)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты со второго по шестой, а также последний антецедент идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

27. Величина центростремительной силы при вращении тела.

$\forall_{KTabcdemn}$ (гибкаясвязь(a, b, c, T) & Путь(b, T) = Дуга(d, e, n, m) & равндвиж(b, T) & неподв(a, T) & поверхнземли(K) & вертикалнапр(n, K) \rightarrow длина($\text{сила}(b, a, T)$) = масса(b)($\text{скорость}(b, T)$)²/длина(c))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{сила}(b, a, T)$ " в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента, а также пятый антецедент идентифицируются с посылками. Четвертый и шестой антецедента обрабатываются проверочными операторами. Отсутствуют посылки вида " $\text{воздействие}(b, x, y)$ ", где x отлично от a, K . Указатель "вариант" разрешает замену заголовка первого антецедента на "твердаясвязь". Уровень срабатывания приема равен 4.

$\forall_{KTabcdemn}$ (гибкаясвязь(a, b, c, T) & Путь(b, T) = Дуга(d, e, n, m) & равндвиж(b, T) & неподв(a, T) & поверхнземли(K) & вертикалнапр(n, K) \rightarrow длина($\text{сила}(a, b, T)$) = масса(b)($\text{скорость}(b, T)$)²/длина(c))

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению " $\text{сила}(a, b, T)$ ".

28. Направление силы при вращении стержня около своего конца.

$\forall_{BDEKTabcdpt}$ (стержень(a) & центртяжести(d, a) & концы(a) = $\{b, c\}$ & Место(b, t) = B & Место(d, t) = D & Место(c, t) = E & вниз($\text{вектор}(BE), K$) & Силы($d, \{p, K\}, t$) & поверхнземли(K) & $t \in T$ & точкавращения(b, a, p, T) & неподв(p, T) \rightarrow одинаправлены($\text{сила}(d, p, t), \text{вектор}(DB)$))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(d, p, t)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме седьмого, десятого и двенадцатого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

29. Направление силы при вращении точки, соединенной с центром гибкой связью.

$$\forall_{ABTabct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{однаправлены}(\text{сила}(b, a, t), \text{вектор}(BA)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, a, t)" в послылке задачи на исследование. Первый antecedent идентифицируется с послылкой, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами, четвертый и пятый - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

30. Направление силы при движении по гладкой внутренней поверхности цилиндра.

$$\forall_{ABCTabnpt}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{внутрцилиндр}(b) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{гладкое}(b) \ \& \ \text{Путь}(a, T) = \text{Дуга}(A, B, n, p) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Место}(a, t) = C \rightarrow \text{однаправлены}(\text{сила}(a, b, t), \text{вектор}(CA)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Эта послылка не имеет вид равенства вектора силы нулевому вектору. Все antecedentes, кроме третьего и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

31. Направление силы, действующей в точке закрепления твердого тела.

$$\forall_{AKabcdnt}(\text{точкавращения}(a, A, b, t) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow c(i) \in A) \ \& \ \{c\} = \{a; d\} \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n-1\} \rightarrow \text{вертикалпр}(\text{Сила}(d(i), t), K)) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{вертикалпр}(\text{сила}(a, b, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, второй и пятый antecedents идентифицируются с послылками задачи на исследование, причем указатель "развертка" обеспечивает идентификацию второго antecedenta с группой послылок. Третий antecedent выделен указателем "идентификатор"; четвертый и шестой - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

32. Направление силы, действующей на один из концов стержня со стороны другого конца.

$$\forall_{BCKabct}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{невесомвнутр}(a) \ \& \ \text{Силы}(c, \{b, K\}, t) \ \& \ \text{вниз}(\text{вектор}(BC), K) \rightarrow \text{однаправлены}(\text{сила}(b, c, t), \text{вектор}(BC)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые семь antecedents идентифицируются с послылками задачи на исследование, восьмой - обрабатывается проверочным оператором. Точка привязки выбрана в седьмом antecedente. Уровень срабатывания равен 2.

33. Направление силы, действующей на стержень со стороны гладкой точечной опоры.

$\forall_{BCKabcdkmp}$ (стержень(a) & $d \in a$ & лежитна(d, p, t) & гладкое(p) & мточка(p) & концы(a) = $\{b, c\}$ & $B = \text{Место}(d, t)$ & $C = \text{Место}(c, t)$ & вертплосквект(вектор(BC), K) & крд($C, K, 1$) – крд($B, K, 1$) = m & крд($C, K, 3$) – крд($B, K, 3$) = $k \rightarrow$ крд(сила(d, p, t), $K, 2$) = 0 & крд(сила(d, p, t), $K, 1$) m + крд(сила(d, p, t), $K, 3$) k = 0 & $0 \leq$ крд(сила(d, p, t), $K, 3$))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(d, p, t), $K, 3$)" в послылке задачи на исследование. Первые восемь антецедентов идентифицируются с посылками, девятый - обрабатывается проверочным оператором. Последние два антецедента выделены указателем "идентификатор". Выражения k, m не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 4.

34. Ориентация равенства.

$\forall_{abct}(c = \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) \leftrightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = c)$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к послылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение c не содержит символов "сила", "Сила", "нормреакция", "силатрения", "Ускорение", "элсила". Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентацияравенства". Уровень срабатывания равен 0.

$\forall_{abctx}(a \cdot \text{сила}(b, c, t) = x \leftrightarrow x = a \cdot \text{сила}(b, c, t))$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задаче на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Переменная x идентифицируется с переменной; множитель a невырожденный (допускается случай минус единицы). Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентацияравенства". Уровень срабатывания равен 2.

35. Решение линейного уравнения относительно координаты силы.

$\forall_{Kabipqrt}(\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, i) + q = r \leftrightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, i) = (r - q)/p)$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения p, q, r не содержат символов "сила", "силатрения", "нормреакция", "Сила". Выражение r не имеет вида "крд(сила(x, y, z), K, j)" и не связано равенством с таким выражением. Либо p отлично от 1, либо q - от 0. Уровень срабатывания приема равен 5.

$\forall_{Kabipqrst}(\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, i)/s + q = r \leftrightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, i) = s(r - q)/p)$

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 6.

36. Линейная комбинация двух уравнений, возникающих при рассмотрении скалярных произведений радиус-векторов на силы.

$\forall_{ABabcpq}(\neg(c = 0) \& \text{разныеточки}(A, B) \& pl(AB) = ab \rightarrow ql(AB) = ac \leftrightarrow pc - qb = 0)$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование, содержащей символ "сила". Последний антецедент идентифицируется с другой посылкой. Первые два антецедента обрабатываются проверочными операторами. Выражения b, c не содержат неизвестных, а хотя бы одно из выражений p, q - содержит. Выражения b, c, p, q не содержат символов "расстояние", "угол". Уровень срабатывания равен 3.

37. Нормализатор общей стандартизации "нормсила".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок:

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Выражение a имеет заголовок "сила". Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства не допускается. Выражение b не содержит a .

Приемы, связанные с символом "притяжение"

1. Действие только силы притяжения.

$$\forall_{abt}(\text{притяжение}(a, b, t) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{силапритяжения}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

2. Ввод в рассмотрение силы взаимного притяжения.

$$\forall_{abt}(\text{притяжение}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Ввод в рассмотрение положений двух взаимно тяготеющих материальных точек.

$$\forall_{ABabt}(\text{притяжение}(a, b, t) \ \& \ \text{мточка}(a) \ \& \ \text{мточка}(b) \rightarrow \\ A - \text{точка} \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ B - \text{точка})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Не усматривается, что t - временной промежуток. Отсутствуют посылки вида " $X = \text{Место}(a, t)$ " и " $X = \text{Место}(b, t)$ ". Прием вводит новые переменные A, B . Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "силапритяжения"

Создан единственный прием для закона всемирного тяготения:

$$\forall_{ABabt}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{силапритяжения}(a, b, t)) = \text{грав} \cdot \text{масса}(a)\text{масса}(b)/(l(AB)^2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силапритяжения(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствуют посылки вида "поверхземли(K)" и "прямоорд(K)". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символами "констсила", "констнорм"

1. Усмотрение постоянной силы.

$$\forall_{KT} ab(\text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{Равндвиж}(a, T) \rightarrow \text{констсила}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Отсутствует пара посылок вида "центртяжести(a, d)", "центртяжести(e , погружчасть(d, x, y))". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} ab(\text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{Равноускоренное}(a, K, T) \rightarrow \text{констсила}(a, b, T))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{KT} abc(\text{движениепо}(a, b, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{Равноускоренное}(a, K, T) \& \text{Силы}(a, \{b, c, K\}, T) \rightarrow \text{констсила}(a, c, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} abc(\text{движениепо}(a, b, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& \text{Силы}(a, \{b, c, K\}, T) \& \text{горизплосквект}(\text{сила}(a, c, t), K) \rightarrow \text{констнорм}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. В шестом антецеденте используется новая переменная t , причем проверочному оператору передается дополнительная посылка " $t \in T$ ". Усматривается, что T - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} abc_n(\text{движениепо}(a, b, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& \text{Силы}(a, \{b, K; c\}, T) \& l(c) = n \& \forall(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{горизплосквект}(\text{сила}(a, c(i), t), K)) \rightarrow \text{констнорм}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также четвертый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор". Третий и седьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. В седьмом антецеденте используется новая переменная t , причем проверочному оператору передается дополнительная посылка " $t \in T$ ". Усматривается, что T - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{CT} abc(\text{погружено}(a, c, T) \& \text{центртяжести}(b, a) \& \text{поступатдвижение}(a, T) \& \text{Равндвиж}(b, T) \& \text{неподв}(c, T) \& \text{вещество}(c, C) \& \text{жидкость}(C) \rightarrow \text{констсила}(b, c, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{T} bcde(\text{констсила}(b, c, T) \& \text{констсила}(b, d, T) \& \text{Силы}(b, \{c, d, e\}, T) \& \text{Равндвиж}(b, T) \rightarrow \text{констсила}(b, e, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Третий антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Не усматривается, что T - число. Уровень срабатывания приема равен 2.

2. Вывод о равенстве сил в различные моменты.

$$\forall_{Tabt}(\text{констнорм}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{нормреакция}(a, b, t) = \text{нормреакция}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки вида "нормреакция(a, b, t)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tabt}(\text{констнорм}(a, b, T) \ \& \ S \subseteq T \rightarrow \text{нормреакция}(a, b, S) = \text{нормреакция}(a, b, T))$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "нормреакция(a, b, S)", а указатель "контекст" - к подвыражению "нормреакция(a, b, T)". Выражения S, T различны.

$$\forall_{Tabt}(\text{констсила}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{сила}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки вида "сила(a, b, t)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сила(a, b, t)", а указатель "контекст" - к подвыражению "сила(a, b, T)".

$$\forall_{Tabt}(\text{констсила}(a, b, T) \ \& \ S \subseteq T \rightarrow \text{сила}(a, b, S) = \text{сила}(a, b, T))$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сила(a, b, S)", а указатель "контекст" - к подвыражению "сила(a, b, T)". Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 2. Она отличается лишь тем, что отсутствует указатель "контекст".

$$\forall_{Tabst}(\text{констсила}(a, b, T) \ \& \ s \in T \ \& \ t \in T \rightarrow \text{сила}(a, b, s) = \text{сила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки вида "сила(a, b, s)". Выражения s, t различны. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

3. Проверочный оператор "усмконстсила".

(а) Сила притяжения около поверхности планеты.

$$\forall_{Kat}(\text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{констсила}(a, K, t))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Подпромежуток времени.

$$\forall_{STab}(\text{констсила}(a, b, T) \ \& \ S \subseteq T \rightarrow \text{констсила}(a, b, S))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором.

(c) Воздействие на заряд со стороны плоского конденсатора.

$$\forall_{BPTac}(\text{внутробъект}(a, B, T) \ \& \ \text{плосконденс}(B) \ \& \ \text{Элполе}(\{B\}) = c \ \& \\ \text{напряжение}(\text{пластконденс}(B, 1), \text{пластконденс}(B, 2), P) = b \ \& \\ \text{воздействие}(a, c, P) \ \& \ P \subseteq T \rightarrow \text{констсила}(a, c, P))$$

Все антецеденты, кроме последнего, идентифицируются с посылками. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Наличие четвертой посылки интерпретируется как указание на неизменность напряжения между пластинами конденсатора на промежутке времени P . Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "подвеска"

1. Направление силы натяжения нити при подвеске.

$$\forall_{PQabt}(\text{подвеска}(a, b, t) \ \& \ P = \text{Место}(b, t) \ \& \ Q = \text{Место}(a, t) \rightarrow \\ \text{уголмежду}(\text{сила}(a, b, t), \text{вектор}(PQ)) = \pi)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "вектор(PQ)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками.

2. Ввод в рассмотрение силы натяжения нити.

$$\forall_{abt}(\text{подвеска}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка "внештело(a)", а также пара посылок вида " $a \in c$ ", "внештело(c)". Уровень срабатывания равен 1.

3. Подвеска в двух точках.

$$\forall_{ABCDEFGHabcqpt}(\text{подвеска}(a, b, t) \ \& \ \text{подвеска}(a, c, t) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \\ E = \text{Место}(a, t) \ \& \ F = \text{Место}(b, t) \ \& \ G = \text{Место}(c, t) \ \& \ K = (A, B, C, D) \ \& \\ \text{крд}(F, K, 3) = \text{крд}(G, K, 3) \ \& \ p = \angle(GEH) \ \& \ q = \angle(FEH) \rightarrow \\ \text{уголмежду}(\text{вектор}(AD), \text{вектор}(EG)) = p \ \& \\ \text{уголмежду}(\text{вектор}(AD), \text{вектор}(EF)) = q)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые семь антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование. Восьмой антецедент выделен указателем "идентификатор". Девятый и десятый антецеденты выделены указателем "вычисл". Рассматриваемые в них углы вычисляются с помощью вспомогательных задач на описание, имеющих цель "известно". Известные параметры берутся из текущей задачи. Вводится новая переменная H , причем вспомогательная задача сопровождается дополнительными посылками "точка(H)", " $H \in \text{отрезок}(FG)$ ", "прямая(EH) \perp прямая(FG)". Все относящиеся к физике посылки у вспомогательной задачи отбрасываются. Проверяется отсутствие у текущей задачи других посылок вида "подвеска(a, x, t)". Проверяется также, что величина угла между векторами AD и EG пока не известна. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "висит"

1. Ввод в рассмотрение силового воздействия.

$$\forall_{Kabt}(\text{висит}(a, b, K, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Направление вектора силы.

$$\forall_{Kabt}(\text{висит}(a, b, K, t) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{вверх}(\text{сила}(a, b, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

3. Равенство сил, с которыми нить воздействует на два тела, подвешенные к блоку.

$$\begin{aligned} \forall_{Kabct}(\text{блок}(a, b, c, t) \ \& \ \text{висит}(b, a, K, t) \ \& \ \text{висит}(c, a, K, t) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \\ \& \ \text{воздействие}(b, a, t) \ \& \ \text{воздействие}(c, a, t) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{сила}(b, a, t), K, 3) = \text{крд}(\text{сила}(c, a, t), K, 3)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

4. Удлинение упругой связи.

$$\forall_{Kabct}(\text{подвеска}(a, b, t) \ \& \ \text{упругсвязь}(a, b, c, t) \ \& \ \text{висит}(b, a, K, t) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{сила}(b, a, t), K, 3) = \text{жесткость}(c) \text{удлинсвязи}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, a, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "жесткость(c)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания приема равен 3.

Приемы, связанные с символом "тянет"

1. Ввод в рассмотрение силы, действующей между телами.

$$\forall_{abt}(\text{тянет}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствуют посылки "внештело(a)", "поверхземли(a)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abt}(\text{тянет}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$$

Аналогично предыдущему, но ограничения на посылки отсутствуют.

2. Направления силы и скорости.

$$\forall_{Kabt}(\text{тянет}(a, b, t) \ \& \ \text{Скорость}(b, K, t) = v \ \& \ 0 < \text{длина}(v) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \rightarrow \\ \text{однонаправлены}(\text{сила}(b, a, t), v))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

3. Однонаправленность вектора силы и направляющего вектора прямолинейного отрезка пути.

$$\forall_{ABTab}(\text{тянет}(a, b, T) \ \& \ \text{Путь}(b, T) = \text{Отрезок}(A, B) \rightarrow \text{однонаправлены}(\text{сила}(b, a, T), \text{вектор}(AB)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

4. Скалярное произведение вектора силы на направляющий вектор прямолинейного отрезка пути.

$$\forall_{ABTab}(\text{тянет}(a, b, T) \ \& \ \text{Путь}(b, T) = \text{Отрезок}(A, B) \rightarrow \text{скалумнож}(\text{сила}(b, a, T), \text{напрпути}(\text{Отрезок}(A, B))) = \text{длина}(\text{сила}(b, a, T)))$$

$$\forall_{ABTab}(\text{тянет}(a, b, T) \ \& \ \text{Путь}(b, T) = \text{Отрезок}(A, B) \rightarrow \text{скалумнож}(\text{сила}(a, b, T), \text{напрпути}(\text{Отрезок}(A, B))) = -\text{длина}(\text{сила}(b, a, T)))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

5. Бросок с нулевой начальной скоростью.

$$\forall_{KTarpq}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Скорость}(a, K, p) = \text{вектор}0 \rightarrow \text{тянет}(K, a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "полезнмощность(K, a, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 1.

6. Координаты силы, действующей вдоль наклонной плоскости.

$$\forall_{KTabcpr}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{тянет}(c, a, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, p, T) \rightarrow \cos p \cdot \text{крд}(\text{сила}(a, c, T), K, 3) = \sin p \cdot \text{крд}(\text{сила}(a, c, T), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(a, c, T), $K, 3$)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "длина(сила(a, c, T))", после обработки нормализаторами общей стандартизации, содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabcpr}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{тянет}(c, a, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, p, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \cos p \cdot \text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 3) = \sin p \cdot \text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 1))$$

Аналогично предыдущему, но с заменой выражения "сила(a, c, T)" на выражение "сила(a, c, t)". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания прежний.

$$\forall_{KTabcpr}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{тянет}(c, a, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, p, T) \ \& \ f = \text{длина}(\text{сила}(a, c, T)) \rightarrow |\text{крд}(\text{сила}(a, c, T), K, 3)| = \text{длина}(\text{сила}(a, c, T)) |\sin p| \ \& \ |\text{крд}(\text{сила}(a, c, T), K, 1)| = \text{длина}(\text{сила}(a, c, T)) \cos p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(a, c, T), $K, 3$)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Выражение f не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

7. Вертикальная составляющая силы тяги при движении по горизонтальной поверхности равна нулю.

$$\forall_{Kabct}(\text{тянет}(a, b, t) \ \& \ \text{движениепо}(b, c, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(b, a, t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "тормозит"

1. Ввод в рассмотрение силы, действующей между телами.

$$\forall_{abt}(\text{тормозит}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

$$\forall_{abt}(\text{тормозит}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. В первом приеме проверяется отсутствие посылки "внештело(a)". Уровень срабатывания равен 1.

2. Направления скорости и силы.

$$\forall_{Kabt}(\text{тормозит}(a, b, t) \ \& \ \text{Скорость}(b, K, t) = v \ \& \ 0 < \text{длина}(v) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \rightarrow \text{однонаправлены}(\text{сила}(b, a, t), -v))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

3. Усмотрение движения вправо при действии постоянной тормозящей силы и начальной скорости, направленной вправо.

$$\forall_{KTabpq}(\text{Силы}(a, \{b\}, T) \ \& \ \text{тормозит}(b, a, T) \ \& \ \text{констсила}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{вправо}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{движвправо}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего и пятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 2.

4. Сила воздействия среды на тело является тормозящей.

$$\forall_{abt}(\text{движениев}(a, b, t) \ \& \ \text{воздействие}(a, b, t) \rightarrow \text{тормозит}(b, a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "упругсвязь"

1. Зависимость силы от удлинения упругого соединения.

$$\forall_{abct}(\text{упругсвязь}(a, b, c, t) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = \text{жесткость}(c) |\text{удлинсвязи}(c, t)|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Либо в посылках задачи уже встречается выражение "удлинсвязи(c, t)", либо не усматривается, что t - временной промежуток. Отсутствует другая посылка вида "упругсвязь(a, b, x, t)". Уровни срабатывания равны 2 и 4.

$$\forall_{Tabct}(\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = \text{жесткость}(c)|\text{удлинсвязи}(c, t)|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует другая посылка вида "упругсвязь(a, b, x, t)". Уровни срабатывания равны 2 и 4.

$$\forall_{abcnt}(\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{упругсвязь}(a, b, c(i), t)) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = |\sum_{i=1}^n (\text{жесткость}(c(i))\text{удлинсвязи}(c(i), t))|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "упругсвязь(a, b, h, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "развертка" определяет идентификацию антецедента с группой посылок вида "упругсвязь(a, b, x, t)", причем берутся все такие посылки. Переменная c функциональная. Проверяется, что $n > 1$. Либо в посылках задачи уже встречается выражение "удлинсвязи(x, t)", либо не усматривается, что t - временной промежуток. Уровни срабатывания равны 2 и 4.

$$\forall_{Tabcnt}(\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{упругсвязь}(a, b, c(i), T)) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = |\sum_{i=1}^n (\text{жесткость}(c(i))\text{удлинсвязи}(c(i), t))|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида "упругсвязь(a, b, h, T)". Указатель "развертка" определяет идентификацию первого антецедента с конъюнкцией посылок вида "упругсвязь(a, b, x, T)", причем берутся все такие посылки. Переменная c функциональная. Проверяется, что $n > 1$. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровни срабатывания равны 2 и 4.

2. Ввод в рассмотрение сил, действующих между телами, соединенными упругой связью.

$$\forall_{abct}(\text{упругсвязь}(a, b, c, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "внештело(a)". Уровень срабатывания равен 1.

3. Направление силы, действующей со стороны упругой связи.

$$\forall_{ABTabct}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{упругсвязь}(a, b, c, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{коллинеарны}(\text{вектор}(AB), \text{силы}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке

задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABabct}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{упругсвязь}(a, b, c, T) \rightarrow \text{коллинеарны}(\text{вектор}(AB), \text{силы}(a, b, t)))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{ABKTabct}(\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{горизпосеквект}(\text{вектор}(AB), K) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(b, a, t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(b, a, t), K, 3)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй и третий - выделены указателем "идентификатор". Четвертый и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABKTabcdt}(\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{горизпосеквект}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{движениепо}(b, d, T) \ \& \ \text{горизповерхн}(d, K, T) \ \& \ \text{неподв}(d, T) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(b, a, T), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила(b, a, T), K, 3)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента, а также шестой и седьмой антецеденты идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABKTabcdet}(\text{упругсвязь}(a, \{b; e\}, c, T) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{горизпосеквект}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{движениепо}(\{b; e\}, d, T) \ \& \ \text{горизповерхн}(d, K, T) \ \& \ \text{неподв}(d, T) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(\{b; e\}, a, T), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(сила({b; e}, a, T), K, 3)" в посылке задачи на исследование. В остальном аналогично предыдущему приему.

$$\forall_{KTacpst}(\text{упругсвязь}(a, c, s) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) = \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 3) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 2) = \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 2) \ \& \ 0 \leq \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 1) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ p = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 1) - \text{исхдлина}(s) \ \& \ 0 \leq p \rightarrow \text{влево}(\text{сила}(a, c, t), K) \ \& \ \text{удлинсвязи}(s, t) = p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, c, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками. Третий, четвертый и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор". Второй, пятый и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABSKTabcdpqt}(\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \ \& \ A = \text{Место}(a, p) \ \& \ B = \text{Место}(b, p) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ t \in T \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{движениепо}(a, d, T) \ \& \ \text{движениепо}(b, d, T) \ \& \ \text{горизповерхн}(d, K, T) \ \& \ \text{неподв}(d, T) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 3) = \text{крд}(\text{сила}(b, c, t), K, 3) \ \& \ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 2) = \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 2) \ \& \ 0 \leq \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ p = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) - \text{исхдлина}(s) \ \& \ 0 \leq p \rightarrow \text{влево}(\text{сила}(a, c, t), K) \ \& \ \text{удлинсвязи}(s, t) = p)$$

Силы($b, \{a, d, K\}, T$) & влево(Скорость(b, K, p), K) & движется(b, K, T) &
 $C = \text{Место}(b, t)$ & вправо(вектор(AC), K) \rightarrow влево(сила(a, b, t), K) &
 вправо(силатрения(a, d, t), K))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, d, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты с номерами 1,4,8,9,10,12,14 идентифицируются с посылками. Второй, третий и пятнадцатый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{ABCKTabcdeprt}$ (упругсвязь(a, b, c, T) & $A = \text{Место}(a, p)$ & $B = \text{Место}(b, p)$ &
 $T = [p, q]$ & $t \in T$ & влево(вектор(AB), K) & неподв(a, T) & движениепо(a, d, T)
 & движениепо(b, d, T) & горизповерхн(d, K, T) & неподв(d, T) &
 Силы($b, \{a, d, e, K\}, T$) & Скорость(b, K, p) = вектор0 & движется(b, K, T) &
 $C = \text{Место}(b, t)$ & влево(вектор(AC), K) & констсила(b, e, T) &
 вправо(сила(b, e, T), K) \rightarrow вправо(сила(a, b, t), K) &
 влево(силатрения(a, d, t), K))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, d, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты с номерами 1,4,8,9,10,12,13,14,17 идентифицируются с посылками. Второй, третий и пятнадцатый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

4. Усмотрение постоянной силы.

$\forall_{DETaprst}$ (Путь(a, T) = Дуга(D, E, n, p) & неподв(d, T) & упругсвязь(a, d, s, T) &
 $t \in T$ & $D = \text{Место}(d, t)$ \rightarrow констсила(a, d, T))

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, третий и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

5. Удлинение упругого соединения.

\forall_{st} (|удлинсвязи(s, t)| = исхдлина(s) \leftrightarrow удлинсвязи(s, t) = исхдлина(s))

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{ADadst} (упругсвязь(a, d, s, t) & Место(a, t) = A & Место(d, t) = D \rightarrow
 удлинсвязи(s, t) = $l(AD)$ – исхдлина(s))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "удлинсвязи(s, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{ADTadst}$ (упругсвязь(a, d, s, T) & $t \in T$ & Место(a, t) = A & Место(d, t) = D \rightarrow
 удлинсвязи(s, t) = $l(AD)$ – исхдлина(s))

Аналогично предыдущему, но второй антецедент обрабатывается проверочным оператором, а уровень срабатывания равен 6.

6. Направление перемещения тела.

$\forall_{ABCKT} \text{Tabcpqt}$ (упругсвязь(a, b, c, T) & Силы($b, \{a, p\}, T$) & $T = [t, q]$ & $A = \text{Место}(a, t)$ & $B = \text{Место}(b, t)$ & вправо(вектор(AB), K) & вправо(сила(b, p, T), K) & $C = \text{Место}(b, q)$ & прямокоорд(K) & удлинсвязи(c, t) = 0 \rightarrow вправо(вектор(BC), K))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также два последних идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой и седьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Четвертый, пятый и восьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

7. Две параллельные упругие связи.

$\forall_{Tabcdef} (t \in T$ & упругсвязь(a, b, c, T) & упругсвязь(d, e, f, T) & $\text{Место}(a, t) = \text{Место}(d, t)$ & $\text{Место}(b, t) = \text{Место}(e, t)$ & $\text{исхдлина}(c) = \text{исхдлина}(f) \rightarrow \text{удлинсвязи}(c, t) = \text{удлинсвязи}(f, t)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "удлинсвязи(c, t)" в посылке задачи на исследование. Второй и третий антецеденты идентифицируются с посылками. Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Последние три антецедента выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

8. Знак удлинения упругой связи.

$\forall_{ABCKT} \text{Tabcpq}$ (упругсвязь(a, b, c, T) & $T = [p, q]$ & $A = \text{Место}(a, p)$ & $B = \text{Место}(b, p)$ & вправо(вектор(AB), K) & $A = \text{Место}(a, q)$ & $C = \text{Место}(b, q)$ & вправо(вектор(BC), K) & удлинсвязи(c, p) = 0 & прямокоорд(K) $\rightarrow 0 \leq \text{удлинсвязи}(c, q)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "модуль(удлинсвязи(c, q))" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента, а также последние два идентифицируются с посылками. Пятый и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами, остальные - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCKT} \text{Tabcdpq}$ (упругсвязь($a, \{b; d\}, c, T$) & $T = [p, q]$ & $A = \text{Место}(a, p)$ & $B = \text{Место}(b, p)$ & вправо(вектор(AB), K) & $A = \text{Место}(a, q)$ & $C = \text{Место}(b, q)$ & влево(вектор(BC), K) & удлинсвязи(c, p) = 0 & прямокоорд(K) $\rightarrow \text{удлинсвязи}(c, q) \leq 0$)

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "степень(удлинсвязи(c, q), 2)".

9. Перемещение параллельно оси абсцисс.

$\forall_{ABKT} \text{Tabcpst}$ (упругсвязь(a, b, c, T) & $T = [s, t]$ & движениепо(b, p, T) & горизповерхн(p, K, T) & поверхнземли(K) & $A = \text{Место}(a, s)$ & $B = \text{Место}(b, s)$ & вправо(вектор(AB), K) & одномерный(Скорость(b, K, s), K) & неподв(a, T) & Силы($b, \{a, p, K\}$) \rightarrow крд($\text{Место}(b, t), K, 1$) = крд($\text{Место}(a, s), K, 1$) + $\text{исхдлина}(c)$ + удлинсвязи(c, t) & крд($\text{Место}(b, t), K, 3$) = крд($\text{Место}(a, s), K, 3$))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов, а также последний антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в последнем из них. Антецеденты с восьмого по десятый обрабатываются проверочными операторами; шестой и седьмой - выделены указателем "идентификатор". Выражение "удлинсвязи(c, t)" уже встречается в задаче.

$$\forall_{ABKT} abct (\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \& t \in T \& A = \text{Место}(a, t) \& B = \text{Место}(b, t) \\ \& \text{вправо}(\text{вектор}(AB), K) \& \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \\ \text{крд}(B, K, 1) = \text{крд}(A, K, 1) + \text{исхдлина}(c) + \text{удлинсвязи}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и пятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "удлинсвязи(c, t)" уже встречается в задаче. Уровни срабатывания равны 2 и 4.

10. Вертикальное перемещение.

$$\forall_{ABKT} abcprt (\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \& \text{неподв}(b, T) \& T = [p, q] \& \\ \text{поверхземли}(K) \& A = \text{Место}(a, p) \& B = \text{Место}(b, p) \& \\ \text{вверх}(\text{вектор}(BA), K) \& \text{Силы}(a, \{b, K\}, T) \& \\ \text{вертикалнпр}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \& t \in T \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 3) = \text{крд}(B, K, 3) + \text{исхдлина}(c) + \text{удлинсвязи}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, третий, четвертый и восьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в восьмом антецеденте. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "удлинсвязи(c, t)". Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

11. Кратная связь.

$$\forall_{T} abcdst (\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \& \text{упругсвязь}(a, b, d, T) \& s \in T \& t \in T \& \\ \text{удлинсвязи}(c, s) = \text{удлинсвязи}(d, s) \rightarrow \text{удлинсвязи}(c, t) = \text{удлинсвязи}(d, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "удлинсвязи(c, t)" в посылке задачи на исследование. Первый, второй и пятый антецеденты идентифицируются с посылками, причем пятый выделен указателем "равно". Третий и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

12. Длина пути.

$$\forall_{ABCKST} abcdrpq (\text{упругсвязь}(a, b, c, S) \& T = [p, q] \& \text{неподв}(a, T) \& \\ \text{движениепо}(b, d, S) \& \text{горизповерхн}(d, K, S) \& \text{неподв}(d, T) \& \\ \text{Место}(a, p) = A \& \text{Место}(b, p) = B \& \text{Силы}(b, \{a, K, d\}S) \& C = \text{Место}(b, q) \\ \& \text{вправо}(\text{вектор}(AB), K) \& \text{вправо}(\text{вектор}(AC), K) \& \\ \text{одномерный}(\text{Скорость}(b, K, p), K) \& T \subseteq S \& \text{неподв}(K, T) \& \\ \text{движется}(b, K, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(b, T)) = |\text{удлинсвязи}(c, q) - \text{удлинсвязи}(c, p)|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь(b, T)))" в посылке задачи на исследование. Первый, второй, четвертый, пятый, девятый

и шестнадцатый антецеденты идентифицируются с посылками. При этом второй антецедент выделен указателем "возмравно". Седьмой, восьмой и десятый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCKSTabcdepq}(\text{упругсвязь}(a, b, c, S) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{движениепо}(b, d, S) \ \& \ \text{горизповерхн}(d, K, S) \ \& \ \text{неподв}(d, T) \ \& \ \text{Место}(a, p) = A \ \& \ \text{Место}(b, p) = B \ \& \ \text{Силы}(b, \{a, K, d, e\}S) \ \& \ C = \text{Место}(b, q) \ \& \ \text{влево}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{влево}(\text{вектор}(AC), K) \ \& \ \text{одномерный}(\text{Скорость}(b, K, p), K) \ \& \ T \subseteq S \ \& \ \text{одномерный}(\text{сила}(b, e, S), K) \ \& \ \text{констсила}(b, e, S) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{движется}(b, K, T) \rightarrow \text{длина}(\text{Путь}(b, T)) = |\text{удлинсвязи}(c, q) - \text{удлинсвязи}(c, p)|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь(b, T))" в посылке задачи на исследование. Первый, второй, четвертый, пятый, девятый и восемнадцатый антецеденты идентифицируются с посылками. При этом второй антецедент выделен указателем "возмравно". Седьмой, восьмой и десятый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

13. Равные удлинения при равенстве позиций концов.

$$\forall_{Tabcprq}(\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{Место}(b, p) = \text{Место}(b, q) \rightarrow \text{удлинсвязи}(c, p) = \text{удлинсвязи}(c, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "удлинсвязи(c, p))" в посылке задачи на исследование. Первый и пятый антецедент идентифицируются с посылками, причём пятый выделен указателем "равно". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражения p, q различны. Уровень срабатывания равен 2.

14. Ввод в рассмотрение воображаемых объектов для определения жесткости упругого соединения.

$$\forall_{abct}(\text{упругсвязь}(a, b, c, t) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{воздействие}(b, a, t) \ \& \ \text{Силы}(b, \{a\}, t) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(b, a, t)) = \text{жесткость}(c) \ \& \ \text{удлинсвязи}(c, t) \ \& \ 0 < \text{длина}(\text{сила}(b, a, t)) \ \& \ t - \text{число} \ \& \ \text{внештело}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "жесткость(c))" в посылке задачи на исследование. Это подвыражение имеет тип "неизв", причём отсутствует посылка вида "упругсвязь(x, y, c, z)". Прием вводит новые переменные a, b, t . Уровень срабатывания равен 4.

15. Расстояние между точками, соединенными упругой связью.

$$\forall_{Tabc}(\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \ \& \ t \in T \rightarrow l(\text{Место}(a, t) \ \text{Место}(b, t)) = \text{исхдлина}(c) + \text{удлинсвязи}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

16. Нормализатор общей стандартизации "нормисхдлина".

Имеется единственный прием, использующий равенство из посылок:

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Выражение a имеет заголовок "исхдлина", антецедент идентифицируется с посылкой. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение b не содержит a .

Приемы, связанные с символом "силатрения"

1. Разложение силы воздействия поверхности на силу трения и силу нормальной реакции.

$$\forall_{abt}(\text{движениепо}(a, b, t) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{силатрения}(a, b, t) + \text{нормреакция}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2. Созданы еще несколько версий данного приема. В первой из них указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "силатрения(a, b, t)". Во второй версии указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сила(a, b, t)", причем в задаче уже рассматривается выражение вида "силатрения(a, b, x)". Третья версия отличается от второй тем, что вместо требования о наличии выражения "силатрения(...)" требуется наличие посылки вида "коэффтрения(a, b) = k ", где k не содержит неизвестных. При этом должно усматриваться, что t - временной промежуток. В четвертой версии указатель "контрольвывода" относится к подвыражению вида "коэффтрения(a, c)", расположенному под квантором общности по переменной c . Уровни срабатывания перечисленных четырех версий равны 2. В пятой версии, имеющей уровень срабатывания 4, указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "коэффтрения(a, b)". В ней требуется отсутствие посылок вида " $x \in t$ ", " $t = x \cup y$ ", "центртяжести(d, a)".

$$\forall_{Kabct}(\text{движениепо}(a, b, t) \& \text{гладкое}(b) \& \text{Наклплоск}(b, K, c, t) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{нормреакция}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{STab}(\text{движениепо}(a, b, T) \& S \subseteq T \rightarrow \text{сила}(a, b, S) = \text{силатрения}(a, b, S) + \text{нормреакция}(a, b, S))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "коэффтрения(a, b)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "сила(a, b, S)" уже встречается в задаче. Выражения S, T различны. Отсутствуют посылки вида " $x \in S$ ", " $S = x \cup y$ ". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Tabt}(\text{движениепо}(a, b, T) \& t \in T \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{силатрения}(a, b, t) + \text{нормреакция}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение вида "силатрения(a, b, x)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

2. Сила трения при движении по гладкой поверхности.

$$\forall_{ab}(\text{гладкое}(b) \rightarrow \text{коэффтрения}(a, b) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abt}(\text{гладкое}(b) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, t) \rightarrow \text{силатрения}(a, b, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

3. Величина силы трения для движущегося тела.

$$\forall_{abkt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{коэффтрения}(a, b) = k \ \& \ 0 < \text{длина}(\text{Скорость}(a, b, t)) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) = k \cdot \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "коэффтрения(a, b)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение k не содержит неизвестных. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выведенная послылка сопровождается комментарием "ориентацияравенства". Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 4. Она отличается лишь тем, что выражение k содержит неизвестные.

$$\forall_{KTabt}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{коэффтрения}(a, b) = k \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{движется}(a, K, t) \ \& \ t \subseteq T \rightarrow \\ \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) = k \cdot \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Первый и пятый антецеденты идентифицируются с послылками, второй - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение "коэффтрения(a, b)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabkt}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{коэффтрения}(a, b) = k \ \& \ \text{движется}(a, b, t) \ \& \ t \subseteq T \rightarrow \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) = k \cdot \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)))$$

Аналогично предыдущему. Первый и третий антецеденты идентифицируются с послылками, второй - выделен указателем "идентификатор", четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTabk}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{коэффтрения}(a, b) = k \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ 0 < \text{длина}(\text{Ускорение}(a, K, T)) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, T)) = k \cdot \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Ускорение(a, K, T)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение k не содержит неизвестных. Последние три антецедента обрабатываются проверочными операторами. Усматривается, что T - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabk}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{коэффтрения}(a, b) = k \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{Равндвиж}(a, T) \ \& \ \neg(\text{длина}(\text{Путь}(a, T)) = 0) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, T)) = k \cdot \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, T)" в послылке задачи на исследование. Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с послылками, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение k не содержит неизвестных. Третий и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение "Путь(a, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabkt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{Неподв}(b, T) \ \& \ \text{коэффтрения}(a, b) = k \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ \text{Неподв}(K, T) \ \& \ 0 < \text{длина}(\text{Ускорение}(a, K, t)) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) = k \cdot \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Ускорение(a, K, t)" в послылке задачи на исследование. Это подвыражение расположено в равенстве вида "крд(Ускорение(a, K, t), K, i) = p ", где выражение p не содержит неизвестных и не тождественно нулевое. Первый, третий и четвертый антецеденты идентифицируются с послылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

4. Направление силы трения для движущегося тела.

$$\forall_{abt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ 0 < \text{длина}(\text{Скорость}(a, b, t)) \rightarrow \\ \text{однаправлены}(\text{силатрения}(a, b, t), -\text{Скорость}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{движвлево}(a, K, t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \rightarrow \\ \text{вправо}(\text{силатрения}(a, b, t), K))$$

$$\forall_{Kabt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{движвправо}(a, b, t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \rightarrow \\ \text{влево}(\text{силатрения}(a, b, t), K))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{KTabt} (движениепо(a, b, T) & движвправо(a, K, T) & неподв(b, T) & неподв(K, T) & $t \in T \rightarrow$ влево(силатрения(a, b, t), K))

Аналогично предыдущему. Проверочными операторами обрабатываются три последних антецедента.

5. Направление силы трения при действии единственной внешней силы на неподвижное тело.

\forall_{Kabcdt} (Силы($c, \{a, K\}, t$) & Силы($a, \{b, c, d, K\}, t$) & поверхнземли(K) & Неподв(a, t) & Неподв(b, t) & горизповерхн(b, K, t) & лежитна(a, b, t) & лежитна(c, a, t) & вертплоск(сила(a, d, t), K) \rightarrow крд(силатрения(a, b, t), $K, 2$) = 0)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого, пятого и девятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

6. Величина силы трения при движении по оси абсцисс равна модулю ее горизонтальной составляющей.

\forall_{Kabt} (движениепо(a, b, t) & одномерндвиж(a, K, t) & Неподв(b, t) \rightarrow длина(силатрения(a, b, t)) = |крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$)|)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

7. Вертикальная составляющая силы трения при движении по горизонтальной поверхности равна нулю.

\forall_{Kabt} (движениепо(a, b, t) & горизповерхн(b, K, t) \rightarrow крд(силатрения(a, b, t), $K, 3$) = 0)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

8. Координаты силы трения при движении по горизонтальной поверхности.

\forall_{Kabt} (движениепо(a, b, t) & горизповерхн(b, K, t) & крд(Скорость(a, b, t), $K, 2$) = 0 & 0 < длина(Скорость(a, b, t)) \rightarrow |крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$)| = длина(силатрения(a, b, t)) & крд(силатрения(a, b, t), $K, 2$) = 0 & крд(силатрения(a, b, t), $K, 3$) = 0)

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Прямо либо косвенно рассматривается длина этой силы. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, третий - выделен указателем "идентификатор", четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Не усматривается, что сила трения направлено влево либо что она направлена вправо. Уровень срабатывания равен 3. Заметим, что обычно прием применяется уже после того, как длина силы трения была выражена через длину нормальной реакции.

9. Усмотрение силы трения покоя для горизонтальной поверхности.

$\forall_{Kabcprqt}$ (движениепо(a, b, t) & горизповерхн(b, K, t) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, c, K\}$) & горизплосквект(сила(a, c, t), K) & коэффтрения(a, b) = k & длина(сила(a, c, t)) = p & крд(нормреакция(a, b, t), $K, 3$) = q & $0 \leq qk - p$ & Неподв(b, t) \rightarrow длина(силатрения(a, b, t)) = p)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и восьмой антецедент идентифицируются с посылками. Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражения k, p не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

10. Координаты силы трения покоя для наклонной плоскости.

\forall_{Kabct} (лежитна(a, b, t) & Наклплоск(b, K, c, t) & Силы($a, \{b, K\}$) & поверхнземли(K) \rightarrow крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$) $\sin c$ = крд(силатрения(a, b, t), $K, 3$) $\cos c$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "длина(силатрения(a, b, t))". Уровень срабатывания равен 2.

11. Координаты силы трения при движении по наклонной плоскости.

\forall_{Kbpt} (лежитна(b, p, t) & Наклплоск($p, K, \pi/2, t$) & Неподв(K, t) \rightarrow крд(силатрения(b, p, t), $K, 1$) = 0)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(силатрения(b, p, t), $K, 1$)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{Kabct} (движениепо(a, b, t) & Наклплоск(b, K, c, t) & крд(Скорость(a, b, t), $K, 2$) = 0 \rightarrow |крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$)| = длина(силатрения(a, b, t)) $\cos c$ & крд(силатрения(a, b, t), $K, 2$) = 0 & |крд(силатрения(a, b, t), $K, 3$)| = длина(силатрения(a, b, t)) | $\sin c$ |)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Прямо либо косвенно рассматривается длина этой силы. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "идентификатор". Для каждой силы воздействия на объект a объекта, отличного от b, K , усматривается, что эта сила лежит в вертикальной плоскости. Отсутствует посылка вида " $a \in X$ ". Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{KTabct} (движениепо(a, b, T) & Наклплоск(b, K, c, T) & крд(Скорость(a, b, t), $K, 2$) = 0 & $t \in T$ \rightarrow |крд(силатрения(a, b, t), $K, 1$)| = длина(силатрения(a, b, t)) $\cos c$ & крд(силатрения(a, b, t), $K, 2$) = 0 & |крд(силатрения(a, b, t), $K, 3$)| = длина(силатрения(a, b, t)) | $\sin c$ |)

Аналогично предыдущему, но четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором.

$$\forall_{Kabcst}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, s) \ \& \ \text{вертплоскдвиж}(a, K, t) \ \& \ t \subseteq s \rightarrow |\text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 1)| = \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) \cos c \ \& \ \text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 2) = 0 \ \& \ |\text{крд}(\text{силатрения}(a, b, t), K, 3)| = \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) |\sin c|)$$

Аналогично предыдущему, но третий антецедент идентифицируется с посылкой.

12. Неподвижный вертикальный стержень расположен между вертикальной и горизонтальной плоскостями.

$$\forall_{BCKabcprt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(p, K, -\pi/2, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(q, K, t) \ \& \ \text{Неподв}(p, t) \ \& \ \text{Неподв}(q, t) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{движениепо}(b, p, t) \ \& \ \text{движениепо}(c, q, t) \ \& \ \text{вертплосквект}(\text{вектор}(BC), K) \rightarrow \text{длина}(\text{силатрения}(b, p, t)) = \text{крд}(\text{силатрения}(b, p, t), K, 3) \ \& \ \text{длина}(\text{силатрения}(c, q, t)) = -\text{крд}(\text{силатрения}(c, q, t), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(силатрения(c, q, t))" в посылке задачи на исследование. Первые семь антецедентов, а также одиннадцатый и двенадцатый антецеденты идентифицируются с посылками. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствуют такие посылки " $x \in a$ ", "воздействие(x, y, z)", что y отлично от p, q . Уровень срабатывания равен 3.

13. Скалярное произведение радиус-вектора на силу трения.

$$\forall_{ABabt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{центркрив}(a, B, t) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{нормнапр}(A, b, \text{вектор}(BA), t) \rightarrow \text{скалумнож}(\text{вектор}(BA), \text{силатрения}(a, b, t)) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все антецеденты, кроме третьего, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

14. Направление силы трения для точки, лежащей на горизонтальной плоскости, равномерно вращающейся около вертикальной оси.

$$\forall_{BCKabpt}(\text{лежитна}(b, a, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Силы}(b, \{a, K\}, t) \ \& \ \text{равнвращение}(a, p, t) \ \& \ \text{вертиканапр}(\text{орвект}(p, t), K) \ \& \ \text{горизповерхн}(a, K, t) \ \& \ \text{центркрив}(b, C, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{однонаправлены}(\text{силатрения}(b, a, t), \text{вектор}(BC)))$$

Выражение "орвект(p, t)" обозначает единичный направляющий вектор ориентированной материальной прямой p в момент либо период t .

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

15. Ориентация равенства.

$$\forall_{abct}(c = \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) \leftrightarrow \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение s не содержит символов "сила", "Сила", "нормреакция", "силатрения", "Ускорение", "элсила". Преобразованная посылка снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 0.

16. Решение линейного уравнения относительно величины силы трения.

$$\forall_{abprt}(\neg(q = 0) \rightarrow p \cdot \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t))/r = q \leftrightarrow \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) = qr/p \ \& \ \neg(p = 0))$$

$$\forall_{abprt}(\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t))/r = q \leftrightarrow \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, t)) = qr/p)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения p, q, r не содержат невырожденных числовых атомов с неизвестными, не имеющих заголовка "масса" и не содержащих символа "Путь". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "нормреакция"

1. Величина нормальной реакции при движении по горизонтальной поверхности равна модулю z-координаты вектора воздействия поверхности на тело.

$$\forall_{Kabt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, t) \rightarrow \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) = |\text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 3)|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(нормреакция(a, b, t))" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

2. Величина нормальной реакции для горизонтальной поверхности при отсутствии внешних сил.

$$\forall_{Kabt}(\text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) = \text{масса}(a)g)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению условия задачи на описание, имеющей цель "исключ". Задача не имеет условий вида "воздействие(a, x, y)". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabst}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, t) \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, K\}, s) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ s \subseteq t \rightarrow \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, s), K, 3) = \text{масса}(a)g)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, пятый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabcdst}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{стержень}(b) \ \& \ \text{движениепо}(b, c, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, t) \ \& \ \text{Силы}(a, \{d, K\}, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ s \subseteq t \ \& \ \text{центртяжести}(d, b) \rightarrow \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, s)) = \text{масса}(a)g)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(нормреакция(a, b, s))" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме седьмого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

3. Координаты нормальной реакции при движении по наклонной плоскости.

$$\begin{aligned} & \forall_{Kabct}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, t) \rightarrow \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 1) = -\text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) \sin c \ \& \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 2) = 0 \ \& \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) \cos c \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Прямо либо косвенно рассматривается длина этой нормальной реакции. Antecedents идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{KTabct}(\text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 1) = -\text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) \sin c \ \& \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 2) = 0 \ \& \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) \cos c \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему, но третий antecedent обрабатывается проверочным оператором.

$$\begin{aligned} & \forall_{Kabcst}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(b, K, c, s) \ \& \ t \subseteq s \rightarrow \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 1) = -\text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) \sin c \ \& \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 2) = 0 \ \& \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) \cos c \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему.

4. Нормальная реакция в случае горизонтального направления нормали к поверхности.

$$\begin{aligned} & \forall_{AKabct}(A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{нормнапр}(A, b, c, t) \ \& \ \text{горизплосквект}(c, K) \rightarrow \\ & \text{крд}(\text{нормреакция}(a, b, t), K, 3) = 0) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два antecedents идентифицируются с послылками, третий - обрабатывается проверочным оператором.

5. Нормальные реакция действия и противодействия.

$$\forall_{abt}(\text{нормреакция}(a, b, t) = -\text{нормреакция}(b, a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нормреакция(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Выражение "нормреакция(b, a, t)" тоже встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

6. Скалярное произведение радиус-вектора на силу нормальной реакции.

$$\forall_{ABabt}(\text{движениепо}(a, b, t) \ \& \ \text{центркрив}(a, B, t) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{нормнапр}(A, b, \text{вектор}(BA), t) \rightarrow$$

скалумнож(вектор(BA), нормреакция(a, b, t)) =
 $l(AB)$ длина(нормреакция(a, b, t)))

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все antecedentes, кроме третьего, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

7. Направление силы нормальной реакции на поверхности шара.

$\forall_{ABDbcdt}$ (текместо(b , Поверхнтела(A), t) = c & планета(A) &
 центртяжести(d, A) & $D = \text{Место}(d, t)$ & $B = \text{Место}(b, t) \rightarrow$
 однанаправлены(вектор(BD), нормреакция(c, b, t)))

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий antecedentes идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Четвертый и пятый antecedentes выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

8. Ориентация равенства.

\forall_{abct} ($c = \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) \leftrightarrow \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) = c$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение c не содержит символов "сила", "Сила", "нормреакция", "силатрения", "Ускорение", "элсила". Преобразованная посылка снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 0.

9. Решение линейного уравнения относительно величины нормальной реакции.

\forall_{abpqrt} ($\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t))/r = q \leftrightarrow$
 $\text{длина}(\text{нормреакция}(a, b, t)) = qr/p$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Antecedent обрабатывается проверочным оператором. Выражения p, q, r не содержат невырожденных числовых атомов с неизвестными, не имеющих заголовка "масса". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "коэффтрения"

1. Ввод в рассмотрение коэффициента трения.

\forall_{Tabkpt} (движениепо(a, b, T) & $p \in T$ & $t \in T \rightarrow \text{коэффтрения}(a, b) = k$)

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "гладкое(b)". Выражение "коэффтрения(a, b)" пока не встречается в задаче. Выражения для моментов времени p, t различны. Отсутствует кванторная посылка, имеющая своим консеквентом равенство вида "силатрения(a, b, x) = A ". Прием вводит новую переменную k . Уровень срабатывания равен 2.

2. Существование процесса движения с заданным коэффициентом трения.

\forall_{bpt} (\exists_a (лежитна(a, b, t) & коэффтрения(a, b) = p))

Прием имеет заголовок "связка" и применяется в задачах на описание, имеющих цель "исключ". Подкванторные утверждения идентифицируются со всеми условиями, содержащими неизвестную a . Эта неизвестная не входит в выражения b, p, t . Уровень срабатывания равен 2.

3. Условие неподвижности тела, лежащего на движущейся плоскости.

\forall_{Kabptw} (поверхземли(K) & лежитна(a, b, t) & горизповерхн(b, K, t) & коэффтрения(a, b) = p & Ускорение(b, K, t) = w & горизплосквект(w, K) \rightarrow Ускорение(a, b, t) = вектор0 \leftrightarrow масса(a)длина(w) $\leq p \cdot$ длина(нормреакция(a, b, t)))

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание, имеющей цель "исключ". Отсутствует условие вида "воздействие(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

4. Переменный коэффициент трения.

$\forall_{MNTabcfpqt}$ (движениепо(a, b, T) & $T = [p, q]$ & движется(a, b, T) & Путь(a, T) = Отрезок(M, N) & неподв(b, T) & $t \in T$ & $\forall_x(x \in b$ & Место(x, p) \in отрезок(MN) \rightarrow коэффтрения(a, x) = $f(x)$) \rightarrow $c \in b$ & Место(c, p) = Место(a, t) & длина(силатрения(a, b, t)) = $f(c)$ длина(нормреакция(a, b, t)))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "силатрения(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с посылками. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор", пятый и шестой - обрабатываются проверочными операторами. Переменная f функциональная. Отсутствует посылка вида " $y \in b$ ", такая, что выражения "Место(y, p)" и "Место(a, t)", после обработки их нормализатором "нормМесто", совпадают. Прием вводит новую переменную c . Уровень срабатывания равен 3.

5. Приведение подобных членов.

$\forall_{abcd}(a \cdot$ коэффтрения(c, d) + $b \cdot$ коэффтрения(c, d) = $(a + b) \cdot$ коэффтрения(c, d))

Прием имеет заголовок "второйтерм". Выражения a, b не имеют невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 3.

6. Нормализатор общей стандартизации "нормкоэффтрения".

Имеется единственный прием, использующий равенство из посылок:

\forall_{abc} (коэффтрения(a, b) = $c \rightarrow$ коэффтрения(a, b) = c)

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства не допускается. Выражение "коэффтрения(a, b)" не встречается в c .

Приемы, связанные с символом "граньскольжения"

1. Величина силы трения.

\forall_{abt} (граньскольжения(a, b, t) \rightarrow длина(силатрения(a, b, t)) = коэффтрения(a, b)длина(нормреакция(a, b, t)))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Равенство ускорений.

\forall_{Kabt} (граньскольжения(a, b, t) & прямкоорд(K) \rightarrow Ускорение(a, K, t) = Ускорение(b, K, t))

Аналогично предыдущему.

3. Равенство скоростей.

\forall_{Kabct} (граньскольжения(a, b, t) & прямокоорд(K) & центртяжести(c, b) \rightarrow
Скорость(a, K, t) = Скорость(c, K, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "Скорость(c, K, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "торможение"

1. Усмотрение торможения.

\forall_{KTakp} (Силы($a, \{b\}, T$) & одномерндвиж(a, K, T) & прямокоорд(K) & $kp < 0$
& $\forall_t(t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, b, t), K, 1) = k \cdot \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, t), K, 1)/p) \rightarrow$
торможение(a, T))

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом из них. Уровень срабатывания равен 3.

2. Длина пути при одномерном торможении равна модулю разности координат начальной и конечной точек.

\forall_{KTast} (одномерндвиж(a, K, T) & торможение(a, T) & $s \in T$ & $t \in T \rightarrow$
длина(Путь($a, [s, t]$)) = $|\text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) - \text{крд}(\text{Место}(a, s), K, 1)|$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(Путь($a, [s, t]$))" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

3. Направление скорости при торможении.

\forall_{KTarqt} (одномерндвиж(a, K, T) & торможение(a, T) & $T = [p, q]$ & неподв(K, T)
& вправо(Скорость(a, K, p), K) & $t \in T \rightarrow$ вправо(Скорость(a, K, t), K))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и шестой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию свободного вхождения подвыражения "Скорость(a, K, t)" в некоторую посылку. Не усматривается, что эта скорость нулевая. Выражения p, t различны. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "граньпроскальз"

1. Движение в горизонтальной плоскости по вертикальной поверхности.

$\forall_{ASKabct}$ (движениепо(a, b, t) & центркрив(a, C, t) & $A = \text{Место}(a, t)$ &
горизпосквект(вектор(CA), K) & поверхнземли(K) & нормнапр(A, b, c, t))

& коллинеарны(c , вектор(CA)) & горизпосквект(Скорость(a, K, t), K) & граньпроскальз(a, b, t) \rightarrow
 крд(силатрения(a, b, t), $K, 3$) = коэффтрения(a, b)длина(нормреакция(a, b, t))
 & крд(Ускорение(a, K, t), $K, 3$) = 0)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента, а также пятый, шестой и девятый antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedент выделен указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

2. Движение по неподвижной горизонтальной поверхности.

\forall_{ACKabt} (движениепо(a, b, t) & граньпроскальз(a, b, t) & центркрив(a, C, t) & горизповерхн(b, K, t) & Неподв(b, t) & $A = \text{Место}(a, t) \rightarrow$
 скалумнож(вектор(CA), силатрения(a, b, t)) =
 - длина(нормреакция(a, b, t))коэффтрения(a, b) $l(AC)$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все antecedенты, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

3. Движение по неподвижной поверхности, имеющей уклон.

$\forall_{ACKabmntu}$ (движениепо(a, b, t) & Неподв(b, t) & уклон(A, C, K, b) = u & центркрив(a, C, t) & горизпосквект(вектор(CA), K) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, K\}, t$) & $A = \text{Место}(a, t)$ & внешнепр(A, b , вектор(AC), t) & $n = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t))$ & $m = |\text{скалумнож}(\text{вектор}(CA), \text{сила}(a, b, t))|/l(AC)$ & граньпроскальз(a, b, t) $\rightarrow |n \sin u - m \cos u| = \text{коэффтрения}(a, b)(m \sin u + n \cos u)$)

Выражение "уклон(A, C, K, b)" обозначает угол наклона в точке A линии, получающейся при пересечении поверхности b с вертикальной в смысле прямоугольной системы координат K плоскостью, проходящей через точки A и C . Угол измеряется от $-\pi/2$ до $\pi/2$, причем если линия опускается при движении от A к C , то уклон считается положительным, иначе - отрицательным.

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, третий, четвертый и двенадцатый antecedенты, а также antecedенты с шестого по девятый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Вторым и пятым antecedентами обрабатываются проверочными операторами; десятый и одиннадцатый - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{ACKTabmntu}$ (движениепо(a, b, T) & неподв(b, T) & $t \in T$ & уклон(A, C, K, b) = u & центркрив(a, C, t) & горизпосквект(вектор(CA), K) & поверхнземли(K) & Силы($a, \{b, K\}, t$) & $A = \text{Место}(a, t)$ & внешнепр(A, b , вектор(AC), t) & $n = \text{длина}(\text{сила}(a, K, t))$ & $m = |\text{скалумнож}(\text{вектор}(CA), \text{сила}(a, b, t))|/l(AC)$ & граньпроскальз(a, b, t) $\rightarrow |n \sin u - m \cos u| = \text{коэффтрения}(a, b)(m \sin u + n \cos u)$)

Аналогично предыдущему. Дополнительный третий antecedент обрабатывается проверочным оператором.

Приемы, связанные с символом "внештело"

1. Точка тела, на которое могут действовать не указанные в задаче силы.

$\forall_{AB}(A \in B \text{ \& } \text{внештело}(B) \rightarrow \text{внештело}(A))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Емкость контейнера.

$$\forall_{ab}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{внештело}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = b \rightarrow \text{внештело}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

3. Часть тела.

$$\forall_{ab}(a \subseteq b \ \& \ \text{внештело}(b) \rightarrow \text{внештело}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "внешсилы"

Утверждение "внешсилы(a, b, c)" означает, что a есть множество всевозможных пар (p, q) , где q - внешний объект, оказывающий в течение промежутка времени c силовое воздействие на объект p множества b . Из a исключаются пары для силовых воздействий, учитываемых в определении потенциальной энергии системы объектов b . Это утверждение имеет вспомогательный характер. Оно определяет список внешних сил, работа которых должна учитываться при нахождении изменения механической энергии. Чтобы вывести такое утверждение, изначально берется утверждение вида "внешсилы(\emptyset, d, c)", где d - список тел, работа которых упоминается в задаче, и к этому утверждению применяется нормализатор "смвнешсилы", пополняющий списки a, b . Соответствующий прием будет приведен в разделе, связанном с работой и энергией. Здесь же приведем лишь приемы нормализатора:

1. Учет связей.

$$\forall_{STabcprq}(\text{упругсвязь}(a, b, c, S) \ \& \ \text{общпериод}(S, T) \rightarrow \text{внешсилы}(p, \{a; q\}, T) \leftrightarrow \text{внешсилы}(p, \{a, b, c; q\}, T))$$

Напомним, что "общпериод" - проверочный оператор, усматривающий непустоту пересечения двух временных промежутков. От оператора "усмненепересек" отличается тем, что учитывает стандартные умолчания, принятые при работе с временными промежутками (именно, их невырожденность).

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Не усматривается, что b входит в список q . Отсутствует посылка вида "внештело(b)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{STabcprq}(\text{упругсвязь}(a, b, c, S) \ \& \ \text{общпериод}(S, T) \rightarrow \text{внешсилы}(p, \{a; q\}, T) \leftrightarrow \text{внешсилы}(p, \{a, c; q\}, T))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Не усматривается, что c входит в список q . Утверждение "внештело(b)" является посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{STabcprq}(\text{упругсвязь}(a, b, c, S) \ \& \ \text{общпериод}(S, T) \rightarrow \text{внешсилы}(p, \{a, b; q\}, T) \leftrightarrow \text{внешсилы}(p, \{a, b, c; q\}, T))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Не усматривается, что c входит в список q . Отсутствует посылка вида "внештело(b)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabcprq}(\text{стержень}(b) \ \& \ \text{концы}(b) = \{a, c\} \rightarrow \\ \text{внешсилы}(p, \{a; q\}, T) \leftrightarrow \text{внешсилы}(p, \{a, c; q\}, T))$$

Антеcedенты идентифицируются с посылками. Не усматривается, что c входит в список q . Отсутствует посылка вида "масса(c) = 0". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{STabcprq}(\text{движениепо}(a, b, S) \ \& \ \text{общепериод}(S, T) \ \& \ \text{центртяжести}(c, b) \rightarrow \\ \text{внешсилы}(p, \{a; q\}, T) \leftrightarrow \text{внешсилы}(p, \{a, c; q\}, T))$$

$$\forall_{STabcprq}(\text{движениепо}(a, b, S) \ \& \ \text{общепериод}(S, T) \ \& \ \text{центртяжести}(c, b) \rightarrow \\ \text{внешсилы}(p, \{c; q\}, T) \leftrightarrow \text{внешсилы}(p, \{a, c; q\}, T))$$

Первый и третий антеcedенты идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. В первом приеме не усматривается, что c входит в список q , во втором - что a . Отсутствует посылка вида "внештело(b)". Уровень срабатывания равен 1.

2. Добавление внешнего объекта.

$$\forall_{STabprq}(\text{воздействие}(a, b, S) \ \& \ \text{общепериод}(S, T) \rightarrow \\ \text{внешсилы}(p, \{a; q\}, T) \leftrightarrow \text{внешсилы}(p \cup \{(a, b)\}, \{a; q\}, T))$$

Первый антеcedент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Дополнительно проверяются следующие требования:

- (a) Не усматривается, что пара (a, b) уже входит в список p .
- (b) Не усматривается, что b входит в список q .
- (c) Отсутствует посылка "поверхземли(b)".
- (d) Если усматривается, что b неподвижно в течение периода S , то отсутствует посылка вида "движениепо(a, b, x)", где промежуток x имеет непустое пересечение с промежуток T . Кроме того, в этой ситуации отсутствуют посылки вида "упругсвязь(a, b, y, S)", "точкавращения(a, y, b, S)", "твердаясвязь(a, b, y, S)", "гибкаясвязь(a, b, y, S)", "блок(b, a, y, S)".
- (e) Выражение b не имеет вида "Элполе(\dots)".

Уровень срабатывания приема равен 3.

3. Учет соударения.

$$\forall_{STabprq}(\text{соударение}(\{a, b; c\}, S) \ \& \ \text{общепериод}(S, T) \rightarrow \\ \text{внешсилы}(p, \{a; q\}, T) \leftrightarrow \text{внешсилы}(p \cup \{(a, b)\}, \{a; q\}, T))$$

Первый антеcedент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Не усматривается, что пара (a, b) уже входит в список p . Не усматривается также, что b входит в список q . Уровень срабатывания приема равен 3.

Приемы, связанные с символом "центртяжести"

1. Ввод в рассмотрение центра масс.

Каждый из приводимых далее приемов вводит новую переменную для центра масс:

(a) Шар

$$\forall_A(\text{Шар}(A) \rightarrow \text{центртяжести}(B, A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Дополнительно проверяется выполнение следующих требований:

- i. Отсутствует посылка вида "центртяжести(x, A)".
- ii. Либо имеется посылка вида "поверхнземли(K)", либо имеется посылка с заголовком "притяжение", либо имеется посылка вида "центртяжести(x, y)", где y - подтерм терма A либо терма, равного A согласно посылкам.
- iii. Отсутствует посылка с заголовком "соударение".
- iv. Отсутствует посылка вида "плавает(A, x, t)", такая, что в задаче не рассматриваются воздействия на шар A , отличные от силы тяжести, воздействия со стороны жидкости x либо какой-либо иной жидкости или плавающего в ней тела. Такое же требование - для посылки вида "погружено(A, x, t)".

Прием вводит новую переменную B . Уровень срабатывания равен 1.

(b) Планета

$$\forall_{ABCpt}(\text{лежитна}(p, A, t) \ \& \ \text{воздействие}(p, A, t) \ \& \ A \in C \ \& \ \text{планета}(C) \rightarrow \text{центртяжести}(B, C))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "центртяжести(x, C)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ABCpt}(\text{движениепо}(p, \text{Поверхнтела}(C), t) \ \& \ \text{воздействие}(p, A, t) \ \& \ \text{планета}(C) \rightarrow \text{центртяжести}(B, C))$$

Аналогично предыдущему, но проверочным оператором обрабатывается третий антецедент.

(c) Стержень

$$\forall_{ab}(\text{стержень}(a) \rightarrow \text{центртяжести}(b, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Существует посылка вида "замкнсистема(...)", содержащая подвыражение a . Отсутствуют посылки вида "центртяжести(x, a)" и "невесомвнутри(a)". Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, имеющая тот же уровень срабатывания. В ней предполагается выполнение следующих требований:

- i. Отсутствует посылка вида "центртяжести(x, a)".
- ii. Отсутствует посылка вида "невесомвнутри(a)".
- iii. Либо существует посылка вида "движениепо($a, \text{мповерхн}(x), y$)", либо существуют посылки вида "воздействие(a, x, y)", "внештело(x)", либо существуют посылки вида " $x \in A$ ", "воздействие(x, y, z)", либо существуют посылки вида "точкавращения(x, a, y, z)", " $y \in u$ ", " $v \in u$ ", "воздействие(v, w, s)", либо существуют посылки вида "центртяжести(x, y)", " $y = a \cup z$ ".

iv. Отсутствует посылка вида "масса(a) = 0".

(d) Куб

$\forall_{ab}(\text{Куб}(a) \rightarrow \text{центр тяжести}(b, a))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "центр тяжести(x, a)", "невесомвнутри(a)" и " $a = \text{емкость}(x)$ ". Отсутствует посылка вида "плавает(a, x, t)", такая, что в задаче не рассматриваются воздействия на куб a , отличные от силы тяжести, воздействия со стороны жидкости x либо какой-либо иной жидкости или плавающего в ней тела. Уровень срабатывания равен 1.

(e) Брусok

$\forall_{ab}(\text{брусok}(a) \rightarrow \text{центр тяжести}(b, a))$

Аналогично предыдущему (кроме условия про емкость).

(f) Клиn

$\forall_{ab}(\text{клиn}(a) \rightarrow \text{центр тяжести}(b, a))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "центр тяжести(x, a)" и "невесомвнутри(a)". Уровень срабатывания равен 1.

(g) Пластина

$\forall_{ab}(\text{пластина}(a) \rightarrow \text{центр тяжести}(b, a))$

Аналогично предыдущему.

(h) Колесо

$\forall_{ab}(\text{колесо}(a) \ \& \ \text{центр}(b, a) \rightarrow \text{центр тяжести}(b, a))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

(i) Цилиндрическое тело.

$\forall_{ab}(\text{цилиндртелo}(a) \rightarrow \text{центр тяжести}(b, a))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "центр тяжести(x, a)" и "невесомвнутри(a)". Отсутствует посылка вида "плавает(a, x, t)", такая, что в задаче не рассматриваются воздействия на тело a , отличные от силы тяжести, воздействия со стороны жидкости x либо какой-либо иной жидкости или плавающего в ней тела. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abcde}(\text{твердoтелo}(a) \ \& \ \text{однородный}(a) \ \& \ b = \text{местo}(a, c) \ \& \ \text{цилиндрчтелo}(b, d) \rightarrow \text{центр тяжести}(e, a))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "центр тяжести(x, a)" и "невесомвнутри(a)". Уровень срабатывания равен 1.

- (j) Две точки, соединенные невесомой гибкой связью, перемещаются по гладкой горизонтальной поверхности.

$\forall_{Kabcdst}$ (движениепо(a, c, t) & движениепо(b, c, t) & гибкаясвязь(a, b, s, t) & поверхностьземли(K) & горизонтповерхности(c, K, t) & гладкое(c) & Неподв(c, t) \rightarrow центртяжести($d, \{a, b\}$) & Равндвиж(d, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, седьмой - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка, указывающая, что на какую-либо из двух материальных точек a, b воздействует объект, отличный от a, b, c, K . Отсутствует посылка вида "центртяжести($x, \{a, b\}$)". Отсутствуют посылки вида " $a \in x$ ", " $b \in x$ ". Уровень срабатывания приема равен 2.

- (k) Натяжение в заданной точке стержня, вращающегося относительно закрепленного конца.

$\forall_{BCDEFGTamnps}$ (стержень(a) & концы(a) = $\{B, C\}$ & равнвращение(a, n, T) & точкавращения(B, a, p, T) & неподв(p, T) & $D \in a \rightarrow F = \text{Место}(p, T)$ & равндвиж(E, T) & Путь(E, T) = Дуга(F, G , орвект(n, T), m) & твердаясвязь(B, E, s, T) & длина(s) = $(l(BD) + \text{длина}(a))/2$ & углскорость(E, T) = длина(Углскорость(a, T)) & масса(E) = $(1 - l(BD)/\text{длина}(a))\text{масса}(a)$ & $l(FG) = \text{длина}(s)$ & сила(D, B, T) = сила(E, B, T))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(D, B, T)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Прием вводит новые переменные m, s, E, F, G . Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{BCEFGTamnps}$ (стержень(a) & концы(a) = $\{B, C\}$ & равнвращение(a, n, T) & точкавращения(B, a, p, T) & неподв(p, T) $\rightarrow F = \text{Место}(p, T)$ & равндвиж(E, T) & Путь(E, T) = Дуга(F, G , орвект(n, T), m) & твердаясвязь(B, E, s, T) & длина(s) = $\text{длина}(a)/2$ & углскорость(E, T) = длина(Углскорость(a, T)) & масса(E) = масса(a) & $l(FG) = \text{длина}(s)$ & сила(p, B, T) = сила(B, E, T))

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сила(p, B, T)".

$\forall_{BCEFGTamnpt}$ (стержень(a) & концы(a) = $\{B, C\}$ & равнвращение(a, n, T) & точкавращения(B, a, p, T) & неподв(p, T) & $t \in T \rightarrow F = \text{Место}(p, T)$ & равндвиж(E, T) & Путь(E, T) = Дуга(F, G , орвект(n, T), m) & центртяжести(E, a) & воздействие(p, E, t) & сила(p, B, t) = сила(p, E, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(p, B, t)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме пятого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Прием вводит новые переменные m, E, F, G . Уровень срабатывания равен 2.

- (l) Ввод в рассмотрение центра тяжести тела, если рассматривается потенциальная энергия тяготения этого тела.

$$\forall_{ab}(\text{центр тяжести}(b, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "потенциальная энергия тяготения(a, d, e)" в послышке задачи на исследование. Не усматривается, что a - материальная точка. Отсутствует послышка вида "центр тяжести(x, a)". Уровень срабатывания равен 4.

- (m) Ввод в рассмотрение центра тяжести погруженной части плавающего тела, если введен в рассмотрение центр тяжести всего тела.

$$\forall_{abdpt}(\text{плавает}(a, p, t) \ \& \ \text{центр тяжести}(b, a) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \rightarrow \text{центр тяжести}(d, \text{погружчасть}(a, p, t)))$$

$$\forall_{abdpt}(\text{плавает}(a, p, t) \ \& \ \text{центр тяжести}(b, a) \ \& \ \text{Равндвиж}(a, t) \rightarrow \text{центр тяжести}(d, \text{погружчасть}(a, p, t)))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "погружчасть(a, p, t)" в послышке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послышками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "вариант" разрешает замену заголовка первого антецедента на "частичнопогруж". Центр тяжести погруженной части тела a пока не введен в рассмотрение. Уровень срабатывания равен 1.

- (n) Ввод в рассмотрение центра тяжести твердого тела, если рассматривается работа внешней силы, действующей на это тело.

$$\forall_{ab}(\text{твердотело}(a) \rightarrow \text{центр тяжести}(b, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(a, c, d)" в послышке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послышкой. Отсутствует послышка вида "центр тяжести(x, a)". Уровень срабатывания равен 1.

2. Переключение силового воздействия на центр масс.

$$\forall_{abct}(\text{центр тяжести}(a, b) \ \& \ \text{воздействие}(a, c, t) \rightarrow \text{сила}(b, c, t) = \text{сила}(a, c, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровни срабатывания равны 1 и 3.

$$\forall_{ABat}(\text{центр тяжести}(B, A) \rightarrow \text{воздействие}(a, A, t) \leftrightarrow \text{воздействие}(a, B, t))$$

$$\forall_{ABat}(\text{центр тяжести}(B, A) \rightarrow \text{воздействие}(A, a, t) \leftrightarrow \text{воздействие}(B, a, t))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с послышкой. Уровень срабатывания приемов равен 2.

$$\forall_{ABat}(\text{центр тяжести}(B, A) \rightarrow \text{притяжение}(a, A, t) \leftrightarrow \text{притяжение}(a, B, t))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{AKabt}(\text{центр тяжести}(a, A) \ \& \ b \in A \ \& \ \text{поверх земли}(K) \rightarrow \text{воздействие}(b, K, t) \leftrightarrow \text{воздействие}(a, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второй терм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражения a, b различны. Уровень срабатывания равен 2.

3. Отнесение процесса движения к центру масс.

$$\forall_{Tabc}(\text{центр тяжести}(c, a) \ \& \ \text{движение по}(a, b, T) \rightarrow \text{движение по}(c, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{KTab}(\text{центр тяжести}(b, a) \ \& \ \text{движется}(a, K, T) \ \& \ \text{поступает движение}(a, T) \rightarrow \text{движется}(b, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Уровень срабатывания равен 2.

4. Отнесение коэффициента трения к центру масс.

$$\forall_{abcd}(\text{центр тяжести}(c, a) \ \& \ \text{коэф трения}(a, b) = d \rightarrow \text{коэф трения}(c, b) = d)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Уровень срабатывания равен 1.

5. Ввод в рассмотрение силы противодействия для центра масс.

$$\forall_{abpt}(\text{центр тяжести}(b, a) \ \& \ \text{воздействие}(p, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(b, p, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Должна меться посылка вида "точка вращения(d, a, e, f)". Уровень срабатывания равен 1.

6. Отнесение массы тела к центру масс.

$$\forall_{AB}(\text{центр тяжести}(A, B) \rightarrow \text{масса}(A) = \text{масса}(B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контроль вывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(Bd)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

7. Центр масс твердого тела является центром масс множества материальных точек - центров масс составных частей тела.

$$\forall_{ABabn}(A = \bigcup_{i=1}^n B(i) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{центр тяжести}(b(i), B(i))) \ \& \ \text{центр тяжести}(a, A) \rightarrow \text{центр тяжести}(a, \{; b\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "развертка" определяет идентификацию

конечного объединения с обычным, а квантора общности - с группой посылок. Переменные B, b функциональные. Уровни срабатывания равны 2 и 3.

$$\forall_{ABCabc}(C = A \setminus B \ \& \ B \subseteq A \ \& \ \text{центртяжести}(a, A) \ \& \ \text{центртяжести}(b, B) \ \& \ \text{центртяжести}(c, C) \rightarrow \text{центртяжести}(a, \{b, c\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Три последних антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Первый антецедент выделен указателем "возмравно", т.е. либо идентифицируется с посылкой, либо рассматривается как выделенный указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

8. Ввод в рассмотрение положения центра масс.

(a) Стержень

$$\forall_{ABCDabt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{A, B\} \ \& \ \text{Место}(A, t) = C \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{Место}(b, t) = D)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение " $\text{Место}(b, t)$ " пока не встречается в посылках. Прием вводит новую переменную D . Уровень срабатывания равен 2.

(b) Твердое тело, для которого рассматривается положение в заданный момент.

$$\forall_{ABact}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \rightarrow \text{Место}(c, t) = A)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Последние два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение " $\text{Место}(c, t)$ " пока не встречается в посылках. Прием вводит новую переменную B . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABabct}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ b \subseteq a \ \& \ \text{место}(b, t) = A \rightarrow \text{Место}(c, t) = B)$$

$$\forall_{BCabct}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ b \in a \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{Место}(c, t) = C)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Последние три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение " $\text{Место}(c, t)$ " пока не встречается в посылках. Первый прием вводит новую переменную B , второй - C . Уровень срабатывания равен 2.

9. Движение центра масс замкнутой системы

$$\forall_{KTajnpt}(\text{замкнсистема}(\{; a\}, T, K, j) \ \& \ l(a) = n \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ 0 \leq p - t \rightarrow \sum_{i=1}^n (\text{крд}(\text{Место}(a(i), p), K, j) - \text{крд}(\text{Место}(a(i), t), K, j))) \cdot \text{масса}(a(i)) = \text{длина}([t, p]) \sum_{i=1}^n \text{крд}(\text{Скорость}(a(i), K, t), K, j) \text{масса}(a(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{Место}(b, t)$ " в посылке задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с

посылками. Выражение a имеет заголовок "набор". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Место(b, p)", причем выражения p, t различны. Второй антецедент выделен указателем "идентификатор", четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "развертка" определяет выписывание конечных сумм как обычных. Выражение b является подвыражением выражения a . Для каждого элемента c набора a в задаче уже встречается выражение "Место(c, t)". В посылках задачи имеется уравнение, содержащее числовой атом с заголовком "расстояние", "расстмежду" либо "крд", имеющий тип "неизв". Уровень срабатывания равен 3.

10. Скорость центра масс поступательно движущегося твердого тела.

$$\forall_{Kabt}(\text{центртяжести}(a, b) \rightarrow \text{Скорость}(b, K, t) = \text{Скорость}(a, K, t))$$

$$\forall_{abct}(\text{центртяжести}(a, b) \rightarrow \text{Скорость}(c, b, t) = \text{Скорость}(c, a, t))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

11. Координаты центра масс.

(а) Известно направление стержня.

$$\forall_{ABDKabcdt}(\text{стержень}(c) \ \& \ \text{концы}(c) = \{a, b\} \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{центртяжести}(d, c) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \rightarrow \text{крд}(D, K, 1) = \text{крд}(A, K, 1) + \text{длина}(c)/2 \ \& \ \text{крд}(D, K, 2) = \text{крд}(A, K, 2) \ \& \ \text{крд}(D, K, 3) = \text{крд}(A, K, 3))$$

$$\forall_{ABDKabcdt}(\text{стержень}(c) \ \& \ \text{концы}(c) = \{a, b\} \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{влево}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{центртяжести}(d, c) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \rightarrow \text{крд}(D, K, 1) = \text{крд}(A, K, 1) - \text{длина}(c)/2 \ \& \ \text{крд}(D, K, 2) = \text{крд}(A, K, 2) \ \& \ \text{крд}(D, K, 3) = \text{крд}(A, K, 3))$$

$$\forall_{ABDKabcdt}(\text{стержень}(c) \ \& \ \text{концы}(c) = \{a, b\} \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{центртяжести}(d, c) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \rightarrow \text{крд}(D, K, 1) = \text{крд}(A, K, 1) \ \& \ \text{крд}(D, K, 2) = \text{крд}(A, K, 2) \ \& \ \text{крд}(D, K, 3) = \text{крд}(A, K, 3) + \text{длина}(c)/2)$$

$$\forall_{ABDKabcdemt}(\text{стержень}(c) \ \& \ \text{концы}(c) = \{a, b\} \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{вертплосквект}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{центртяжести}(d, c) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \rightarrow \text{крд}(D, K, 2) = \text{крд}(A, K, 2))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "крд(D, K, i)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента, а также шестой и седьмой антецеденты идентифицируются с посылками. Третий и четвертый антецеденты выделены указателем "идентификатор", пятый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания приемов равен 2.

$$\forall_{ABDKabdemt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{d, e\} \ \& \ A = \text{Место}(d, t) \ \& \ B = \text{Место}(e, t) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \ \& \ \text{длина}(a) = m \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) = \text{крд}(A, K, 1) + m/2)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками. Третий, четвертый и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор"; пятый - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "сравно" разрешает косвенную идентификацию выражения "Место(b, t)" через равенство в посылках. Выражения "Место(d, t)" и "Место(e, t)" уже встречаются в посылках. Отсутствует посылка вида "не(однородный(a))". Уровень срабатывания равен 2.

(b) Связь с координатами концов стержня.

$$\forall_{ABDKabcdt}(\text{стержень}(c) \ \& \ \text{концы}(c) = \{a, b\} \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \\ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{центртяжести}(d, c) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \\ \text{крд}(D, K, 1) = (\text{крд}(A, K, 1) + \text{крд}(B, K, 1))/2 \ \& \\ \text{крд}(D, K, 2) = (\text{крд}(A, K, 2) + \text{крд}(B, K, 2))/2 \ \& \\ \text{крд}(D, K, 3) = (\text{крд}(A, K, 3) + \text{крд}(B, K, 3))/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(D, K, i)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "не(однородный(c))". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABDKabcdt}(\text{стержень}(c) \ \& \ \text{концы}(c) = \{a, b\} \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \\ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{центртяжести}(d, c) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \\ \& \ \text{крд}(A, K, 2) = \text{крд}(B, K, 2) \rightarrow \text{крд}(D, K, 2) = \text{крд}(A, K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем последний из них выделен указателем "равно". Точка привязки выбрана в шестом антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

(c) Известно направление ребра куба.

$$\forall_{DEFGHKQadegpt}(\text{Куб}(a) \ \& \ \text{ребро}(\text{отрезок}(DE), Q) \ \& \ Q = \text{место}(a, t) \ \& \\ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ E = \text{Место}(e, t) \ \& \ d \in a \ \& \ e \in a \ \& \ F = \text{Место}(d, p) \ \& \\ G = \text{Место}(e, p) \ \& \ \text{центртяжести}(g, a) \ \& \ \text{Место}(g, p) = H \ \& \\ \text{вперед}(\text{вектор}(FG), K) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \\ \text{крд}(H, K, 2) = \text{крд}(F, K, 2) + l(DE)/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые семь антецедентов, а также десятый, одиннадцатый и тринадцатый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Восьмой и девятый антецеденты выделены указателем "идентификатор", двенадцатый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{BDEKPRQapt}(\text{Куб}(Q) \ \& \ \text{грань}(B, Q) \ \& \\ \text{уголмежду}(\text{плоскостьфигуры}(B), \text{горизплоск}(K)) = \pi/4 \ \& \\ Q = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{ребро}(\text{отрезок}(DE), Q) \ \& \ \text{отрезок}(DE) \subseteq B \ \& \\ \text{вперед}(\text{вектор}(DE), K) \ \& \ \text{центртяжести}(p, a) \ \& \ \text{Место}(p, t) = P \rightarrow \\ \text{крд}(P, K, 1) = \text{крд}(D, K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме шестого и седьмого, обрабатываемых проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{DEHKQTacdhpt}(d \subseteq a \ \& \ \text{место}(d, t) = p \ \& \ \text{место}(a, t) = Q \ \& \ \text{куб}(Q) \ \& \\ \text{лежитна}(d, c, t) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{грань}(p, Q) \ \& \\ \text{вперед}(\text{вектор}(DE), K) \ \& \ \text{ребро}(\text{отрезок}(DE), Q) \ \& \ \text{отрезок}(DE) \subseteq p \ \& \\ \text{центртяжести}(h, a) \ \& \ \text{Место}(h, t) = H \rightarrow \\ |\text{крд}(H, K, 1) - \text{крд}(D, K, 1)| = l(DE)/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме седьмого и девятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в последнем antecedенте. Уровень срабатывания равен 3.

- (d) Центр тяжести пластины, движущейся по горизонтальной плоскости.

$$\forall_{KPTabcdpt}(\text{пластина}(a) \ \& \ \text{движениепо}(a, b, T) \ \& \ \text{горизповерхность}(b, K, T) \\ \& \ t \in T \ \& \ \text{коорд}(\text{место}(b, t), K) = \text{set}_{xyz}(z = d \ \& \ P(x, y)) \ \& \\ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ p \in T \ \& \ \text{неподв}(b, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(c, p), K, 3) = d)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три antecedента, а также пятый и шестой antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Переменная P функциональная. Уровень срабатывания равен 2.

- (e) Центр тяжести квадратной пластины.

$$\forall_{ABCDKabmrt}(\text{пластина}(a) \ \& \ \text{место}(a, t) = \text{фигура}(ABCD) \ \& \\ \text{квадрат}(ABCD) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{назад}(\text{вектор}(AD), K) \ \& \\ \text{центртяжести}(b, a) \ \& \ \text{крд}(B, K, 1) = m \ \& \ l(AB) = r \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) = m - r/2)$$

$$\forall_{ABCDKabmrt}(\text{пластина}(a) \ \& \ \text{место}(a, t) = \text{фигура}(ABCD) \ \& \\ \text{квадрат}(ABCD) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{назад}(\text{вектор}(AD), K) \ \& \\ \text{центртяжести}(b, a) \ \& \ \text{крд}(A, K, 1) = m \ \& \ l(AB) = r \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) = m + r/2)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на исследование. Первые семь antecedентов идентифицируются с посылками, последний - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

- (f) Высота центра масс бруска, занимающего горизонтальное положение.

$$\forall_{KTabckmnt}(\text{брусок}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{лежитна}(a, b, t) \ \& \\ \text{горизположение}(a, K, t) \ \& \ \text{размеры}(a) = (m, n, k) \ \& \ 0 \leq n - m \ \& \\ 0 \leq k - m \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 3) = m/2 + \text{высотаповерхн}(b, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые пять antecedентов и восьмой antecedент идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Тройка (m, n, k) идентифицируется без учета порядка. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTabckmnt}(\text{брусок}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \\ \text{лежитна}(\text{нижняясторона}(a, K, t), b, t) \ \& \ \text{горизположение}(a, K, t) \ \& \\ \text{толщина}(a) = m \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 3) = m/2 + \text{высотаповерхн}(b, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

- (g) Высота центра масс бруска, занимающего вертикальное положение.

$$\forall_{KT} \text{Tabckmnt}(\text{брусок}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{лежитна}(a, b, t) \ \& \ \text{вертикположение}(a, K, t) \ \& \ \text{размеры}(a) = (m, n, k) \ \& \ 0 \leq m - n \ \& \ 0 \leq m - k \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 3) = m/2 + \text{высотаповерхн}(b, K, t))$$

Аналогично первому приему предыдущего пункта.

- (h) Плоское тело лежит на горизонтальной поверхности.

$$\forall_{KT} \text{Tacdt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{лежитна}(a, d, t) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{горизповерхн}(d, K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(c, t), K, 3) = \text{высотаповерхн}(d, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, пятый - обрабатывается проверочным оператором. Допускается косвенная идентификация выражения "Место(c, t)" через равенство в посылках. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{K} \text{abct}(\text{центртяжести}(b, a) \ \& \ \text{место}(a, t) \subseteq \text{мточки}(c) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 3) = \text{высотаповерхн}(c, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с посылками. Допускается косвенная идентификация выражений "место(a, t)" и "Место(b, t)" через равенства в посылках. Уровень срабатывания равен 2.

- (i) Цилиндрическое тело, основание которого занимает горизонтальное положение.

$$\forall_{K} \text{abt}(\text{центртяжести}(b, a) \ \& \ \text{цилиндричтело}(\text{место}(a, t), K) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 3) = 1/2(\text{Высотаповерхн}(\text{нижнеоснование}(\text{место}(a, t), K), K) + \text{Высотаповерхн}(\text{верхнеоснование}(\text{место}(a, t), K), K)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Место(b, t))" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "нижнеоснование(место(a, t), K)" уже встречается в посылках. Допускается косвенная идентификация выражений "место(a, t)" и "Место(b, t)" через равенства в посылках. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, в которой не используется указатель "контрольвывода". У нее точка привязки расположена во втором антецеденте.

- (j) Шар лежит на наклонной плоскости.

$$\forall_{BC} \text{Kabcdpt}(\text{Шар}(a) \ \& \ b \in \text{поверхнтела}(a) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ \text{лежитна}(b, p, t) \ \& \ \text{Наклплоск}(p, K, d, t) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ C = \text{Место}(c, t) \rightarrow \text{крд}(C, K, 2) = \text{крд}(B, K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

(к) Цилиндрическое тело стоит на наклонной плоскости.

$\forall_{DKMNPabcdpt}$ (цилиндртело(a) & центртяжести(d, a) & основание(b, a) & Наклплоск(p, K, c, t) & $D = \text{Место}(d, t)$ & место(b, t) = Круг(MNP) & лежитна(b, p, t) \rightarrow крд($D, K, 2$) = крд($M, K, 2$) & крд($D, K, 1$) = крд($M, K, 1$) – высота(a) $\sin c/2$ & крд($D, K, 3$) = крд($M, K, 3$) + высота(a) $\cos c/2$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

12. Геометрическая характеристика положения центра масс.

(а) Квадратная пластина.

$\forall_{ABCDEabt}$ (пластина(a) & центртяжести(b, a) & место(a, t) = фигура($ABCD$) & квадрат($ABCD$) & Место(b, t) = $E \rightarrow$ центр(E , фигура($ABCD$)))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в последнем антецеденте. Уровень срабатывания равен 2.

(b) Стержень.

$\forall_{BDabcdt}$ (стержень(a) & центртяжести(d, a) & концы(a) = $\{b, c\}$ & $B = \text{Место}(b, t)$ & $D = \text{Место}(d, t) \rightarrow l(BD) = \text{длина}(a)/2$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $l(DE)$ " в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "не(однородный(a))". Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{abc} (стержень(a) & $b \in a$ & центртяжести(c, b) $\rightarrow c \in a$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{BCDabcdt}$ (стержень(a) & центртяжести(d, a) & концы(a) = $\{b, c\}$ & $B = \text{Место}(b, t)$ & $C = \text{Место}(c, t)$ & $D = \text{Место}(d, t) \rightarrow D \in \text{отрезок}(BC)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

(с) Две материальные точки соединены нерастяжимой связью.

$\forall_{BCabcst}$ (центртяжести($c, \{a, b\}$) & гибкаясвязь(a, b, s, t) & $B = \text{Место}(b, t)$ & $C = \text{Место}(c, t) \rightarrow l(BC) = \text{масса}(a)\text{длина}(s)/(\text{масса}(a) + \text{масса}(b))$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $l(BC)$ " в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

(d) Цилиндр.

$$\forall_{ABabt}(\text{цилиндртело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \rightarrow \text{центр}(B, A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdef}(\text{твердотело}(a) \ \& \ d = \text{место}(a, e) \ \& \ \text{цилиндричтело}(d, f) \ \& \ b \subseteq a \ \& \ \text{центртяжести}(c, b) \rightarrow c \in a)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в пятом из них. Уровень срабатывания равен 2.

(e) Центр тяжести треугольной пластины лежит в точке пересечения медиан.

$$\forall_{ABCDEdpt}(\text{пластина}(p) \ \& \ \text{место}(p, t) = \text{фигура}(ABC) \ \& \ \text{центртяжести}(d, p) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \rightarrow E - \text{точка} \ \& \ E \in \text{отрезок}(BC) \ \& \ l(BE) = l(CE) \ \& \ D \in \text{отрезок}(AE) \ \& \ l(AD) = 2l(AE)/3)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Не усматривается принадлежность точки D выделенному в задаче отрезку, одним из концов которого служит вершина треугольника ABC , а другой - лежит на прямой, проходящей через противоположную сторону треугольника. Прием вводит новую переменную E . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDEdpt}(\text{пластина}(p) \ \& \ \text{место}(p, t) = \text{фигура}(ABC) \ \& \ \text{центртяжести}(d, p) \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ E \in \text{отрезок}(BC) \ \& \ l(BE) = l(CE) \rightarrow D \in \text{отрезок}(AE) \ \& \ l(AD) = 2l(AE)/3)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Два последних антецедента выделены указателями "усм". Уровень срабатывания равен 3.

(f) Шар.

$$\forall_{APaft}(\text{Шар}(a) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{центр}(P, A) \ \& \ \text{центртяжести}(f, a) \rightarrow P = \text{Место}(f, t))$$

$$\forall_{APaft}(\text{Шар}(a) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ \text{центртяжести}(f, a) \ \& \ P = \text{Место}(f, t) \rightarrow \text{центр}(P, A))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в последнем антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abc}(\text{Шар}(a) \ \& \ b \subseteq a \ \& \ \text{центртяжести}(c, b) \rightarrow c \in a)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в последнем антецеденте. Уровень срабатывания равен 2.

(g) Куб.

$\forall_{ABabt}(\text{Куб}(a) \& A = \text{место}(a, t) \& \text{центртяжести}(b, a) \& B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{центр}(B, A))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в последнем антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

(h) Центр масс пары материальных точек.

$\forall_{ABCabcmnt}(\text{центртяжести}(a, \{b, c\}) \& \text{Место}(a, t) = A \& B = \text{Место}(b, t) \& C = \text{Место}(c, t) \& \text{масса}(b) = m \& \text{масса}(c) = n \rightarrow A \in \text{отрезок}(BC) \& l(AB) = nl(BC)/(m+n) \& l(AC) = ml(BC)/(m+n))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Два последних антецедента выделены указателями "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

(i) Ввод вспомогательной материальной точки при рассмотрении центра масс конечного множества точек.

$\forall_{BCPabcdmnp}(B = \text{Место}(b, t) \& C = \text{Место}(c, t) \& \text{масса}(b) = m \& \text{масса}(c) = n \rightarrow \text{центртяжести}(a, \{b, c, d\}) \leftrightarrow \text{мточка}(p) \& P = \text{Место}(p, t) \& P \in \text{отрезок}(BC) \& l(BP) = nl(BC)/(m+n) \& l(CP) = ml(BC)/(m+n) \& \text{масса}(p) = m+n \& \text{центртяжести}(a, \{p, d\}))$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - выделены указателем "идентификатор". Набор d непуст. Прием вводит новые переменные P, p . Уровень срабатывания равен 3.

13. Натяжение связи между двумя телами, если их центр масс движется равномерно.

$\forall_{abdstv}(\text{гибкаясвязь}(a, b, s, t) \& \text{центртяжести}(d, \{a, b\}) \& \text{Равндвиж}(d, t) \& \text{длина}(\text{Скорость}(a, d, t)) = v \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, b, t)) = \text{масса}(a)(\text{масса}(a) + \text{масса}(b))v^2/(\text{масса}(b)\text{длина}(s)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "длина(сила(a, b, t))" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Указатель "вариант" разрешает замену заголовка первого антецедента на "твердаясвязь". Уровень срабатывания равен 3.

14. Относительные векторные скорости точек тела относительно центра масс.

$\forall_{Kabmnt}(\text{центртяжести}(b, \{; a\}) \& l(a) = n \& m = \sum_{i=1}^n \text{масса}(a(i)) \& \text{прямоорд}(K) \rightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Скорость}(a(i), b, t) = \sum_{j=1}^n (1 - \text{масса}(a(j))/m \text{ при } i = j, \text{ иначе } \text{масса}(a(j))/m) \text{Скорость}(a(j), K, t)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(q, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками, второй и третий - выделены указателем "идентификатор".

Указатели "развертка" определяют выписывание конечных сумм как обычных, а квантора общности - как конъюнкции. Выражение a имеет заголовок "набор". Некоторый элемент набора a равен d . Для каждого элемента набора a в задаче рассматривается его векторная скорость в момент t относительно K . Уровень срабатывания равен 4.

15. Усмотрение направления движения вдоль оси координат.

$$\forall_{KT} \text{abt}(\text{прямлинууть}(\text{Путь}(a, T)) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{центртяжести}(a, b) \ \& \ \text{поступатдвигение}(b, T) \ \& \ \text{вправо}(\text{Скорость}(a, K, t), K) \ \& \ \neg(\text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0) \rightarrow \text{двигвправо}(a, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме второго и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом antecedенте. Уровень срабатывания равен 2.

16. Неподвижность центра масс неподвижного тела.

$$\forall_{Tab}(\text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{неподв}(b, T))$$

Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором antecedенте. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tab}(\text{Неподв}(a, T) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{Неподв}(b, T))$$

Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором antecedенте. Существует посылка вида "воздействие(b, x, t)". Отсутствует посылка "внештело(a)". Отсутствует также посылка вида " $x \in a$ ", где x отлично от b . Уровень срабатывания равен 2.

17. Усмотрение вертикального движения.

$$\forall_{KT} \text{ab}(\text{вертикдвиг}(a, K, T) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{вертикдвиг}(b, K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

18. Сила, с которой твердое тело действует на ось вращения.

$$\forall_{ABCDK} \text{abcpt}(\text{Осьвращения}(p, a, b, t) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{место}(p, t) = \text{отрезок}(AB) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{Место}(c, t) = C \ \& \ \text{вертикнапр}(\text{вектор}(AB), K) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow D \in \text{прямая}(AB) \ \& \ \text{прямая}(CD) \perp \text{прямая}(AB) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(b, p, t)) = \text{масса}(a) \ \text{скорость}(c, t)^2 / l(CD))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(b, p, t)" в посылке задачи на исследование. Все antecedents, кроме второго и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. В задаче не рассматриваются воздействия на точки тела a , отличные от воздействий со стороны b и K . Прием вводит новую переменную D . Уровень срабатывания равен 3.

19. Внешнее тело.

$$\forall_{ab}(\text{внештело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{внештело}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "силаинерции"

Лишь одна из задач обучающего материала потребовала рассмотрения силы инерции. Приводимые далее приемы срабатывают только в этой задаче. Предполагается, что при дальнейшем обучении решателя их фильтры будут уточняться.

1. Ввод в рассмотрение силы инерции, если одно из тел стоит на другом, а последнее - движется ускоренно.

$$\forall_{abpqt}(\text{относитнеподв}(a, p, t) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{воздействие}(b, q, t) \ \& \ \text{внештело}(q) \ \& \ \text{силаинерции}(b, q, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Не усматривается истинность утверждения "Неподв(p, t)". Отсутствует посылка вида "силаинерции(b, x, p)". Прием вводит новую переменную q . Уровень срабатывания равен 1.

2. Выражение ускорения через силу инерции и массу.

$$\forall_{Kabpqt}(\text{относитнеподв}(a, p, t) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \ \& \ \text{воздействие}(b, q, t) \ \& \ \text{Неподв}(K, t) \ \& \ \text{силаинерции}(b, q, p) \rightarrow \text{Ускорение}(p, K, t) = -1/\text{масса}(b) \cdot \text{сила}(b, q, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

3. Переход к рассмотрению неподвижных тел, завершающий цикл преобразований по переходу к системе координат, движущейся ускоренно.

$$\forall_{abpqt}(\text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{силаинерции}(b, q, p) \ \& \ \text{относитнеподв}(a, p, t) \leftrightarrow \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{Неподв}(p, t))$$

Прием имеет заголовок "заменатермов(второйтерм)". Он преобразует пару посылок задачи на исследование. Антецедент тоже идентифицируется с посылкой. Не усматривается, что t - временной промежуток. Уровень срабатывания приема равен 2.

1.8 Закон сохранения импульса

1.8.1 Логические символы, используемые решателем в связи с законом сохранения импульса

Выражение "импульс(a, b, t)" обозначает импульс объекта a относительно системы координат, связанной с объектом b , в момент t , либо средний импульс за период t .

Утверждение "замкнсистема(a, T, b, i)" означает, что a есть множество материальных точек, для которого сумма всех сил, действующих на эти точки в течение промежутка времени T , имеет относительно системы координат b нулевую i -ю координату.

Утверждение "Замкнсистема(a, T)" означает, что в течение промежутка времени T сумма сил, действующих на множество объектов a , равна нулю.

Утверждение "соударение(a, T)" означает, что в течение промежутка T произошло соударение объектов множества a . На этом промежутке можно пренебречь силовыми воздействиями прочих объектов на множество a .

Утверждение "упругий(a, T)" означает, что процесс соударения объектов множества a в течение промежутка времени T является абсолютно упругим.

Утверждение "неупругий(a, t)" означает, что процесс соударения объектов множества a в течение промежутка времени t является абсолютно неупругим.

Утверждение "отскок(a, b, T)" означает, что в течение промежутка T произошел отскок материальной точки a от ориентированной материальной поверхности b , причем движение последней не изменилось.

Утверждение "отражение(a, T, c)" означает, что на протяжении промежутка времени T материальная точка a абсолютно упруго отражается от поверхности c .

Утверждение "падение(a, b, T)" означает, что в течение промежутка времени T материальная точка a столкнулась с ориентированной материальной поверхностью b и осталась на ней. Движение поверхности b при этом не изменилось.

Утверждение "попадание(a, b, T)" означает, что в течение малого промежутка времени T материальная точка a сталкивается с материальной точкой b , причем скорости их оказываются равны.

Утверждение "толчок(a, b, T)" означает, что в течение промежутка времени T объект b казывает силовое воздействие на объект a , причем другими силовыми воздействиями в этот период можно пренебречь.

Утверждение "выброс(a, b, T)" означает, что в течение малого промежутка времени T от объекта a отделяется множество объектов b , причем силовыми воздействиями на последние, отличными от воздействия на них объекта a , можно пренебречь. В начальный момент промежутка T объекты a, b составляли общее тело.

Утверждение "распадение(a, b, T)" означает, что в течение малого промежутка времени T объект a распадается на множество объектов b , причем на этом промежутке можно пренебречь действием внешних сил.

Утверждение "центральныйудар(a, T)" означает, что соударение пары (рассматриваемой как множество) объектов a в период T является центральным - скорости объектов лежат вдоль линии, соединяющей их центры тяжести.

Выражение "углубление(a, b, T)" обозначает величину углубления тела a в тело b при соударении этих тел, происходящем на промежутке времени T .

Утверждение "пробивает(a, b, T)" означает, что объект a на протяжении временного промежутка T пробивает объект b , проходя через него насквозь. Изменениями в движении объекта b при этом можно пренебречь.

Утверждение "ударструи(a, b, T)" означает, что в течение периода времени T струя a ударяется в точке стока об ориентированную материальную поверхность b .

Утверждение "соударкоорд(Q, a, b, T)" означает, что Q есть вспомогательная неподвижная прямоугольная система координат, рассматриваемая в связи с соударением тел a и b на временном промежутке T . Ось OX направлена от центра масс тела a к центру масс тела b (положения центров масс берутся в начальный момент промежутка T), а ось OY лежит в плоскости скоростей соударяющихся тел. При этом вектор скорости тела a в начальный момент промежутка T лежит в верхней части плоскости OXY .

1.8.2 Примеры формулировки задач, связанных с понятием импульса, на языке решателя

При обучении решателя по данному разделу было проработано 64 задачи. Приведем несколько примеров их логической формализации.

Изменение импульса и средняя сила

Мячик массой 300 г летел со скоростью 20 м/сек. После удара о стенку он отскочил под прямым углом к прежнему направлению движения со скоростью 15 м/сек. Какова средняя сила взаимодействия мячика и стенки во время удара, если продолжительность удара 0,05 сек. ?

Посылки задачи:

"отскок(a, b, T)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"масса(a) = 300г"

"неподв(b, T)"

"Скорость(a, K, t_1) = v_1 "

"Скорость(a, K, t_2) = v_2 "

" $v_1 \perp v_2$ "

"длина(v_1) = 20 м/сек"

"длина(v_2) = 15 м/сек"

"длина(T) = 0.05 сек"

"внештело(b)"

"прямокоорд(K)"

"неподв(K, T)"

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{сила}(a, b, T))$ "

Неизвестная задачи - x .

Закон сохранения импульса

1. Два тела, двигаясь навстречу друг другу со скоростью 3 м/сек каждое, после соударения стали двигаться вместе со скоростью 1.5 м/сек. Найдите отношение их масс.

Посылки задачи:

"попадание(a, b, T)"

"соударение($\{a, b\}, T$)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"неподв(K, T)"

"Скорость(a, K, t_1) = v_1 "

"Скорость(b, K, t_1) = v_2 "

"однаправлены($v_1, -v_2$)"

"длина(v_1) = 3м/сек"

"длина(v_2) = 3м/сек"

"длина(Скорость(a, K, t_2)) = 1.5м/сек"

"масса(a) > масса(b)"

"прямокоорд(K)"

Условие задачи:

" $x = \text{масса}(a)/\text{масса}(b)$ "

Неизвестная задачи - x .

2. Спортсмен, стоя на роликовых коньках, бросает ядро массой 4 кг со скоростью 8 м/сек под углом 60 градусов к горизонту. Какова начальная скорость (в см/сек) спортсмена после броска, если его масса 80 кг ?

Посылки задачи:

"движениепо(a, b, T)"

"выброс($a, \{c\}, T$)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"поверхземли(K)"

"горизповерхн(b, K, T)"

"неподв(b, T)"

"масса(a) = 80кг"

"масса(c) = 4кг"

"Скорость(a, K, t_1) = вектор0"

" $K = (A, B, C, D)$ "

"Скорость(c, K, t_2) = v "

"длина(v) = 8м/сек"

"уголмежду(v , вектор(AB)) = $\pi/3$ "

$$0 < \text{крд}(v, K, 3)$$

$$\text{вертплосквект}(v, K)$$

Условие задачи:

$$x \text{ см/сек} = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, t_2))$$

Неизвестная задачи - x

Движение центра масс

Два шарика массой 250 г каждый, соединенные нитью длиной 1 м, движутся по гладкой горизонтальной поверхности. В некоторый момент один из шариков неподвижен, а скорость другого равна 4 м/сек и направлена перпендикулярно нити. Чему равна сила натяжения нити ?

Посылки задачи:

$$\text{движениепо}(a, c, t)$$

$$\text{движениепо}(b, c, t)$$

$$\text{гибкаясвязь}(a, b, s, t)$$

$$\text{поверхземли}(K)$$

$$\text{горизповерхн}(c, K, t)$$

$$\text{гладкое}(c)$$

$$\text{масса}(a) = 250 \text{ г}$$

$$\text{масса}(b) = 250 \text{ г}$$

$$\text{длина}(s) = 1 \text{ м}$$

$$\text{Скорость}(a, K, t) = \text{вектор}0$$

$$\text{Скорость}(b, K, t) = v$$

$$\text{длина}(v) = 4 \text{ м/сек}$$

$$A = \text{Место}(a, t)$$

$$B = \text{Место}(b, t)$$

$$v \perp \text{вектор}(AB)$$

$$\text{Неподв}(c, t)$$

Условие задачи:

$$x = \text{длина}(\text{сила}(a, b, t))$$

Неизвестная задачи - x .

1.8.3 Приемы решателя, связанные с законом сохранения импульса

Приемы, связанные с символом "импульс"

1. Определение импульса.

$$\forall_{abt}(\text{импульс}(a, b, t) = \text{масса}(a)\text{Скорость}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "импульс(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Сохранение импульса при взаимодействии двух тел, движущихся по гладкой горизонтальной поверхности.

$$\forall_{KTabcprq}(\text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{движениепо}(a, c, T) \ \& \ \text{движениепо}(b, c, T) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, T) \ \& \ \text{гладкое}(c) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Силы}(a, \{b, c, K\}, T) \ \& \ \text{Силы}(b, \{a, c, K\}, T) \ \& \ \text{неподв}(c, T) \ \rightarrow \ \text{импульс}(a, K, p) + \text{импульс}(b, K, p) = \text{импульс}(a, K, q) + \text{импульс}(b, K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые восемь антецедентов идентифицируются с послылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в седьмом из них. Девятый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение "Скорость(a, K, p)" встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabcdpq}(\text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{движениепо}(a, c, T) \ \& \ \text{движениепо}(b, c, T) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, T) \ \& \ \text{гладкое}(c) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Силы}(a, \{d, c, K\}, T) \ \& \ \text{Силы}(b, \{d, c, K\}, T) \ \& \ \text{Силы}(d, \{a, b\}, T) \ \& \ \text{масса}(d) = 0 \ \& \ \text{неподв}(c, T) \ \rightarrow \ \text{импульс}(a, K, p) + \text{импульс}(b, K, p) = \text{импульс}(a, K, q) + \text{импульс}(b, K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые девять антецедентов идентифицируются с послылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в девятом антецеденте. Десятый антецедент выделен указателем "идентификатор", одиннадцатый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "Скорость(a, K, p)" встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "отскок"

1. Изменение направления скорости при отскоке от неподвижной горизонтальной поверхности.

$$\forall_{KSTabpq}(\text{отскок}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ T \subseteq S \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, S) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{вниз}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \rightarrow \ \text{вверх}(\text{Скорость}(a, K, q), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с послылками задачи на исследование. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

2. Изменение векторе скорости при упругом отскоке от неподвижной горизонтальной поверхности.

$$\begin{aligned} & \forall_{KSTabpq} (\text{отскок}(a, b, T) \ \& \ \text{упругий}(\{a, b\}, T) \ \& \ \text{горизповерхн}(b, K, S) \ \& \\ & T \subseteq S \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \\ & \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 1) = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 1) \ \& \\ & \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 2) = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 2) \ \& \\ & \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 3) = -\text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 3)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и пятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

3. Средняя сила, действующая на тело при отскоке.

$$\forall_{KTabpq} (\text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{отскок}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{импульс}(a, K, q) - \text{импульс}(a, K, p) = \text{длина}(T) \text{Сила}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "длина(T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

4. Сохранение позиции.

$$\forall_{Tabpq} (\text{отскок}(a, b, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Место}(a, p) = \text{Место}(a, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. В задаче встречается хотя бы одно из выражений "Место(a, p)", "Место(a, q)". Уровень срабатывания равен 2.

5. Ввод в рассмотрение силы, действующей между телами при отскоке.

$$\forall_{Tab} (\text{отскок}(a, b, T) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сила(b, a, T)".

6. Ввод в рассмотрение вектора нормали в точке отскока.

$$\forall_{ABTabpq} (\text{отскок}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ A = \text{Место}(a, p) \rightarrow B - \text{точка} \ \& \ \text{нормнапр}(A, b, \text{вектор}(AB), p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Отсутствуют посылки вида "нормнапр(A, b, x, p)" и "горизповерхн(b, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

7. Изменение вектора скорости при упругом отскоке.

$\forall_{KT abnpq}$ (отскок(a, b, T) & неподв(b, T) & $T = [p, q]$ & упругий($\{a, b\}, T$) & нормнапр(a , Поверхнтела(b), n, p) & однонаправлены($n, -$ Скорость(a, K, p)) \rightarrow Скорость(a, K, q) = $-$ Скорость(a, K, p))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, p)" в посылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме второго и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{KT abpq}$ (отскок(a, b, T) & $T = [p, q]$ & упругий($\{a, b\}, T$) & горизповерхн(b, K, T) & неподв(K, T) \rightarrow крд(Скорость(a, K, p), $K, 3$) = $-$ крд(Скорость(a, K, q), $K, 3$) + 2крд(Скорость(b, K, p), $K, 3$))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый - обрабатывается проверочным оператором. Не усматривается утверждение "неподв(b, T)". Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{KT abdefkmnpqrt}$ (прямокоорд(K) & отскок(a, b, T) & $T = [t, q]$ & $A =$ Место(a, t) & нормнапр(A, b, p, t) & неподв(b, T) & коорд(Скорость(a, K, t), K) = (d, e, f) & коорд(p, K) = (m, n, k) & $m^2 + n^2 + k^2 = r$ & упругий($\{a, b\}, T$) \rightarrow коорд(Скорость(a, K, q), K) = $((dn^2 + dk^2 - dm^2 - 2emn - 2fmk)/r,$
 $(em^2 + ek^2 - en^2 - 2dmn - 2fnk)/r,$
 $(fm^2 + fn^2 - fk^2 - 2dmk - 2enk)/r)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три antecedента, а также пятый и десятый antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой antecedент обрабатывается проверочным оператором, остальные - выделены указателем "идентификатор". Выражения d, e, f не содержат неизвестных. Выражения k, m, n не содержат невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "отражение"

1. Согласование позиций при отражении.

\forall_{abpq} (отражение($a, [p, q], b$) \rightarrow Место(a, p) = Место(a, q))

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Сохранение плоскости движения.

$\forall_{KRQT arqr}$ (отражение($a, [q, r]$, наклплоск(прямая(PQ), K)) & вертикалдвиж(a, K, T) & $T = [p, q]$ \rightarrow вертплосквект(Скорость(a, K, r), K))

$\forall_{KT arqr}$ (отражение($a, [q, r]$, горизплоск(K)) & вертикалдвиж(a, K, T) & $T = [p, q]$ \rightarrow вертплосквект(Скорость(a, K, r), K))

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "вариант" допускает замену заголовка второго антецедента на "вертплоскдвиж". Уровень срабатывания равен 2.

3. Согласование скоростей при отражении.

$\forall_{KTарqrw}$ (отражение($a, [q, r]$, горизплоск(K)) & вертплоскдвиж(a, K, T) & $T = [p, q]$ & $u = \text{Скорость}(a, K, q)$ & $v = \text{Скорость}(a, K, r) \rightarrow$
 $\text{крд}(v, K, 1) = \text{крд}(u, K, 1)$ & $\text{крд}(v, K, 3) = -\text{крд}(u, K, 3)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - выделены указателем "идентификатор". Указатель "вариант" разрешает замену заголовка второго антецедента на "вертикдвиж". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDKРQаqrw}$ (отражение($a, [q, r]$, наклплоск(прямая(PQ), K)) & $K = (A, B, C, D)$ & прямая(PQ) \parallel прямая(AD) & $u = \text{Скорость}(a, K, q)$ & $v = \text{Скорость}(a, K, r) \rightarrow$
 $\text{крд}(v, K, 1) = -\text{крд}(u, K, 1)$ &
 $\text{крд}(v, K, 2) = \text{крд}(u, K, 2)$ & $\text{крд}(v, K, 3) = \text{крд}(u, K, 3)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "усм". Два последних антецедента выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDKРQТасqrw}$ (отражение($a, [q, r]$, наклплоск(прямая(PQ), K)) & $K = (A, B, C, D)$ & точкалуча(A, D, Q) & точкалуча(A, B, P) & вертикдвиж(a, K, T) & $T = [p, q]$ & $\angle(APQ) = c$ & $u = \text{Скорость}(a, K, q)$ & $v = \text{Скорость}(a, K, r) \rightarrow$
 $\text{крд}(v, K, 1) = \text{крд}(u, K, 1) \cos(2c) - \text{крд}(u, K, 3) \sin(2c)$ &
 $\text{крд}(v, K, 3) = -\text{крд}(u, K, 1) \sin(2c) - \text{крд}(u, K, 3) \cos(2c)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий и четвертый антецеденты выделены указателем "усм". Три последних антецедента выделены указателем "идентификатор". Выражение c не содержит символа "угол". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "падение"

1. Падение на неподвижное тело.

$\forall_{KTаbrq}$ (падение(a, b, T) & неподв(b, T) & Неподв(K, q) & $T = [p, q]$ & $\text{прямкоорд}(K) \rightarrow \text{Скорость}(a, K, q) = \text{вектор}0$)

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и третьего, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Средняя сила, действующая на тело.

$\forall_{KTаbrq}$ (падение(a, b, T) & $T = [p, q]$ & $\text{прямкоорд}(K)$ & неподв(K, T) \rightarrow
 $\text{импульс}(a, K, q) - \text{импульс}(a, K, p) = \text{длина}(T) \text{Сила}(a, T)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "длина(T)", а также выражение вида "сила(a, x, T)" уже встречаются в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

3. Ввод в рассмотрение силы, действующей между телами.

$$\forall_{Tab}(\text{падение}(a, b, T) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сила(b, a, T)".

Приемы, связанные с символом "толчок"

Пока имеется единственный прием, относящийся к средней силе, действующей на тело:

$$\forall_{KTabpq}(\text{толчок}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{импульс}(a, K, q) - \text{импульс}(a, K, p) = \text{длина}(T)\text{сила}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "длина(T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "выброс"

1. Средняя сила, действующая на тело.

$$\forall_{KTabcprq}(\text{выброс}(a, \{b; c\}, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, T) \ \& \ \text{импульс}(b, K, p) - \text{импульс}(b, K, q) = \text{длина}(T)\text{сила}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "воздействие(a, b, T)". Выражение "длина(T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

2. Равенство исходных скоростей.

$$\forall_{Tabcprq}(\text{выброс}(a, \{b; c\}, T) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Скорость}(b, a, p) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{KTabcprq}(\text{выброс}(a, \{b; c\}, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Скорость}(a, K, p) = \text{Скорость}(b, K, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(b, K, p)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

3. Сохранение импульса.

$$\begin{aligned} & \forall_{KPS\text{Tabcnpq}}(\text{выброс}(a, \{; b\}, T) \& T = [p, q] \& l(b) = n \& \text{движениепо}(a, c, S) \& \\ & T \subseteq S \& \text{горизповерхн}(c, K, P) \& \text{поверхнземли}(K) \& S \subseteq P \rightarrow \\ & \sum_{i=1}^n \text{крд}(\text{импульс}(b(i), K, p), K, 1) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 1) = \\ & \sum_{i=1}^n \text{крд}(\text{импульс}(b(i), K, q), K, 1) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 1)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \forall_{KPS\text{Tabcnpq}}(\text{выброс}(a, \{; b\}, T) \& T = [p, q] \& l(b) = n \& \text{движениепо}(a, c, S) \& \\ & T \subseteq S \& \text{горизповерхн}(c, K, P) \& \text{поверхнземли}(K) \& S \subseteq P \rightarrow \\ & \sum_{i=1}^n \text{крд}(\text{импульс}(b(i), K, p), K, 2) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 2) = \\ & \sum_{i=1}^n \text{крд}(\text{импульс}(b(i), K, q), K, 2) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 2)) \end{aligned}$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые два antecedента, а также четвертый, шестой и седьмой antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedент выделен указателем "идентификатор". Пятый и восьмой antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Выражение b имеет заголовок "набор". Указатели "развертка" определяют выписывание конечных сумм как обычных. Некоторая посылка имеет своим заголовком один из символов "вправо", "влево", "вперед", "назад". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{KST\text{abcnpq}}(\text{выброс}(a, \{; b\}, T) \& T = [p, q] \& l(b) = n \& \text{движениепо}(a, c, S) \& \\ & T \subseteq S \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{горизплосквект}(\text{Скорость}(b(i), K, q), K)) \& \\ & \text{горизповерхн}(c, K, S) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \\ & \sum_{i=1}^n \text{импульс}(b(i), K, p) + \text{импульс}(a, K, p) = \\ & \sum_{i=1}^n \text{импульс}(b(i), K, q) + \text{импульс}(a, K, q)) \end{aligned}$$

Конечные суммы - векторные. Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента, а также четвертый, седьмой и восьмой antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedент выделен указателем "идентификатор". Пятый и шестой antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Выражение b имеет заголовок "набор". Указатели "развертка" определяют выписывание конечных векторных сумм как обычных. Отсутствуют посылки с заголовками "вправо", "влево", "вперед", "назад". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{KST\text{abcnpq}}(\text{выброс}(a, \{; b\}, T) \& T = [p, q] \& l(b) = n \& \text{движениепо}(a, c, S) \& \\ & T \subseteq S \& \text{горизповерхн}(c, K, S) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \\ & \sum_{i=1}^n \text{проекция}(\text{импульс}(b(i), K, p), \text{горизплоск}(K)) + \text{импульс}(a, K, p) = \\ & \text{проекция}(\text{импульс}(b(i), K, q), \text{горизплоск}(K)) + \text{импульс}(a, K, q)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента, а также четвертый, шестой и седьмой antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedент выделен указателем "идентификатор", пятый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение b имеет заголовок "набор". Указатели "развертка" определяют выписывание конечных сумм как обычных. Отсутствуют посылки с заголовками "вправо", "влево", "вперед", "назад". Чтобы предотвратить срабатывание данного приема, если ранее сработал приведенный выше прием, служит комментарий (импульс a b T). Уровень срабатывания равен 2.

4. Движение стержня.

$$\forall_{ABKPRQSTabcnpq}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{A, B\} \ \& \ \text{Место}(A, p) = P \ \& \ \text{Место}(B, p) = Q \ \& \ \text{одномерный(вектор}(PQ), K) \ \& \ \text{выброс}(a, \{b\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ l(b) = n \ \& \ \text{Неподв}(a, p) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вертплосквект}(\text{Скорость}(b(i), K, q), K)) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{движениепо}(a, c, S) \ \& \ \text{горизповерхн}(c, K, S) \ \& \ \text{неподв}(c, S) \ \& \ T \subseteq S \rightarrow \text{поступатдвигание}(a, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, шестой и седьмой, а также антецеденты с одиннадцатого по тринадцатый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Восьмой антецедент выделен указателем "идентификатор"; остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение b имеет заголовок "набор". Уровень срабатывания равен 2.

5. Равенство позиций.

$$\forall_{ABCTabpq}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{выброс}(a, \{b\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{концы}(a) = \{A, B\} \ \& \ \text{Место}(A, p) = C \rightarrow \text{Место}(A, q) = C)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{CTabcprq}(\text{выброс}(a, \{b; c\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{Место}(b, p) = C \rightarrow \text{Место}(b, q) = C)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tabcpq}(\text{выброс}(a, \{b; c\}, T) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{Место}(b, q) = \text{Место}(b, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Место(b, p)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "Место(b, q)" тоже встречается в посылках. Уровень срабатывания приема равен 3.

6. Ограничение рассматриваемого периода силового воздействия на временной промежуток непосредственно после выброса.

$$\forall_{RSTabpuvw}(R \subseteq S \ \& \ T \subseteq S \ \& \ \text{выброс}(a, b, R) \ \& \ R = [u, v] \ \& \ T = [v, w] \rightarrow \text{воздействие}(a, p, S) \leftrightarrow \text{воздействие}(a, p, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражения R, T различны. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

7. Ввод в рассмотрение сил взаимодействия.

$$\forall_{Tabc}(\text{выброс}(a, \{b; c\}, T) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, T))$$

$$\forall_{Tabc}(\text{выброс}(a, \{b; c\}, T) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, T))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. В посылках задачи встречается выражение "работавыброса($a, \{b; c\}, T$)". Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "ударструи"

Создан единственный прием, связанный с давлением струи при ударе ее о вертикальную поверхность:

$$\forall_{KMRTabnv}(\text{равнотечение}(a, T) \& \text{русло}(a, T) = R \& M = \text{сток}(R) \& \\ v = \text{Скоростьтечения}(a, M, T) \& \text{одномерный}(v, K) \& \text{поверхнземли}(K) \& \\ \text{ударструи}(a, b, T) \& \text{стекает}(a, b, T) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{Наклплоск}(b, K, \pi/2, T) \& \\ \text{вещество}(a, n) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(b, a, T)) = \\ S(\text{сечениерусла}(R, M))(\text{крд}(v, K, 1))^2 \text{плотность}(n))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент, а шестой, седьмой, восьмой, десятый и одиннадцатый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Антецеденты со второго по четвертый выделены указателем "идентификатор"; пятый и девятый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "попадание"

1. Равенство координат и скоростей в последний момент.

$$\forall_{KTAbpq}(\text{попадание}(a, b, T) \& T = [p, q] \& \text{прямокоорд}(K) \rightarrow \\ \text{Скорость}(a, K, q) = \text{Скорость}(b, K, q) \& \text{Место}(a, p) = \text{Место}(b, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем второй выделен указателем "возмравно". Уровень срабатывания равен 2.

2. Сохранение импульса.

$$\forall_{KSTAbcpq}(\text{попадание}(a, b, T) \& T = [p, q] \& \text{движениепо}(b, c, S) \& T \subseteq S \& \\ \text{горизповерхн}(c, K, S) \& \text{гладкое}(c) \& \text{неподв}(c, T) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{импульс}(b, K, p), K, 1) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 1) = \\ \text{крд}(\text{импульс}(b, K, q), K, 1) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 1))$$

$$\forall_{KSTAbcpq}(\text{попадание}(a, b, T) \& T = [p, q] \& \text{движениепо}(b, c, S) \& T \subseteq S \& \\ \text{горизповерхн}(c, K, S) \& \text{гладкое}(c) \& \text{неподв}(c, T) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{импульс}(b, K, p), K, 2) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 2) = \\ \text{крд}(\text{импульс}(b, K, q), K, 2) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 2))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Существует посылка, имеющая своим заголовком один из символов "вправо", "влево", "вперед", "назад", "вертплосквект". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KSTAbcmq}(\text{попадание}(a, b, T) \& T = [p, q] \& \text{движениепо}(b, c, S) \& T \subseteq S \& \\ \text{Наклплоск}(c, K, m, S) \& \text{гладкое}(c) \& \text{неподв}(c, T) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{импульс}(b, K, p), K, 2) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 2) = \\ \text{крд}(\text{импульс}(b, K, q), K, 2) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 2) \& \\ (\text{крд}(\text{импульс}(b, K, p), K, 1) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 1)) \cos m + \\ (\text{крд}(\text{импульс}(b, K, p), K, 3) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 3)) \sin m =$$

$$(\text{крд}(\text{импульс}(b, K, q), K, 1) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 1)) \cos m + \\ (\text{крд}(\text{импульс}(b, K, q), K, 3) + \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 3)) \sin m$$

Прием имеет заголовок "вывод". Приемы имеют заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме четвертого и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KSTabcq} (\text{попадание}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{движение}(b, c, S) \ \& \ T \subseteq S \ \& \\ \text{горизповерхн}(c, K, S) \ \& \ \text{гладкое}(c) \ \& \ \text{неподв}(c, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \\ \text{горизпловект}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \ \rightarrow \\ \text{импульс}(b, K, p) + \text{импульс}(a, K, p) = \text{импульс}(b, K, q) + \text{импульс}(a, K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме четвертого, и седьмого и девятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствуют посылки с заголовками "вправо", "влево", "вперед", "назад", "вертпловект". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KSTabcq} (\text{попадание}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{движение}(b, c, S) \ \& \ T \subseteq S \ \& \\ \text{горизповерхн}(c, K, S) \ \& \ \text{гладкое}(c) \ \& \ \text{неподв}(c, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \rightarrow \\ \text{импульс}(b, K, p) + \text{проекция}(\text{импульс}(a, K, p), \text{горизпловект}(K)) = \\ \text{импульс}(b, K, q) + \text{проекция}(\text{импульс}(a, K, q), \text{горизпловект}(K)))$$

Аналогично предыдущему. Чтобы заблокировать применение данного приема, если сработал приведенный выше, используется комментарий (импульс a_T).

Приемы, связанные с символом "распадение"

1. Равенство масс

$$\forall_{Tabn} (\text{распадение}(a, \{; b\}, T) \ \& \ l(b) = n \ \rightarrow \text{масса}(a) = \sum_{i=1}^n \text{масса}(b(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2.

2. Сохранение импульса.

$$\forall_{KTabnpq} (\text{распадение}(a, \{; b\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ l(b) = n \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \\ \text{неподв}(K, T) \ \rightarrow \text{импульс}(a, K, p) = \sum_{i=1}^n \text{импульс}(b(i), K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedenta и четвертый antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedent выделен указателем "идентификатор", пятый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение b имеет заголовок "набор". Конечная векторная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2.

3. Сохранение позиций.

$$\forall_{Tabcpq} (\text{распадение}(a, \{b; c\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \rightarrow \text{Место}(a, p) = \text{Место}(b, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "соударение"

1. Сохранение импульса.

$$\forall_{KT} ab(\text{соударение}(\{; a\}, T) \& \text{неподв}(K, T) \& \text{прямокоорд}(K) \& T = [p, q] \& l(a) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{импульс}(a(i), K, p) = \sum_{i=1}^n \text{импульс}(a(i), K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, третий и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Ни для одного из объектов x списка a нет посылки вида "внештело(x)" либо вида $x \in y$. Либо ни для одного из таких объектов не указано, что в период T он перемещается по некоторой поверхности, либо все эти объекты - шары равных радиусов. Конечные векторные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} abcprq(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{неподв}(K, T) \& \text{прямокоорд}(K) \& T = [p, q] \& \text{движениепо}(b, c, T) \& \text{горизповерхн}(c, K, T) \& \text{горизплосквект}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \& \text{горизплосквект}(\text{Скорость}(a, K, q), K) \rightarrow \text{импульс}(a, K, p) + \text{импульс}(b, K, p) = \text{импульс}(a, K, q) + \text{импульс}(b, K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент, а также антецеденты с третьего по шестой идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} abcprq(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{неподв}(K, T) \& \text{прямокоорд}(K) \& T = [p, q] \& \text{движениепо}(b, c, T) \& \text{горизповерхн}(c, K, T) \& \text{вверх}(\text{Скорость}(a, K, p), K) \rightarrow \text{импульс}(a, K, p) + \text{импульс}(b, K, p) = \text{импульс}(a, K, q) + \text{импульс}(b, K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} abcprq(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{неподв}(K, T) \& \text{прямокоорд}(K) \& T = [p, q] \& \text{движениепо}(b, c, T) \& \text{горизповерхн}(c, K, T) \rightarrow \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 1) + \text{крд}(\text{импульс}(b, K, p), K, 1) = \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 1) + \text{крд}(\text{импульс}(b, K, q), K, 1) \& \text{крд}(\text{импульс}(a, K, p), K, 2) + \text{крд}(\text{импульс}(b, K, p), K, 2) = \text{крд}(\text{импульс}(a, K, q), K, 2) + \text{крд}(\text{импульс}(b, K, q), K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

2. Ввод в рассмотрение вспомогательной системы координат.

$$\forall_{KT} ab(\text{центральноудар}(\{a, b\}, T) \& \text{соударение}(\{a, b\}, T) \rightarrow \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& \text{прямокоорд}(K) \& \text{неподв}(K, T))$$

$$\forall_{KT} ab(\text{мточка}(\{a, b\}, T) \& \text{соударение}(\{a, b\}, T) \rightarrow \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& \text{прямокоорд}(K) \& \text{неподв}(K, T))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "соударкоорд(x, a, b, T)", "соударкоорд(x, b, a, T)", "прямокоорд(x)", "поверхнземли(x)". Прием вводит новую переменную K . Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{KT} \text{Abst}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [s, t] \& \text{неподв}(b, s) \rightarrow \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& \text{прямокоорд}(K) \& \text{неподв}(K, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствуют посылки вида "соударкоорд(x, a, b, T)", "соударкоорд(x, b, a, T)", "прямокоорд(x)", "поверхнземли(x)". Прием вводит новую переменную K . Уровень срабатывания равен 0.

3. Направление отскока при соударении с неподвижным телом.

$$\forall_{KT} \text{Abrp}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{неподв}(b, p) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& 0 < \text{масса}(a) - \text{масса}(b) \rightarrow 0 < \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 1))$$

$$\forall_{KT} \text{Abrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{неподв}(a, p) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& 0 < \text{масса}(a) - \text{масса}(b) \rightarrow 0 < \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 1))$$

$$\forall_{KT} \text{Abrp}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{неподв}(b, p) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& 0 < \text{масса}(b) - \text{масса}(a) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 1) < 0)$$

$$\forall_{KT} \text{Abrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{неподв}(a, p) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& 0 < \text{масса}(b) - \text{масса}(a) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 1) < 0)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего и пятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KT} \text{Abrp}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{неподв}(b, p) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \rightarrow 0 < \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, q), K, 1))$$

$$\forall_{KT} \text{Abrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{неподв}(b, p) \& \text{соударкоорд}(K, b, a, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, q), K, 1) < 0)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

4. Третья координата скорости относительно вспомогательной системы координат.

$$\forall_{KT} \text{Abrp}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& T = [p, q] \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, q)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{KTabrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& T = [p, q] \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, q), K, 3) = 0)$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "Скорость(b, K, q)".

5. Направление отскока при центральном соударении.

$$\forall_{KTabrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& \text{центральноудар}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \rightarrow \text{одномерный}(\text{Скорость}(a, K, q), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, q)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1. По той же теореме создана еще одна версия приема, у которой указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "скорость(a, q)".

$$\forall_{KTabrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& \text{центральноудар}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \rightarrow \text{одномерный}(\text{Скорость}(b, K, q), K))$$

$$\forall_{KTabrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& \text{центральноудар}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \rightarrow \text{одномерный}(\text{Скорость}(a, K, p), K))$$

$$\forall_{KTabrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& \text{центральноудар}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \rightarrow \text{одномерный}(\text{Скорость}(b, K, p), K))$$

Аналогично предыдущему; по каждой теореме созданы две версии приема.

6. Условие сближения тел до удара.

$$\forall_{KTabrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& T = [p, q] \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, p), K, 1) - \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 1) < 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

7. Сохранение второй координаты скорости при гладком ударе.

$$\forall_{KTabrq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{гладкое}(\text{Поверхнтела}(a)) \& \text{гладкое}(\text{Поверхнтела}(b)) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \rightarrow \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 2) = \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 2) \& \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, p), K, 2) = \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, q), K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

8. Соударение двух шаров: вектор от центра первого шара к центру второго направлен во вспомогательной системе координат вдоль оси абсцисс; расстояние между центрами равно сумме радиусов шаров.

$\forall_{ABCDKTabpq}$ (соударение($\{a, b\}, T$) & $T = [p, q]$ & Шар(a) & Шар(b) & $A = \text{место}(a, p)$ & $B = \text{место}(b, p)$ & центр(C, A) & центр(D, B) & соударкоорд(K, a, b, T) \rightarrow вправо(вектор(CD), K) & $l(CD) = \text{радиус}(a) + \text{радиус}(b)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDKTabcpq}$ (соударение($\{a, b; c\}, T$) & $T = [p, q]$ & Шар(a) & Шар(b) & $A = \text{место}(a, p)$ & $B = \text{место}(b, p)$ & центр(C, A) & центр(D, B) \rightarrow $l(CD) = \text{радиус}(a) + \text{радиус}(b)$)

Аналогично предыдущему, причем набор c непуст.

9. Соударение двух шаров: координаты вектора скорости первого шара во вспомогательной системе координат.

$\forall_{ABCDKTabpqu}$ (соударение($\{a, b\}, T$) & соударкоорд(K, a, b, T) & $T = [p, q]$ & Шар(a) & Шар(b) & $A = \text{место}(a, p)$ & $B = \text{место}(b, p)$ & центр(C, A) & центр(D, B) & уголмежду(Скорость(a, K, p), вектор(CD)) = $u \rightarrow$ крд(Скорость(a, K, p), $K, 1$) = длина(Скорость(a, K, p)) $\cos u$ & крд(Скорость(a, K, p), $K, 2$) = длина(Скорость(a, K, p)) $\sin u$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "крд(Скорость(a, K, p), $K, 1$)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение u не содержит неизвестных. Уровень срабатывания приема равен 4.

10. Скорости после абсолютно упругого центрального удара.

\forall_{KTabpq} (соударение($\{a, b\}, T$) & упругий($\{a, b\}, T$) & прямокоорд(K) & $T = [p, q]$ & центральныйудар($\{a, b\}, T$) & неподв(b, p) \rightarrow Скорость(a, K, q) = (масса(a) - масса(b))/(2масса(a))Скорость(b, K, q)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствуют посылки вида "соударкоорд(X, a, b, T)", "соударкоорд(X, b, a, T)". Если есть указание на то, что одно из тел a, b в период T двигается по некоторой поверхности, то есть и указание, что другое тело в период T двигается по той же поверхности. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{KTabpq} (соударение($\{a, b\}, T$) & упругий($\{a, b\}, T$) & прямокоорд(K) & $T = [p, q]$ & центральныйудар($\{a, b\}, T$) \rightarrow Скорость(a, K, q) = 2масса(b)/(масса(a) + масса(b))Скорость(b, K, p) + (масса(a) - масса(b))/(масса(a) + масса(b))Скорость(a, K, p) & Скорость(b, K, q) = 2масса(a)/(масса(a) + масса(b))Скорость(a, K, p) + (масса(b) - масса(a))/(масса(a) + масса(b))Скорость(b, K, p)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "соударкоорд(X, a, b, T)", "соударкоорд(X, b, a, T)". Если есть указание на то, что одно из тел a, b в период T двигается по некоторой поверхности, то есть и указание, что другое тело в период T двигается по той же поверхности. Уровень срабатывания равен 3. Чтобы заблокировать срабатывание данного приема, если уже сработал предыдущий прием, используется специальный комментарий.

$$\forall_{KT a b p q} (\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{упругий}(\{a, b\}, T) \& \text{соударкоорд}(K, a, b, T) \& T = [p, q] \& \text{центрнудар}(\{a, b\}, T) \rightarrow \\ \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, p), K, 1) + \text{крд}(\text{Скорость}(a, K, q), K, 1) = \\ \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, p), K, 1) + \text{крд}(\text{Скорость}(b, K, q), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

11. Гладкое соударение шара с группой неподвижных шаров.

$$\forall_{BCDEFK T a i j n p q} (\text{соударение}(\{; a\}, T) \& l(a) = n \& \neg(i = j) \& T = [p, q] \& \\ \forall_k (k \in \{1, \dots, n\} \& \neg(k = i) \rightarrow \text{неподв}(a(k), p)) \& \text{прямокоорд}(K) \& \\ \text{неподв}(K, T) \& \forall_k (k \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Шар}(a(k))) \& \\ \forall_k (k \in \{1, \dots, n\} \& \neg(k = i) \rightarrow \text{гладкое}(\text{Поверхнтела}(a(k)))) \& \\ \text{место}(a(i), p) = B \& \text{место}(a(j), p) = C \& \text{центр}(D, B) \& \text{центр}(E, C) \& \\ \text{однонаправлены}(\text{Скорость}(a(i), K, p), \text{вектор}(DF)) \rightarrow \\ \text{уголмежду}(\text{Скорость}(a(j), K, q), \text{Скорость}(a(i), K, p)) = \angle(EDF))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй антецедент выделен указателем "идентификатор", третий - указателем "программа", седьмой - обрабатывается проверочным оператором. Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение a имеет заголовок "набор"; переменная n идентифицируется с натуральной константой. Проверяется, что она не равна 2. Указатели "контекст" определяют дополнительную идентификацию элементов i, j множества $\{1, \dots, n\}$. Указатели "развертка" определяют идентификацию кванторов общности с группами посылок. Уровень срабатывания равен 2.

12. Совпадение положений соударяющихся материальных точек.

$$\forall_{T a b p q} (\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{мточка}(a) \& \text{мточка}(b) \rightarrow \\ \text{Место}(a, p) = \text{Место}(b, p))$$

$$\forall_{T a b p q} (\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& T = [p, q] \& \text{мточка}(a) \& \text{мточка}(b) \rightarrow \\ \text{Место}(a, p) = \text{Место}(a, q))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - обрабатываются проверочными операторами. В задаче встречается выражение вида "Место(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

13. Ввод в рассмотрение силы взаимодействия.

$$\forall_{S T a b c d} (\text{соударение}(\{a, b; c\}, T) \& \text{воздействие}(a, d, S) \& \text{общпериод}(S, T) \rightarrow \\ \text{воздействие}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Точка привязки выбрана во втором антецеденте. Отсутствует посылка вида " $b \in X$ ". Уровень срабатывания равен 2.

14. Скорости при неупругом соударении.

$$\forall_{KTabnpq}(\text{соударение}(\{; a\}, T) \& \text{неупругий}(\{; a\}, T) \& T = [p, q] \& \text{прямоорд}(K) \& \text{неподв}(K, T) \& n = l(a) \rightarrow \forall_i(i \in \{2, \dots, n\} \rightarrow \text{Скорость}(a(i), K, q) = \text{Скорость}(a(1), K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый антецедент обрабатывается проверочным оператором, шестой - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Указатель "развертка" определяет выписывание выводимого утверждения в виде конъюнкции равенств. Уровень срабатывания равен 3.

15. Равенство температур тел после неупругого соударения.

$$\forall_{TAbst}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{неупругий}(\{a, b\}, T) \& T = [s, t] \rightarrow \text{температура}(a, t) = \text{температура}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Хотя бы одно из выражений вида "температура(a, x)", "температура(b, x)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "замкнсистема"

1. Сохранение импульса.

$$\forall_{KTbjnpq}(\text{замкнсистема}(\{; b\}, T, K, j) \& T = [p, q] \& l(b) = n \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{крд}(\text{импульс}(b(i), K, p), K, j) = \sum_{i=1}^n \text{крд}(\text{импульс}(b(i), K, q), K, j))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение b имеет заголовок "набор". Выражение вида "Скорость(x, K, p)" либо вида "Скорость(x, K, q)", где x - элемент набора b , встречается в посылках, причем не указывается, что оно равно нулевому вектору. Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 2.

2. Усмотрение замкнутой системы.

$$\forall_{KTa}(\text{Замкнсистема}(a, T) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{замкнсистема}(a, T, K, 1) \& \text{замкнсистема}(a, T, K, 2) \& \text{замкнсистема}(a, T, K, 3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabc}(\text{стержень}(b) \& \text{концы}(b) = \{a, c\} \& \text{движениепо}(a, p, T) \& \text{горизповерхн}(p, K, T) \& \text{неподв}(p, T) \& \text{гладкое}(p) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{замкнсистема}(b, T, K, 1) \& \text{замкнсистема}(b, T, K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Задача не имеет посылки с заголовком "отскок", "толчок", "выброс", "попадание", "распадение" либо "соударение". Отсутствует посылка вида "воздействие(x, y, S)", такая, что x - точка стержня b , y отлично от p, K , причем не усматривается, что временные промежутки S, T не пересекаются. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTabcn}(\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{движениепо}(c(i), a, T)) \& \text{движениепо}(a, b, T) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{гладкое}(b) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{мточка}(c(i))) \& \text{твердотело}(a) \rightarrow \text{замкнсистема}(\{c\} \cup a, T, K, 1) \& \text{замкнсистема}(\{c\} \cup a, T, K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме четвертого, седьмого и восьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "развертка" определяет идентификацию первого antecedента с группой посылок. Отсутствует посылка с заголовком "отскок", "толчок", "выброс", "попадание" либо "распадение". Отсутствует посылка вида "воздействие(x, y, S)", такая, что x - элемент набора s либо точка тела b ; y отлично от a, b, K и не является элементом набора s ; не усматривается, что временные промежутки S, T не пересекаются. Отсутствует посылка вида "движениепо(a, x, T)", где x отлично от b . Допускаются только такие посылки "соударение(...)", что рассматриваемые в них объекты суть либо элементы набора s , либо точки тела b . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KTabcdn}(\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{движениепо}(c(i), a, T)) \& \text{центртяжести}(d, a) \& \text{движениепо}(d, b, T) \& \text{горизповерхн}(b, K, T) \& \text{неподв}(b, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{гладкое}(b) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{мточка}(c(i))) \& \text{твердотело}(a) \rightarrow \text{замкнсистема}(\{d; c\}, T, K, 1) \& \text{замкнсистема}(\{d; c\}, T, K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме пятого, восьмого и девятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. В остальном - так же, как у предыдущего приема.

$$\forall_{KTabc}(\text{твердотело}(a) \& b \subseteq a \& \text{движениепо}(b, c, T) \& \text{неподв}(c, T) \& \text{горизповерхн}(c, K, T) \& \text{гладкое}(c) \& \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{замкнсистема}(a, T, K, 1) \& \text{замкнсистема}(a, T, K, 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме первого и четвертого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка с заголовком "отскок", "толчок", "выброс", "попадание", "распадение" либо "соударение". Отсутствует посылка вида "воздействие(x, y, S)", где y отлично от c, K , а x - точка тела a , причем не усматривается, что временные промежутки S, T не пересекаются. Уровень срабатывания равен 3.

3. Переход к рассмотрению центра масс.

$$\forall_{KTabc}(\text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{замкнсистема}(a \cup c, T, K, i) \leftrightarrow \text{замкнсистема}(\{b\} \cup c, T, K, i))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

4. Невесомый стержень.

$$\forall_{KTabcdim}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ \text{масса}(b) = m \rightarrow \\ \text{замкнсистема}(a \cup d, T, K, i) \leftrightarrow \text{замкнсистема}(\{b\} \cup d, T, K, i))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. В задаче не рассматриваются массы точек стержня, отличных от точки b . Уровень срабатывания равен 1.

1.9 Работа и энергия

1.9.1 Логические символы, используемые решателем в связи с работой и энергией

Выражение "работасилы(a, b, t)" обозначает работу, совершенную силовым воздействием объекта b на объект a за промежуток времени t .

Выражение "работадавления(a, b, t)" обозначает работу силы давления, оказываемого объектом b на субстанцию течения a в начальной точке русла, совершенную за период t .

Выражение "работавыброса(a, b, t)" обозначает работу, совершенную на промежутке времени t силами, осуществившими выброс множества объектов b из объекта a .

Выражение "работасил(a, t)" обозначает суммарную работу внешних сил, действующих на тело a в течение периода t .

Выражение "полезнмощность(a, b, t)" обозначает мощность, затрачиваемую объектом a на объект b в момент t , либо среднюю такую мощность за период t .

Выражение "полнмощность(a, t)" обозначает полную мощность, затрачиваемую объектом a в момент t , либо среднюю мощность, затрачиваемую им за период t .

Утверждение "констмощность(a, t)" означает, что объект a в течение промежутка времени t потребляет постоянную мощность.

Выражение "кпд(a, b, t)" обозначает коэффициент полезного действия для мощности, затрачиваемой объектом a на объект b в момент t , либо средний такой коэффициент за период t .

Выражение "кинетичэнергия(a, b, t)" обозначает кинетическую энергию тела a относительно системы координат, связанной с объектом b , в момент t .

Выражение "потенцэнергия(a, b, t)" обозначает потенциальную энергию объекта a относительно системы координат b в момент t .

Выражение "мехэнергия(a, b, t)" обозначает полную механическую энергию тела a в момент t относительно системы координат, связанной с телом b .

Выражение "потенцэнергтягот(a, b, t)" обозначает потенциальную энергию тяготения тела a относительно системы координат b в момент t . Ось OZ направлена против силы тяготения.

Выражение "потенциальная энергия деформации(a, t)" обозначает потенциальную энергию деформации тела a в момент t .

Выражение "тепловая энергия(a, t)" обозначает тепловую энергию, выделенную объектом a в течение промежутка времени t .

Выражение "Тепловая энергия(a, t)" обозначает тепловую энергию, приобретенную объектом a в течение промежутка времени t .

Выражение "энергия разрыва(a, t)" обозначает дополнительную механическую энергию, приобретенную на временном промежутке t телом a при разрыве.

Выражение "тепловая мощность(a, t)" обозначает мощность, затрачиваемую на выделение тепла объектом a в момент t , либо средняя такая мощность за период t .

Выражение "энергия импульса(a, t)" обозначает энергию одного импульса излучения генератора электромагнитного излучения a , работающего на протяжении временного промежутка t в импульсном режиме.

Выражение "энергия излучения(a, b, t)" обозначает энергию излучения b , порожденного объектом a за промежуток времени t .

Выражение "Полная энергия(a, t)" обозначает энергию, затраченную объектом a за промежуток времени t .

Утверждение "толкает(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t приращение кинетической энергии объекта b происходит только за счет полезной мощности, затрачиваемой объектом a на b .

1.9.2 Примеры формулировки задач, связанных с работой и энергией, на языке решателя

При обучении решателя по данному разделу было проработано 164 задачи. Приведем несколько примеров их логической формализации.

Работа

Груз массой 1 кг начинают поднимать за веревку вертикально вверх с постоянным ускорением. За 2 секунды силой натяжения веревки была совершена работа 48 Дж. Найдите ускорение груза.

Посылки задачи:

"Равноускоренное(a, K, T)"

"поверх Земли(K)"

"Ускорение(a, K, T) = w ;

"вверх(w, K)"

" $T = [t_1, t_1 + 2\text{сек}]$ "

"Скорость(a, K, t_1) = вектор0"

"воздействие(a, b, T)"

"масса(a) = 1кг"

"работасилы(a, b, T) = 48Дж"

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(w)$ "

Неизвестная задачи - x .

Постоянная мощность

Автомобиль массой 2000 кг движется по горизонтальной дороге со скоростью 72 км/час. Сила сопротивления движению составляет $1/20$ от веса автомобиля. Определите полезную мощность автомобиля.

Посылки задачи:

"движениепо(a, b, t)"

"поверхнземли(K)"

"Неподв(b, t)"

"коэффтрения(a, b) = $1/20$ "

"горизповерхн(b, K, t)"

"масса(a) = 2000кг"

"скорость(a, t) = 72 км/час"

"тянет(c, a, t)"

"Равндвиж(a, t)"

"внештело(c)"

"вправо(Скорость(a, K, t), K)"

Условие задачи:

" $x = \text{полезномощность}(c, a, t)$ "

Неизвестная задачи - x .

Переменная мощность

Определите мощность трамвая к концу 5-й секунды после начала движения, если он развил к этому моменту скорость 18 км/час. Масса трамвая 10 т. Сопротивлением движению пренебречь.

Посылки задачи:

"движениепо(a, b, t)"

"поверхнземли(K)"

"гладкое(b)"

"горизповерхн(b, K, T)"

"неподв(b, T)"

" $T = [0, 5\text{сек}]$ "

"Скорость($a, K, 0$) = вектор0"

"Равноускоренное(a, K, T)"

"тянет(c, a, T)"

"масса(a) = 10т"

"длина(Скорость($a, K, 5$ сек)=18 км/час"

"движвправо(a, K, T)"

"внештело(c)"

Условие задачи:

" x = полезнмощность($c, a, 5$ сек)"

Неизвестная задачи - x .

Кинетическая энергия

Под каким углом к горизонту надо бросить камень, чтобы его кинетическая энергия в точке максимального подъема составляла 25 процентов от его кинетической энергии в точке бросания ?

Посылки задачи:

"бросок(a, T)"

"поверхземли(K)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"Скорость(a, K, t_1) = v "

" $K = (A, B, C, D)$ "

"крд($v, K, 2$) = 0"

" $0 < \text{крд}(v, K, 3)$ "

"Верхняяточка(a, K, T, t_3)"

"кинетичэнергия(a, K, t_3) = 0.25 · кинетичэнергия(a, K, t_1)"

"мточка(a)"

Условие задачи:

" x = уголмежду(v , вектор(AB))"

Неизвестная задачи - x .

Потенциальная энергия

Тонкий лом длиной 1.5 м и массой 10 кг лежит на горизонтальной поверхности. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы поставить его на землю в вертикальное положение ?

Посылки задачи:

"стержень(a)"

"концы(a) = $\{b, c\}$ "

"поверхнземли(K)"

"горизповерхн(d, K, T)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"лежитна(a, d, t_1)"

"длина(a) = 1.5м"

"масса(a) = 10кг"

" $A = \text{Место}(b, t_2)$ "

" $B = \text{Место}(c, t_2)$ "

"вверх(вектор(AB), K)"

"лежитна(b, d, t_2)"

"неподв(a, t_2)"

"неподв(d, T)"

"воздействие(a, p, T)"

"внештело(p)"

Условие задачи:

" $x = \text{работасилы}(a, p, T)$ "

Неизвестная задачи - x .

Закон сохранения механической энергии

На нити длиной 5 м подвешен шар. Какую горизонтальную скорость нужно сообщить шару, чтобы он отклонился до высоты, на которой расположена точка подвеса ?

Посылки задачи:

"гибкаясвязь(a, b, c, T)"

"поверхнземли(K)"

"длина(c) = 5м"

"масса(c)=0"

"неподв(a, T)"

"Висит(b, a, K, t_1)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"Скорость(b, K, t_1) = v "

"крд(Место(b, t_2), $K, 3$) = крд(Место(a, t_1), $K, 3$)"

"Скорость(b, K, t_2) = вектор0"

"внештело(a)"

"мточка(b)"

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(v)$ "

Неизвестная задачи - x .

Закон сохранения энергии и динамика движения по окружности

Небольшое тело соскальзывает без трения с вершины неподвижной полусферы радиусом 0.75 м. На какой высоте тело оторвется от поверхности полусферы? Высота отсчитывается от основания полусферы.

"движениепо(a, b, T)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"внешсфера(b)"

"поверхнземли(K)"

"радиус(b) = 0.75м"

"неподв(b, T)"

"место(b, T) = E "

"центр(C, E)"

" $A = \text{Место}(a, t_1)$ "

"вверх(вектор(CA), K)"

"Скорость(a, K, t_1) = вектор0"

"крд($C, K, 3$)=0"

" $D = \text{Место}(a, t_2)$ "

"сила(b, a, t_2) = вектор0"

"гладкое(b)"

"вертплоскдвиж(a, K, T)"

"мточка(a)"

Условие задачи:

" $x = \text{крд}(D, K, 3)$ "

Неизвестная задачи - x .

Сохранение энергии и импульса. Упругий удар

Из двух соударяющихся абсолютно упругих шаров шар большей массы покоится. В результате прямого удара меньший шар потерял $3/4$ своей кинетической энергии. Во сколько раз масса одного шара больше, чем другого?

Посылки задачи:

"соударение($\{a, b\}, T$)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"упругий($\{a, b\}, T$)"

"центральныйудар($\{a, b\}, T$)"

"неподв(b, t_1)"

"масса(b) > масса(a)"

"кинетичэнергия(a, K, t_2) = $1/4 \cdot$ кинетичэнергия(a, K, t_1)"

"неподв(K, T)"

"мточка(a)"

"мточка(b)"

Условие задачи:

" $x = \text{масса}(b)/\text{масса}(a)$ "

Неизвестная задачи - x .

Изменение механической энергии. Внутренняя энергия. Работа сил трения

Тело массой 5 кг, лежащее на горизонтальной плоскости, соединено с вертикальной стеной недеформированной пружиной. Осб пружины горизонтальна, ее жесткость 100 Н/м, коэффициент трения между телом и плоскостью 0.4. Телу сообщают скорость 1 м/сек, направленную вдоль оси пружины. Найдите максимальную деформацию пружины.

Посылки задачи:

"упругсвязь(a, b, c, T)"

"поверхнземли(K)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"мточка(b)"

"масса(b) = 5кг"

"неподв(a, T)"

"внештело(a)"

"движениепо(b, d, T)"

"горизповерхн(d, K, T)"

"неподв(d, T)"

"коэффтрения(b, d)=0.4"

"жесткость(c) = 100Н/м"

"Скорость(b, K, t_1) = v "

"влево(v, K)"

"длина(v) = 1м/сек"

" $A = \text{Место}(a, t_1)$ "

" $B = \text{Место}(b, t_1)$ "

"влево(вектор(BA), K)"

"удлинсвязи(c, t_1)"

" $C = \text{Место}(b, t_2)$ "

"вправо(вектор(AC), K)"

"удлинсвязи(c, t_2) < 0"

"движется(b, K, T)"

"Скорость(b, K, t_2) = вектор0"

Условие задачи:

" $x = \text{удлинсвязи}(c, t_2)$ "

Неизвестная задачи - x .

Изменение механической энергии и закон сохранения импульса

Движущееся тело сталкивается с неподвижным телом, после чего они движутся вместе со скоростью, которая в 4 раза меньше скорости первоначально движущегося тела. Какая часть кинетической энергии движущегося тела перешла в тепло ?

Посылки задачи:

"соударение($\{a, b\}, T$)"

"неупругий($\{a, b\}, T$)"

"мточка(a)"

"мточка(b)"

"поверхнземли(K)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"Скорость(a, K, t_1) = v_1 "

"Скорость(b, K, t_1) = вектор0"

"Скорость(a, K, t_2) = v_2 "

"длина(v_2) = $1/4 \cdot \text{длина}(v_1)$ "

" $0 < \text{длина}(v_1)$ "

" $0 < \text{масса}(a)$ "

" $0 < \text{масса}(b)$ "

Условие задачи:

" $x = (\text{теплэнергия}(a, T) + \text{теплэнергия}(b, T)) / \text{кинетичэнергия}(a, K, t_1)$ "

Неизвестная задачи - x .

1.9.3 Приемы решателя, связанные с работой и энергией

Приемы, связанные с символом "работасилы"

1. Работа постоянной силы на прямолинейном участке траектории.

$\forall_{Tac}(\text{прямлинпуть}(\text{Путь}(a, T)) \ \& \ \text{констсила}(a, c, T) \rightarrow \text{работасилы}(a, c, T) = \text{скалумнож}(\text{сила}(a, c, T), \text{напрпути}(\text{Путь}(a, T)))\text{длина}(\text{Путь}(a, T)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(a, c, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

2. Работа постоянной горизонтальной силы, приложенной к телу, перемещающемуся по горизонтальной поверхности.

\forall_{KTabc} (движениепо(a, b, T) & горизповерхн(b, K, T) & неподв(b, T) & неподв(K, T) & констсила(a, c, T) & горизплосквект(сила(a, c, T), K) \rightarrow работасилы(a, c, T) = длина(Путь(a, T))|крд(сила(a, c, T), $K, 1$)|)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(a, c, T)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме третьего, четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками. Для блокирования повторного применения данного и предыдущего приемов используется специальный комментарий. Уровень срабатывания приема равен 3.

3. Работа переменной силы на прямолинейном участке траектории.

$\forall_{FTadpqt}$ ($T = [p, q]$ & прямлинють(Путь(a, T)) & $F =$ скалумнож(сила(a, d, t), напрпути(Путь(a, T))) \rightarrow работасилы(a, d, T) = $\int_0^{\text{длина(Путь(a,T))}} F dx$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(a, d, T)" в послылке задачи на исследование. Первый antecedent идентифицируется с послылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Третий antecedent выделен указателем "вычисл". Он становится условием вспомогательной задачи на описание, имеющей цель (известно . . .) и неизвестную F . Известные параметры берутся из списка известных параметров текущей задачи на исследование. Дополнительно этой задаче передаются послылки " l (Место(a, p), Место(a, t)) = $x, 0 < x, x < \text{длина(Путь(a,T))}, t \in T, t - \text{число}$ ". Из списка послылок вспомогательной задачи удаляются все послылки текущей задачи, относящиеся к разделу "работаиэнергия". Новая переменная x регистрируется в цели "известно"; вводится комментарий (момент t). Перед вычислением проверяется, что ранее не был применен другой прием для определения работы. Кроме того, проверяется отсутствие послылки "констсила(a, d, T)". Интеграл вычисляется вспомогательной задачей на преобразование. Уровни срабатывания равны 3 и 4. Уровень 3 допускается лишь при наличии кванторной послылки, имеющей подвыражение вида "сила(u, v, w)", у которого w - переменная связывающей приставки внешнего квантора общности.

4. Отнесение работы к центру масс.

\forall_{Tabc} (центртяжести(c, a) \rightarrow работасилы(a, b, T) = работасилы(c, b, T))

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Antecedent идентифицируется с послылкой. Уровень срабатывания равен 2.

5. Работа силы тяжести при горизонтальном движении равна нулю.

\forall_{KTab} (поверхнземли(K) & движениепо(a, b, T) & горизповерхн(b, K, T) & неподв(K, T) \rightarrow работасилы(a, K, T) = 0)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые три antecedenta идентифицируются с послылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

6. Работа силы воздействия одного тела на другое при движении по гладкой поверхности равна нулю.

$$\forall_{Tab}(\text{движение по}(a, b, T) \ \& \ \text{гладкое}(b) \rightarrow \text{работасилы}(a, b, T) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

7. Работа на объединении промежутков времени.

$$\forall_{STabpst}(T = [s, t] \ \& \ S = [t, p] \rightarrow \text{работасилы}(a, b, T \cup S) = \text{работасилы}(a, b, T) + \text{работасилы}(a, b, S))$$

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 2.

8. Ввод в рассмотрение воздействия.

$$\forall_{abt}(\text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "воздействие(a, b, x)". Уровень срабатывания равен 2.

9. Ввод в рассмотрение системы взаимодействующих тел для сил, работа которых упоминается в задаче.

$$\forall_{ABTb}(\text{внешсилы}(\emptyset, \{; b\}, T) = \text{внешсилы}(\{; A\}, \{; B\}, T) \rightarrow \text{внешсилы}(\{; A\}, \{; B\}, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(c, d, T)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию набора w всех таких тел x , упоминаемых в выражениях "работасилы(x, y, T)", что воздействие на них со стороны тел y не является силой притяжения либо силой воздействия упругой связи. При этом переменной b присваивается терм "набор(...)", перечисляющий все найденные тела x . Антецедент выделен указателем "идентификатор". Его правая часть обрабатывается описанным ранее нормализатором "свнешсилы" (см. раздел "динамика"). Этот нормализатор находит набор A всевозможных пар (a, b) , где b - внешний объект, оказывающий в течение промежутка времени T силовое воздействие на объект a набора B . В A не включаются пары для силовых воздействий, учитываемых в определении потенциальной энергии системы объектов B . Нормализатор работает в режиме постепенного расширения наборов A, B . Первоначально первый из них пустой, а второй равен b . Применение приема блокируется в ряде специальных случаев:

- (a) Отсутствует комментарий (работасилы $u \ v \ T$), такой, что пара (u, v) встречается в наборе A . Его наличие означает, что соответствующая работа уже была вычислена непосредственно.
- (b) Отсутствует посылка вида "спутник(x, y, z, v)".
- (c) Отсутствует комментарий к посылкам, имеющий заголовок "теплэнергия" либо "мехэнергия". Наличие таких комментариев означает, что нормализатор "свнешсилы" уже использовался другим приемом.

- (d) Отсутствуют такие посылки "поршень(x, y, T)", "центр тяжести(z, x)", что z упоминается в парах набора A .

Уровень срабатывания приема равен 4.

Приемы, связанные с символом "кпд"

Созданы всего два приема, определяющие к.п.д. через полезную и потребляемую мощности:

$$\forall_{abc}(\text{кпд}(a, b, c) = \text{полезная мощность}(a, b, c) / \text{полная мощность}(a, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "кпд(a, b, c)" в посылке задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "горение(x, a)", "тепловая машина(b, a, x, c)", "электролиз(a)", так как в этих случаях для к.п.д. имеются другие приемы. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abc}(\text{кпд}(a, b, c) = \text{полезная мощность}(a, b, c) / \text{тепловая мощность}(a, c))$$

Аналогично предыдущему, но имеется посылка вида "горение(x, a)".

Приемы, связанные с символом "полезная мощность"

1. Выражение полезной мощности через работу силы и длительность процесса движения.

$$\forall_{Tab}(\text{тянет}(a, b, T) \rightarrow \text{полезная мощность}(a, b, T) = \text{работа силы}(b, a, T) / \text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полезная мощность(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой, причем указатель "вариант" разрешает замену его заголовка на "тормозит". Отсутствует посылка вида "скорость(b, T) = x ". Уровень срабатывания приема равен 3.

2. Выражение полезной мощности через силу и скорость.

$$\forall_{Kab}(\text{тянет}(a, b, t) \ \& \ \text{прямоход}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \rightarrow \text{полезная мощность}(a, b, t) = \text{длина}(сила(b, a, t)) \cdot \text{длина}(Скорость(b, K, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полезная мощность(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "Скорость(b, K, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{тянет}(a, b, t) \rightarrow \text{полезная мощность}(a, b, t) = \text{длина}(сила(b, a, t)) \cdot \text{скорость}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полезная мощность(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение "скорость(b, t)" уже встречается в задаче. Уровни срабатывания равны 2 и 5.

$$\forall_{abtT}(\text{тянет}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{полезнмощность}(a, b, t) = \text{длина}(\text{сила}(b, a, t))\text{скорость}(b, t))$$

Аналогично предыдущему. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором.

3. Полезная мощность насоса.

$$\forall_{ARacpt}(\text{течение}(a, t) \ \& \ \text{давит}(c, a, t) \ \& \ \text{русло}(a, t) = R \ \& \ A = \text{исток}(R) \ \& \ \text{вещество}(a, p) \rightarrow \text{полезнмощность}(c, a, t) = \text{плотность}(p)S(\text{сечениерусла}(R, A))(\text{длина}(\text{Скоростьтечения}(a, A, t)))^3/2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полезнмощность(c, a, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ARTacpt}(\text{течение}(a, T) \ \& \ \text{давит}(c, a, T) \ \& \ \text{русло}(a, T) = R \ \& \ A = \text{исток}(R) \ \& \ \text{вещество}(a, p) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{полезнмощность}(c, a, t) = \text{плотность}(p)S(\text{сечениерусла}(R, A))(\text{длина}(\text{Скоростьтечения}(a, A, t)))^3/2)$$

Аналогично предыдущему, но третий и четвертый антецеденты выделены указателем "идентификатор", а шестой - обрабатывается проверочным оператором.

4. Полезная мощность излучения.

$$\forall_{Tac}(\text{излучает}(a, c, T) \rightarrow \text{полезнмощность}(a, c, T) = \text{энергияизлучения}(a, c, T)/\text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полезнмощность(a, c, t)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "теплмощность"

Создан единственный прием про среднюю мощность выделения тепла:

$$\forall_{Ta}(\text{теплмощность}(a, T)\text{длина}(T) = \text{теплэнергия}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплмощность(a, t)" в послылке задачи на исследование. Отсутствует послылка вида " $T \in X$ ". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "кинетичэнергия"

1. Кинетическая энергия материальной точки.

$$\forall_{abt}(\text{мточка}(a) \rightarrow \text{кинетичэнергия}(a, b, t) = \text{масса}(a)(\text{длина}(\text{Скорость}(a, b, t)))^2/2)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

2. Кинетическая энергия неподвижного тела.

$$\forall_{abt}(\text{неподв}(a, t) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{кинетичэнергия}(a, b, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

3. Кинетическая энергия невесомого тела.

$$\forall_{abt}(\text{масса}(a) = 0 \rightarrow \text{кинетичэнергия}(a, b, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 1.

4. Кинетическая энергия конечной системы объектов.

$$\forall_{Kant}(l(a) = n \rightarrow \text{кинетичэнергия}(\{; a\}, K, t) = \sum_{i=1}^n \text{кинетичэнергия}(a(i), K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Выражение a имеет заголовок "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Указатель "развертка" определяет выписывание конечной суммы как обычной. Уровень срабатывания равен 1.

5. Изменение кинетической энергии равно суммарной работе сил, действующих на материальную точку.

$$\forall_{KTafnpq}(\text{Силы}(a, \{; f\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ l(f) = n \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{работасилы}(a, f(i), T) = \text{кинетичэнергия}(a, K, q) - \text{кинетичэнергия}(a, K, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент выделен указателем "идентификатор", пятый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение f имеет заголовок "набор". Существует такой элемент b этого набора, для которого отсутствует посылка "констсила(a, b, T)". Выражения "Скорость(a, K, p)" и "Скорость(a, K, q)" уже встречаются в задаче, причем хотя бы одно из них входит в посылку типа "Неизв". Отсутствует посылка вида "Равноускоренное(a, K, T)". Либо оба выражения "Место(a, p)", "Место(a, q)" уже встречаются в задаче, либо имеется посылка вида "Путь(a, T) = Отрезок(AB)". Отсутствует посылка вида "соударение(x, T)", у которой выражение x включает подвыражение a . Отсутствуют комментарии посылок с заголовком "мехэнергия" либо "теплэнергия". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 5. Создана еще одна версия приема. Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. В остальном она аналогична первой версии.

6. Сведение кинетической энергии поступательно движущегося тела к кинетической энергии его центра масс.

$$\forall_{abct}(\text{центр тяжести}(b, a) \ \& \ \text{поступат движение}(a, t) \rightarrow \text{кинетич энергия}(a, c, t) = \text{кинетич энергия}(b, c, t))$$

Прием имеет заголовок "второй терм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

7. Работа сил, осуществивших выброс.

$$\forall_{KT abnpq}(\text{выброс}(a, \{; b\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \text{кинетич энергия}(a, K, p) + \sum_{i=1}^n \text{кинетич энергия}(b(i), K, p) + \text{работавыброса}(a, \{; b\}, T) = \text{кинетич энергия}(a, K, q) + \sum_{i=1}^n \text{кинетич энергия}(b(i), K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". Выражение "работавыброса($a, \{; b\}, T$)" уже встречается в задаче. Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 3.

8. Сохранение кинетической энергии при упругом соударении.

$$\forall_{KT abpq}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \ \& \ \text{упругий}(\{a, b\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow (\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, p)))^2 \text{масса}(a) + (\text{длина}(\text{Скорость}(b, K, p)))^2 \text{масса}(b) = (\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, q)))^2 \text{масса}(a) + (\text{длина}(\text{Скорость}(b, K, q)))^2 \text{масса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый - обрабатывается проверочным оператором. В посылках встречается выражение вида "Скорость(x, K, y)", где x - a либо b , y - p либо q . Отсутствует посылка вида "центральный удар($\{a, b\}, T$)". Отсутствуют посылки вида "соударкоорд(X, a, b, T)" и "соударкоорд(X, b, a, T)", у которых X отлично от K . Отсутствуют также посылки вида " $x \in a$ " и " $x \in b$ ". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{KT anpq}(\text{соударение}(\{; a\}, T) \ \& \ \text{упругий}(\{; a\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ l(a) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n (\text{длина}(\text{Скорость}(a(i), K, p)))^2 \text{масса}(a(i)) = \sum_{i=1}^n (\text{длина}(\text{Скорость}(a(i), K, q)))^2 \text{масса}(a(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый - обрабатывается проверочным оператором, шестой - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". В посылках встречается выражение вида "Скорость(x, K, y)", где x - подвыражение выражения a , y - p либо q . Длина набора a более 2. Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 3.

9. Изменение кинетической энергии при неупругом отскоке.

$$\forall_{KTabrq}(\text{отскок}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \text{кинетичэнергия}(a, K, p) = \text{кинетичэнергия}(a, K, q) + \text{теплэнергия}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента и четвертый antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий и пятый antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "упругий($\{a, b\}, T)$ ". Уровень срабатывания равен 3.

10. Приращение кинетической энергии при толкании.

$$\forall_{KTacrq}(\text{толкает}(c, a, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \text{кинетичэнергия}(a, K, q) - \text{кинетичэнергия}(a, K, p) = \text{полезнмощность}(c, a, T)\text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полезнмощность(c, a, T)" в посылке задачи на исследование. Antecedенты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

11. Кинетическая энергия после разрыва равна сумме кинетической энергии до разрыва и энергии, выделившейся при разрыве.

$$\forall_{KTabnpq}(\text{распадение}(a, \{; b\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \text{кинетичэнергия}(a, K, p) = \sum_{i=1}^n \text{кинетичэнергия}(b(i), K, q) - \text{энергияразрыва}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента и четвертый antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий antecedent обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". Выражение "энергияразрыва(a, T)" уже встречается в посылках. Конечная сумма разворачивается в обычную. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "потенцэнергия"

1. Потенциальная энергия равна сумме потенциальной энергии тяготения и деформации.

$$\forall_{Kat}(\text{потенцэнергия}(a, K, t) = \text{потенцэнергия}(a, K, t) + \text{потенцэнергдеформ}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

2. Потенциальная энергия конечной системы объектов.

$$\forall_{Kant}(l(a) = n \rightarrow \text{потенцэнергия}(\{; a\}, K, t) = \sum_{i=1}^n \text{потенцэнергия}(a(i), K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Заголовком выражения a служит символ "набор". Antecedent выделен указателем "идентификатор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "потенцэнергтягот"

1. Определение потенциальной энергии тяготения.

$$\forall_{Kat}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{потенцэнергтягот}(a, K, t) = \text{масса}(a)g_{\text{крд}}(\text{Место}(a, t), K, 3))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, второй - идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kat}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{потенцэнергтягот}(a, K, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Отсутствует посылка вида "поверхнземли(K)". Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, второй - идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BKTabt}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ \text{место}(b, T) = B \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(B), K) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{потенцэнергтягот}(a, K, t) = \text{масса}(a)g_{\text{высотаповерхн}}(a, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "высотаповерхн(a, K, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

2. Потенциальная энергия тяготения при движении по оси абсцисс.

$$\forall_{KTat}(\text{одномерндвиж}(a, K, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{потенцэнергтягот}(a, K, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

3. Потенциальная энергия тяготения конечной системы объектов.

$$\forall_{Kant}(l(a) = n \rightarrow \text{потенцэнергтягот}(\{; a\}, K, t) = \sum_{i=1}^n \text{потенцэнергтягот}(a(i), K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Заголовком выражения a служит символ "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 1.

4. Сведение потенциальной энергии тяготения тела к потенциальной энергии тяготения его центра масс.

$$\forall_{Kabt}(\text{центртяжести}(b, a) \rightarrow \text{потенцэнергтягот}(a, K, t) = \text{потенцэнергтягот}(b, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 3.

5. Сохранение суммы потенциальной и кинетической материальной точки при броске.

$$\forall_{KTapp}(\text{бросок}(a, T) \ \& \ p \in T \ \& \ q \in T \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \\ \text{потенцэнергтягот}(a, K, p) + \text{кинетичэнергия}(a, K, p) = \\ \text{потенцэнергтягот}(a, K, q) + \text{кинетичэнергия}(a, K, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, p)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Скорость(a, K, q)" некоторой послылки. Выражения p, q различны. Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с послылками, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Выражения "крд(Скорость(a, K, p), $K, 3$)" и "крд(Скорость(a, K, q), $K, 3$)" не встречаются в послылках задачи. Одно из выражений "длина(Скорость(a, K, p))", "длина(Скорость(a, K, q))", "крд(Место(a, p), $K, 3$)", "крд(Место(a, q), $K, 3$)" имеет тип "неизв", а остальные - не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 4.

6. Совпадение потенциальных энергий при выбросе.

$$\forall_{Tabcdpq}(\text{выброс}(a, \{b; c\}, T) \ \& \ T = [p, q] \rightarrow \\ \text{потенцэнергтягот}(b, d, q) = \text{потенцэнергтягот}(b, d, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "потенцэнергтягот(b, d, q)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Выражение "потенцэнергтягот(b, d, p)" тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "потенцэнергдеформ"

1. Потенциальная энергия деформации упругой связи.

$$\forall_{Tabtpt}(\text{упругсвязь}(a, b, p, T) \rightarrow \text{потенцэнергдеформ}(p, t) = \\ \text{жесткость}(p)(\text{удлинсвязи}(p, t))^2/2)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 2.

2. Потенциальная энергия деформации твердого тела равна нулю.

$$\forall_{at}(\text{твердотело}(a) \rightarrow \text{потенцэнергдеформ}(a, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

3. Потенциальная энергия деформации гибкой связи равна нулю.

$$\forall_{Tabcct}(\text{гибкаясвязь}(a, b, c, T) \rightarrow \text{потенцэнергдеформ}(c, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

4. Потенциальная энергия деформации жидкости равна нулю.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \rightarrow \text{потенцэнергдеформ}(a) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 0.

5. Потенциальная энергия деформации материальной точки равна нулю.

$$\forall_{at}(\text{мточка}(a) \rightarrow \text{потенцэнергдеформ}(a, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

6. Потенциальная энергия деформации конечной системы объектов.

$$\forall_{Kant}(l(a) = n \rightarrow \text{потенцэнергдеформ}(\{; a\}, K, t) = \sum_{i=1}^n \text{потенцэнергдеформ}(a(i), K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "мехэнергия"

1. Механическая энергия равна сумме потенциальной и кинетической энергий.

$$\forall_{Kat}(\text{мехэнергия}(a, K, t) = \text{потенцэнергия}(a, K, t) + \text{кинетичэнергия}(a, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Изменение механической энергии системы тел при отсутствии трения равно суммарной работе внешних сил.

$$\forall_{KTabmnpq}(l(a) = n \ \& \ l(b) = m \ \& \ \text{внешсилы}(\{; a\}, \{; b\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{работасилы}(a(i)(1), a(i)(2), T) = \sum_{i=1}^m \text{мехэнергия}(b(i), K, q) - \sum_{i=1}^m \text{мехэнергия}(b(i), K, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(c, d, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты с третьего по пятый идентифицируются с посылками. Первые два антецедента выделены указателем "идентификатор". Шестой антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения a, b имеют заголовок "набор". Терм "набор(c, d)" входит в выражение a . В задаче не рассматриваются выражения с заголовками "коэффтрения", "силатрения", "погружено". Отсутствует посылка "внештело(c)". Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 3.

3. Механическая энергия покоящейся материальной точки равна ее потенциальной энергии.

$$\forall_{Kat}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{неподв}(a, t) \ \& \ \text{неподв}(K, t) \rightarrow \text{мехэнергия}(a, K, t) = \text{потенцэнергия}(a, K, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Текущий терм задачи не имеет заголовка "актив". Уровень срабатывания равен 0.

4. Механическая энергия упругой связи, имеющей нулевую массу, равна потенциальной энергии деформации.

$$\forall_{KTabpt}(\text{упругсвязь}(a, b, p, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \\ \text{мехэнергия}(p, K, t) = \text{потенцэнергдеформ}(p, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует такое упоминание о массе p в задаче, которое не является посылкой вида "масса(p) = 0". Уровень срабатывания равен 0.

5. Сохранение механической энергии при отсутствии неконсервативных сил.

$$\forall_{ABKadnst}(\text{внешсилы}(\emptyset, \{a\}, [s, t]) = \text{внешсилы}(\emptyset, \{d\}, [s, t]) \ \& \ l(d) = n \ \& \\ \text{поверхземли}(K) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(a, s) \ \& \ \text{Предшеств}(s, t) \rightarrow \\ \sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, t) - \sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, s) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, s)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки "Скорость(a, K, t)", где t не совпадает с s . Третий антецедент идентифицируется с посылкой, шестой - обрабатывается проверочным оператором. остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Левая часть первого антецедента обрабатывается нормализатором "смвнешсилы". Выражение d имеет заголовок "набор". Проверяются следующие требования:

- (a) Либо в посылках задачи встречаются оба выражения "крд($A, K, 3$)", "крд($B, K, 3$)", либо имеются посылки "движениепо(a, x, T)" и "горизповерхн(x, K, T)", причем усматриваются принадлежности $t \in T, s \in T$.
- (b) Отсутствует посылка "бросок(a, T)", такая, что усматриваются принадлежности $s \in T, t \in T$.
- (c) Отсутствует посылка "неупругий(x, T)", такая, что усматривается наличие общего подпромежутка у T и $[s, t]$, а выражения x, d имеют хотя бы одну общую свободную переменную.
- (d) Среди выражений "крд($A, K, 3$)–крд($B, K, 3$)", "длина(Скорость(a, K, t))", "длина(Скорость(a, K, s))", обработанных соответствующими нормализаторами общей стандартизации, имеется выражение типа "неизв". При этом либо оба других выражения не содержат неизвестных, либо первое из них не содержит символа "крд", а хотя бы одно из двух других - не содержит неизвестных.
- (e) В задаче не встречаются символы "силатрения", "коэффтрения", "теплэнергия", "Элзаряд".

Конечные суммы разворачиваются в обычные. Уровень срабатывания равен 4. Созданы еще пять версий данного приема.

В первой версии указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "Скорость(a, K, t)", а указатель "контекст" - к подвыражению "Скорость(a, K, s)". Список дополнительных требований отличается от предыдущего лишь тем,

что оба выражения "крд($A, K, 3$)", "крд($B, K, 3$)" должны встречаться в посылках. Уровень срабатывания прежний.

Вторая версия отличается от исходной тем, что требуется наличие посылки вида "упругсвязь(a, x, y, z)". Первое из дополнительных требований исходной версии заменяется на следующее: либо имеются посылки "движениепо(a, u, v)" и "горизповерхн(u, K, v)", либо имеется посылка "одномерндвиж(a, K, w)". В остальном версия совпадает с исходной.

В третьей версии указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "Неподв(a, s)", а указатель "контекст" - к подвыражению "Скорость(a, K, t)". В остальном эта версия совпадает со второй.

В четвертой версии указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "скорость(a, t)", а указатель "контекст" - к подвыражению "скорость(a, s)". Уровень срабатывания равен 5. В остальном эта версия совпадает с первой.

Пятая версия отличается от первой лишь тем, что ее уровень срабатывания равен 7.

$\forall_{ABKadnst}$ (внешсилы($\emptyset, \{a\}, [s, t]$) = внешсилы($\emptyset, \{; d\}, [s, t]$) & $l(d) = n$ & поверхностьземли(K) & $A = \text{Место}(a, t)$ & $B = \text{Место}(a, s)$ & Предшествв(s, t) \rightarrow
 $\sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, t) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{энергкулвзаим}(d(i), d(j), t) -$
 $\sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, s) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{энергкулвзаим}(d(i), d(j), s) = 0$)

Прием отличается от второй версии предыдущей серии приемов лишь тем, что имеется посылка, содержащая символ "Элзаряд".

$\forall_{ABKadnst}$ (внешсилы($\emptyset, \{a\}, [s, t]$) = внешсилы($\emptyset, \{; d\}, [s, t]$) & $l(d) = n$ & прямоорд(K) & $A = \text{Место}(a, t)$ & $B = \text{Место}(a, s)$ & Предшествв(s, t) \rightarrow
 $\sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, t) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{энергкулвзаим}(d(i), d(j), t) -$
 $\sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, s) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{энергкулвзаим}(d(i), d(j), s) = 0$)

Аналогично предыдущему, но первое из дополнительных требований исходной версии вообще отбрасывается, причем требуется отсутствие посылки вида "поверхнземли(X)".

6. Изменение механической энергии при наличии сил трения.

$\forall_{KTabcdpq}$ (движениепо(a, b, T) & движениепо(b, c, T) & неподв(c, T) & гладкое(c) & поверхностьземли(K) & $T = [p, q]$ & центртяжести(d, b) \rightarrow
 $\text{мехэнергия}(a, K, p) + \text{мехэнергия}(b, K, p) - \text{мехэнергия}(a, K, q) -$
 $\text{мехэнергия}(b, K, q) = \text{теплэнергия}(a, T)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "воздействие(a, x, y)", такая, что x отлично от K и d . Отсутствует посылка вида "воздействие(d, x, y)", такая, что x отлично от K, a, c . Выражение "коэффтрения(a, b)" встречается в посылках. Уже рассматриваются векторные скорости объекта a относительно некоторых

объектов в моменты p и q . Для каждого из моментов p, q либо указывается, что b в этот момент неподвижно, либо рассматривается векторная скорость точки d . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABKadnst}(\text{внешсилы}(\emptyset, \{a\}, [s, t]) = \text{внешсилы}(\emptyset, \{d\}, [s, t]) \ \& \ l(d) = n \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(a, s) \ \& \ \text{Предшеств}(s, t) \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, s) - \sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, t) = \sum_{i=1}^n \text{теплэнергия}(d(i), [s, t]))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Скорость(a, K, s)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послылки "Скорость(a, K, t)", где t не совпадает с s . Третий антецедент идентифицируется с послылкой, шестой - обрабатывается проверочным оператором. остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Левая часть первого антецедента обрабатывается нормализатором "смвнешсилы". Выражение d имеет заголовок "набор". Проверяются следующие требования:

- (a) Либо в послылках задачи встречаются оба выражения "крд($A, K, 3$)", "крд($B, K, 3$)", либо имеются послылки "движениепо(a, x, T)" и "горизповерхн(x, K, T)", причем усматриваются принадлежности $t \in T, s \in T$.
- (b) Отсутствует пара посылок "движениепо(a, x, T)", "движениепо(a, y, T)", где выражения x, y не совпадают.
- (c) Отсутствует послылка вида "соединены($\{; x\}$)", такая, что a - подвыражение выражения x .
- (d) Отсутствуют комментарий вида (мехэнергия ...) к послылкам текущей задачи, а также комментарий вид (отскок мехэнергия x).
- (e) Отсутствует послылка вида "Место(a, x) = y ", такая, что момент x отличен от s, t , причем усматривается, что он расположен после s , но до t .
- (f) В послылках встречается выражение, либо имеющее своим заголовком один из символов "силатрения", "коэффтрения", либо имеющее вид "теплэнергия(x, T)", где T пересекается по невырожденному промежутку с $[s, t]$. В обоих случаях это выражение имеет общую свободную переменную с выражением d .
- (g) Среди выражений "крд($A, K, 3$)–крд($B, K, 3$)", "длина(Скорость(a, K, t))", "длина(Скорость(a, K, s))", обработанных соответствующими нормализаторами общей стандартизации, либо имеются хотя бы два не содержащих неизвестных, либо первое из них не содержит символа "крд", а хотя бы одно из двух других - не содержит неизвестных.
- (h) Отсутствует послылка вида "выброс(x, y, T)", такая, что a является подвыражением x либо y , причем T пересекается по невырожденному промежутку с $[s, t]$.

Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABKadnpqst}(\text{внешсилы}(\emptyset, \{a\}, [s, t]) = \text{внешсилы}(\{(p, q)\}, \{d\}, [s, t]) \ \& \ l(d) = n \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(a, s) \ \& \ \text{Предшеств}(s, t) \rightarrow$$

$$\sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, s) - \sum_{i=1}^n \text{мехэнергия}(d(i), K, t) = \\ \sum_{i=1}^n \text{теплэнергия}(d(i), [s, t]) - \text{работасилы}(p, q, [s, t])$$

Аналогично предыдущему.

7. Условие плавного перехода.

$$\forall_{KTарq} (\text{плавныйпереход}(a, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \rightarrow \\ \text{мехэнергия}(a, K, p) = \text{мехэнергия}(a, K, q) \ \& \ \text{Место}(a, p) = \text{Место}(a, q) \ \& \\ \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, p)) = \text{длина}(\text{Скорость}(a, K, q)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

8. Отбрасывание механической энергии легкого газа.

$$\forall_{Kabt} (\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \rightarrow \text{мехэнергия}(a, K, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Имеется посылка "пренебрмасса(a,)", причем текущий терм задачи содержит подвыражение "мехэнергия(a, K, t)". Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символами "теплэнергия", "Теплэнергия"

1. Тепловая энергия равна работе силы трения.

$$\forall_{STab} (\text{движениепо}(a, b, S) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{мточка}(a) \ \& \\ T \subseteq S \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{STabmnpq} (\text{движениепо}(a, b, S) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{стержень}(b) \ \& \ \text{концы}(b) = \{m, n\} \\ \& \ \text{движется}(a, b, T) \ \& \ \text{Место}(a, p) = \text{Место}(m, p) \ \& \ \text{Место}(a, q) = \text{Место}(n, q) \\ \& \ T \subseteq S \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, T))\text{длина}(b))$$

$$\forall_{STabmnpq} (\text{движениепо}(a, b, S) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{стержень}(b) \ \& \ \text{движется}(a, b, T) \\ \& \ m = \text{текместо}(a, b, p) \ \& \ M = \text{Место}(m, q) \ \& \ A = \text{Место}(a, q) \ \& \\ T \subseteq S \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, T))l(AM))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками. Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", восьмой - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{STab} (\text{движениепо}(a, b, S) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ T \subseteq S \rightarrow \\ \text{теплэнергия}(a, T) = \text{длина}(\text{силатрения}(a, b, T))\text{длина}(\text{Путь}(a, T)))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "теплэнергия(a, T)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

2. Подразбиение промежутка выделения тепловой энергии.

$$\forall_{Tabpqt}(\text{соударение}(\{a, b\}, [s, t]) \& T = [p, q] \& s \in T \& t \in T \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = \text{теплэнергия}(a, [p, s]) + \text{теплэнергия}(a, [s, t]) + \text{теплэнергия}(a, [t, q]))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Выражения p, s , а также выражения q, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

3. Тепловая энергия упругой связи.

$$\forall_{STabc}(\text{упругсвязь}(a, b, c, T) \& S \subseteq T \rightarrow \text{теплэнергия}(c, S) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

4. Тепловая энергия при упругом соударении.

$$\forall_{Tab}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{упругий}(\{a, b\}, T) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

5. Тепловая энергия, выделенная при соударении неподвижным телом.

$$\forall_{Tbcpq}(\text{соударение}(\{b, c\}, T) \& T = [p, q] \& \text{неподв}(b, p) \rightarrow \text{теплэнергия}(b, T) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

6. Выражение тепловой энергии через величину углубления и силу при соударении.

$$\forall_{Tab}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \& \text{неупругий}(\{a, b\}, T) \& \text{констсила}(b, a, T) \& \text{тормозит}(a, b, T) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) + \text{теплэнергия}(b, T) = \text{углубление}(b, a, T)\text{длина}(\text{сила}(a, b, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с послылками задачи на исследование. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение "углубление(b, a, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

7. Тепловая энергия, выделяющаяся при абсолютно неупругом столкновении материальной точки с неподвижным телом.

$$\forall_{KTabpq}(\text{падение}(a, b, T) \& T = [p, q] \& \text{прямоорд}(K) \& \text{неподв}(K, T) \& \text{неподв}(b, T) \rightarrow (\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, p)))^2 \text{масса}(a) = 2\text{теплэнергия}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

8. Тепловая энергия, выделяющаяся при пробивании материальной точкой неподвижного тела.

$$\forall_{KTabrq}(\text{пробивает}(a, b, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \rightarrow \\ ((\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, p)))^2 - (\text{длина}(\text{Скорость}(a, K, q)))^2) \text{масса}(a) = \\ 2\text{теплэнергия}(a, T))$$

Аналогично предыдущему.

9. Потерянная энергия излучения.

$$\forall_{Tac}(\text{излучает}(a, c, T) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = \\ (\text{полномощность}(a, T) - \text{полезномощность}(a, c, T))\text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полномощность(a, T)" в посылке задачи на исследование. Выражение "полезномощность(a, c, T)" тоже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

10. Тепловая энергия при неупругом соударении.

$$\forall_{KTabrpq}(\text{соударение}(\{; a\}, T) \ \& \ T = [p, q] \ \& \ \text{прямокоорд}(K) \ \& \ \text{неподв}(K, T) \ \& \ l(a) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n (\text{длина}(\text{Скорость}(a(i), K, p)))^2 \text{масса}(a(i)) = \\ \sum_{i=1}^n (\text{длина}(\text{Скорость}(a(i), K, q)))^2 \text{масса}(a(i)) + 2 \sum_{i=1}^n \text{теплэнергия}(a(i), T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Хотя бы один из символов "теплэнергия", "температура", "углубление" встречается в посылках. Отсутствует посылка "упругий($\{; a\}, T$)". Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 3.

11. Тепловая энергия конечной системы объектов.

$$\forall_{ant}(l(a) = n \rightarrow \text{теплэнергия}(\{; a\}, t) = \sum_{i=1}^n \text{теплэнергия}(a(i), t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Заголовком выражения a служит символ "набор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

12. Выражение тепловой энергии из линейного соотношения.

$$\forall_{Tabcd}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{теплэнергия}(c, T) + b = d \leftrightarrow \text{теплэнергия}(c, T) = (d - b)/a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения a, b, d не содержат символов "теплэнергия", "мехэнергия", "кинетичэнергия", "работасилы". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 5. Отличие ее от исходной версии состоит в том, что отбрасываются ограничения на выражение b .

13. Отношение выделенной телами тепловой энергии при равенстве температур и веществ.

$$\forall_{STabc}(\text{температура}(a, T) = \text{температура}(b, S) \ \& \ \text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T)/\text{теплэнергия}(b, S) = \text{длина}(T)\text{площповерхности}(a)/(\text{длина}(S)\text{площповерхности}(b)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплэнергия(a, T)" в послке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послками, причем первый антецедент выделен указателем "равно". Выражение "теплэнергия(b, S)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "энергияизлучения"

Создан единственный прием, относящийся к энергии импульсного излучения:

$$\forall_{Tac}(\text{излучает}(a, c, T) \ \& \ \text{импульсрежим}(a, T) \rightarrow \text{энергияизлучения}(a, c, T) = \text{энергияимпульса}(a, T)\text{частотаимпульсов}(a, T)\text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "энергияизлучения(a, c, T)" в послке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послками. Выражение "энергияимпульса(a, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "Полнэнергия"

Создан единственный прием: затраченная энергия равна произведению затраченной мощности на длину временного промежутка.

$$\forall_{Ta}(\text{Полнэнергия}(a, T) = \text{полномощность}(a, T)\text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Полнэнергия(a, T)" в послке задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

1.10 Статика

Специальных логических символов, возникших при рассмотрении задач по статике, оказалось всего два - "граньвращения" и "моментсилы". Утверждение "граньвращения(a, b, c, t)" означает, что твердое тело a в момент либо период t находится на грани вращения относительно своей материальной точки b , опирающейся на материальную точку c внешнего тела. Выражение "моментсилы(a, b, c, t)" обозначает момент силы воздействия объекта b на объект a относительно ориентированной материальной прямой c в момент либо период t .

Многие приемы, безусловно относящиеся к статике, не содержали ни одного из указанных символов. Они были отнесены к тем разделам, в которых упоминались их наиболее "сложные" понятия. В оглавлении базы приемов ГЕНОЛОГа, в целом, выдерживается принцип отнесения приема к самому сложному понятию, встречающемуся в его теореме. Для работы решателя, в общем-то, несущественно, где именно в

оглавлении размещен тот или иной прием. Принцип "размещения по понятиям" становится важен лишь для оглавления базы теорем, часто используемого при поиске нужной теоремы в процедурах исследовательского характера.

К сожалению, иногда строгое соблюдение указанного принципа для базы приемов приводит к тому, что целые традиционные разделы предметных областей вырождаются или теряют значительную часть своих приемов. Например, в статике приемы, связанные с равенством нулю суммы моментов внешних сил, не содержат понятия "моментсилы", так как вместо него подставлено явное выражение. Эти приемы следовало бы зарегистрировать в подразделе динамики, относящемся к символу "Сила". Чтобы избежать слишком уж непривычного размещения, в подобных исключительных случаях прием будет размещаться традиционным образом; в данном случае - в подразделе "моментсилы".

1.10.1 Примеры формулировки задач по статике на языке решателя

Равнодействующая сил. Второй закон Ньютона для неподвижного тела

Фонарь массой 20 кг подвешен над улицей на двух одинаковых тросах, угол между которыми 120 градусов. Найдите силу натяжения каждого троса.

Посылки задачи:

"гибкаясвязь(a, b, c, t)"

"гибкаясвязь(a, d, e, t)"

"внештело(b)"

"внештело(d)"

"поверхнземли(K)"

"масса(a) = 20кг"

"Неподв(b, t)"

"Неподв(d, t)"

"Неподв(a, t)"

" B = Место(b, t)"

" D = Место(d, t)"

" A = Место(a, t)"

"длина(c)= длина(e)"

"уголмежду(вектор(AB),вектор(AD)) = $2\pi/3$ "

"крд($B, K, 3$) = крд($D, K, 3$)"

"крд($B, K, 2$) = крд($D, K, 2$)"

"крд($A, K, 3$) < крд($B, K, 3$)"

Условия задачи:

" x = длина(сила(a, b, t))"

" y = длина(сила(a, d, t))"

Неизвестные задачи - x, y .

Правило моментов

Однородную палку длиной 1.5м и массой 2кг прислонили к краю стола так, что расстояние от верхнего конца палки до точки касания равняется 50см. Высота стола 0.8м. Пренебрегая трением между палкой и столом, найдите силу их взаимодействия.

Посылки задачи:

"стержень(a)"

"концы(a) = $\{b, c\}$ "

"поверхземли(K)"

" $d \in a$ "

"лежитна(d, m, t)"

"Неподв(m, t)"

"Неподв(a, t)"

"внештело(m)"

"длина(a) = 1.5м"

"масса(a) = 2кг"

" $B = \text{Место}(b, t)$ "

" $C = \text{Место}(c, t)$ "

" $D = \text{Место}(d, t)$ "

" $l(BD) = 50\text{см}$ "

"крд($D, K, 3$) = 0.8м"

"крд($C, K, 3$) = 0"

"крд($B, K, 2$) = крд($C, K, 2$)"

"гладкое(m)"

"лежитна(c, e, t)"

"горизповерхн(e, K, t)"

"Неподв(e, t)"

"внештело(e)"

"крд(сила(d, m, t), $K, 2$) = 0"

"крд($C, K, 1$) > крд($D, K, 1$)"

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{сила}(m, d, t))$ "

Неизвестная задачи - x .

Центр тяжести

Стержень длиной 0.8м и шар радиусом 0.2м соединены вместе, причем ось стержня и центр шара лежат на одной прямой. На каком расстоянии от середины стержня находится центр тяжести системы, если массы стержня и шара одинаковы ?

Посылки задачи:

" $s = a \cup b$ "

"Шар(a)"

"стержень(b)"

"длина(b) = 0.8м"

"радиус(a) - 0.2м"

"масса(a) = масса(b)"

"центртяжести(p, s)"

" $A = \text{Место}(a, t)$ "

"концы(b) = $\{c, d\}$ "

" $C = \text{Место}(c, t)$ "

" $D = \text{Место}(d, t)$ "

" $C \in \text{поверхнтела}(A)$ "

"центр(E, A)"

" $C \in \text{отрезок}(ED)$ "

" $P = \text{Место}(p, t)$ "

" $M \in \text{отрезок}(DE)$ "

" $l(CM) = l(MD)$ "

Условие задачи:

" $x = l(PM)$ "

Неизвестная задачи - x .

1.10.2 Приемы решателя, связанные со статикой

Приемы решателя, связанные с символом "моментсилы"

1. Момент силы при вращении цилиндрического тела относительно своей оси.

$\forall_{ABabcdmpt}(\text{цилиндртело}(a) \ \& \ b \in a \ \& \ \text{Место}(b, t) = B \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ B \in \text{боковаяповерхность}(A) \ \& \ \text{основание}(d, A) \ \& \ \text{осьвращтела}(p, a, t) \ \& \ \text{Ось}(m, A) \ \& \ m \subseteq \text{место}(p, t) \ \& \ \text{тормозит}(c, b, t) \rightarrow$
 $|\text{моментсилы}(b, c, p, t)| = \text{длина}(\text{сила}(c, b, t))\text{радиус}(d)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "моментсилы(b, c, p, t)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме девятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Допускается заголовок "тормозит" последнего антецедента. Уровень срабатывания равен 3.

2. Момент силы, приложенной к точке стержня с закрепленным концом.

$$\forall_{BCDEFabcdmpt}(\text{стержень}(a) \ \& \ \text{концы}(a) = \{b, c\} \ \& \ \text{осьвращателя}(p, a, t) \ \& \\ \text{место}(p, t) = \text{прямая}(EF) \ \& \ \text{Место}(b, t) = B \ \& \ B \in \text{прямая}(EF) \ \& \\ C = \text{Место}(c, t) \ \& \ d \in a \ \& \ D = \text{Место}(d, t) \ \& \ \text{прямая}(BC) \perp \text{прямая}(EF) \ \& \\ \text{тянет}(m, d, t) \rightarrow |\text{моментсилы}(d, m, p, t)| = l(BD)\text{длина}(\text{сила}(m, d, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "моментсилы(d, m, p, t)" в послылке задачи на исследование. Шестой и десятый антецеденты выделены указателем "усм", девятый - указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с послылками. Допускается заголовок "тормозит" последнего антецедента. Уровень срабатывания равен 3.

3. Момент силы, перпендикулярной оси вращения твердого тела.

$$\forall_{BPQSabcdpt}(\text{твердотело}(a) \ \& \ b \in a \ \& \ \text{Место}(b, t) = B \ \& \ \text{осьвращателя}(p, a, t) \ \& \\ \text{место}(p, t) = \text{прямая}(PQ) \ \& \ S \in \text{прямая}(PQ) \ \& \ \text{прямая}(SB) \perp \text{прямая}(PQ) \ \& \\ \text{сила}(b, c, t) \perp \text{прямая}(PQ) \ \& \ \text{уголмежду}(\text{сила}(b, c, t), \text{вектор}(SB)) = d \rightarrow \\ |\text{моментсилы}(b, c, p, t)| = \text{длина}(\text{сила}(b, c, t)) \sin d \cdot l(BC)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "моментсилы(b, c, p, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты со второго по пятый идентифицируются с послылками. Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "усм", первый и восьмой - обрабатываются проверочными операторами. Девятый антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражение d не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

4. Сумма моментов внешних сил, действующих на точки неподвижного тела, равна нулю.

- (a) Одномерный случай.

$$\forall_{ACKabcnt}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow b(i) \in a) \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Место}(b(i), t) = A(i)) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \\ \text{Место}(c, t) = C \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{одномерный}(\text{вектор}(CA(i)), K)) \rightarrow \\ \sum_{i=1}^n (\text{крд}(A(i), K, 1) - \text{крд}(C, K, 1))\text{крд}(\text{Сила}(b(i), t), K, 3) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты с третьего по седьмой идентифицируются с послылками задачи на исследование. Указатели "развертка" определяют идентификацию четвертого и пятого антецедента с группами посылок. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию послылки " $x \in a$ " и связанного с тем же x подвыражения "сила(x, y, t)". Первый, второй и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Переменные b, A функциональные. Указатель "подтерм" определяет подстановку в пятом антецеденте уже идентифицированного элемента $b(i)$ набора b . Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{AKabcjnt}(\text{твердотело}(a) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow b(i) \in a) \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Место}(b(i), t) = A(i)) \ \& \ \text{масса}(a) = 0 \ \& \ j \in \{1, \dots, n\}$$

$$\& \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{одномерный}(\text{вектор}(A(j)A(i)), K)) \rightarrow \\ \sum_{i=1}^n (\text{крд}(A(i), K, 1) - \text{крд}(A(j), K, 1)) \text{крд}(\text{Сила}(b(i), t), K, 3) = 0)$$

$$\forall_{AKabcjnt} (\text{твердое тело}(a) \& \text{Неподв}(a, t) \& \text{прямокоорд}(K) \& \\ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow b(i) \in a) \& \\ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Место}(b(i), t) = A(i)) \& \text{невесомвнутри}(a) \& j \in \{1, \dots, n\} \\ \& \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{одномерный}(\text{вектор}(A(j)A(i)), K)) \rightarrow \\ \sum_{i=1}^n (\text{крд}(A(i), K, 1) - \text{крд}(A(j), K, 1)) \text{крд}(\text{Сила}(b(i), t), K, 3) = 0)$$

Аналогично предыдущему, но седьмой антецедент выделен указателем "программа". Кроме того, проверяется наличие посылки вида "лежитна($b(j)$, d , t)".

(b) Двумерный случай.

$$\forall_{AKabcjnpt} (\text{твердое тело}(a) \& \text{Неподв}(a, t) \& \text{прямокоорд}(K) \& \\ \text{точкителя}(a, p) \& l(b) = n \& \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Место}(b(i), t) = A(i)) \& \\ \forall_i (i \in \{2, \dots, n\} \rightarrow \text{крд}(A(1), K, 2) = \text{крд}(A(i), K, 2)) \& j \in \{1, \dots, n\} \& \\ p = \{; b\} \rightarrow \sum_{i=1}^n (\text{крд}(A(i), K, 1) - \text{крд}(A(j), K, 1)) \text{крд}(\text{Сила}(b(i), t), K, 3) = \\ \sum_{i=1}^n (\text{крд}(A(i), K, 3) - \text{крд}(A(j), K, 3)) \text{крд}(\text{Сила}(b(i), t), K, 1))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подутверждения " $x \in a$ " посылки задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "сила(x , y , t)". Третий и шестой антецеденты идентифицируются с посылками, причем указатель "развертка" определяет идентификацию шестого антецедента с группой посылок. Первые два антецедента обрабатываются проверочными операторами. Четвертый антецедент обрабатывается пакетным синтезатором "точкителя". Пятый, седьмой и девятый антецеденты выделены указателем "идентификатор"; восьмой антецедент - указателем "программа". Переменные b , A функциональные. Задача имеет посылку "Силы(...)". Имеется также посылка вида "висит($b(j)$, d , K , t)" либо "лежитна($b(j)$, d , t)". Отсутствуют посылки вида "граньвращения(a , e , f , t)" и вида "точкавращения(e , a , f , t)". Уровень срабатывания равен 4. Созданы еще три версии приема, имеющие тот же уровень срабатывания. Первые две из них отличаются от исходной версии лишь тем, что в одной требуется наличие посылки вида "точкавращения(e , a , f , t)", а в другой - "граньвращения(a , e , f , t)". Соответственно, отбрасывается требование про "висит" либо "лежитна". В третьей версии указатель "контрольвывода" относится к подутверждению "центртяжести(x , a)", причем, как и во второй версии, требуется наличие посылки "граньвращения(a , e , f , t)".

$$\forall_{AKabcjnpt} (\text{твердое тело}(a) \& \text{Неподв}(a, t) \& \text{прямокоорд}(K) \& \\ \text{точкителя}(a, p) \& l(b) = n \& \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Место}(b(i), t) = A(i)) \& \\ \forall_i (i \in \{2, \dots, n\} \rightarrow \text{вертплосквект}(\text{вектор}(A(1)A(i)), K)) \& \\ j \in \{1, \dots, n\} \& p = \{; b\} \rightarrow \\ \sum_{i=1}^n (\text{крд}(A(i), K, 1) - \text{крд}(A(j), K, 1)) \text{крд}(\text{Сила}(b(i), t), K, 3) = \\ \sum_{i=1}^n (\text{крд}(A(i), K, 3) - \text{крд}(A(j), K, 3)) \text{крд}(\text{Сила}(b(i), t), K, 1))$$

Прием аналогичен исходной версии предыдущего приема. Отличие состоит в том, что седьмой антецедент обрабатывается проверочным оператором.

Создана еще одна его версия, отличающаяся только тем, что требуется наличие посылки вида "точка вращения(e, a, f, t)".

Приемы, связанные с символом "грань вращения"

1. Силы, действующие на точки опоры тела, находящегося на грани вращения.

$$\forall_{acdprt}(\text{грань вращения}(a, d, r, t) \ \& \ c \in a \ \& \ \text{лежит на}(c, p, t) \rightarrow \text{сила}(c, p, t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения c, d различны. Уровень срабатывания равен 3.

2. Ввод в рассмотрение силы воздействия на точку опоры тела, находящегося на грани вращения.

$$\forall_{abcdpt}(\text{твердое тело}(a) \ \& \ b \subseteq a \ \& \ c \in b \ \& \ \text{лежит на}(b, p, t) \ \& \ \text{грань вращения}(a, c, d, t) \rightarrow \text{воздействие}(c, p, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме первого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Теорема о трех силах

$$\forall_{ABCDEFGHAmntuvw}(\text{твердое тело}(a) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ A \in a \ \& \ B \in a \ \& \ C \in a \ \& \ \text{Силы}(A, \{u\}, t) \ \& \ \text{Силы}(B, \{v\}, t) \ \& \ \text{Силы}(C, \{w\}, t) \ \& \ \text{Место}(A, t) = D \ \& \ \text{Место}(B, t) = E \ \& \ \text{Место}(C, t) = F \ \& \ \text{Место}(v, t) = G \ \& \ l(DE)/l(EF) = m \ \& \ \angle(GEF) = n \ \& \ E \in \text{отрезок}(DF) \rightarrow H - \text{точка} \ \& \ H \in \text{прямая}(EG) \ \& \ \text{коллинеарны}(\text{вектор}(FH), \text{сила}(C, w, t)) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(B, v, t)) \sin n \cdot m = \text{длина}(\text{сила}(C, w, t)) \sin \angle(HFE) \cdot (m + 1) \ \& \ (\text{длина}(\text{сила}(A, u, t)))^2 = (\text{длина}(\text{сила}(C, w, t)))^2 + (\text{длина}(\text{сила}(B, v, t)))^2 + 2\text{длина}(\text{сила}(C, w, t))\text{длина}(\text{сила}(B, v, t)) \cos(\angle(HEF) + \angle(EFH)))$$

$$\forall_{ABCDEFGHAmntuvw}(\text{твердое тело}(a) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ A \in a \ \& \ B \in a \ \& \ C \in a \ \& \ \text{Силы}(A, \{u\}, t) \ \& \ \text{Силы}(B, \{v\}, t) \ \& \ \text{Силы}(C, \{w\}, t) \ \& \ \text{Место}(A, t) = D \ \& \ \text{Место}(B, t) = E \ \& \ \text{Место}(C, t) = F \ \& \ \text{Место}(v, t) = G \ \& \ l(DE)/l(EF) = m \ \& \ \angle(GEF) = n \ \& \ F \in \text{отрезок}(DE) \rightarrow H - \text{точка} \ \& \ H \in \text{прямая}(EG) \ \& \ \text{коллинеарны}(\text{вектор}(FH), \text{сила}(C, w, t)) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(B, v, t)) \sin n \cdot m = \text{длина}(\text{сила}(C, w, t)) \sin \angle(HFE) \cdot (m - 1) \ \& \ (\text{длина}(\text{сила}(A, u, t)))^2 = (\text{длина}(\text{сила}(C, w, t)))^2 + (\text{длина}(\text{сила}(B, v, t)))^2 + 2\text{длина}(\text{сила}(C, w, t))\text{длина}(\text{сила}(B, v, t)) \cos(\angle(HEF) + \angle(EFH)))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты с третьего по двенадцатый идентифицируются с посылками задачи на исследование. Первые два антецедента обрабатываются проверочными операторами, тринадцатый и четырнадцатый - выделены указателем "идентификатор". Левая часть тринадцатого обрабатывается вспомогательной задачей на упрощений. Последний антецедент выделен указателем "усм". Выражение m не содержит неизвестных. Отсутствует такая посылка " $x \in a$ ", что x отлично от A, B, C . Уровень срабатывания равен 4.

1.11 Гидростатика

1.11.1 Логические символы, используемые решателем в гидростатике

Выражение "Давление(a, b, t)" обозначает величину давления жидкой субстанции a в геометрической точке b в момент либо период t .

Выражение "Давлстат(a, b, t)" обозначает величину гидростатического давления жидкого тела a на глубине b в момент t .

Выражение "внешдавл(a, b, t)" обозначает среднюю величину давления, оказываемого на тело a жидкой либо газообразной субстанцией b в период (либо в отдельный момент) t .

Выражение "архсила(a, b, t)" обозначает вектор архимедовой силы, действующей на погруженное в жидкую субстанцию b твердое тело a в момент либо период t .

Выражение "сопрсила(a, b, t)" обозначает вектор силы сопротивления, оказываемый на объект a средой b , в которой он движется, в момент либо период времени t .

Утверждение "сообщсосуды(a, b, K, t)" означает, что в момент либо период t нижние части контейнеров a и b расположены на одном уровне в системе координат K и соединены между собой.

Утверждение "погружено(a, b, t)" означает, что в момент либо период t тело a полностью погружено в жидкую либо газообразную субстанцию b (рассматриваемую как тело, а не вещество).

Утверждение "частичнпогруж(a, b, t)" означает, что тело a в момент либо период t частично погружено в жидкую субстанцию b .

Утверждение "плавает(a, b, t)" означает, что в момент либо период t тело a плавает на поверхности жидкой субстанции b . Предполагается наличие посылки "поверхнземли(...)".

Выражение "погружчасть(a, b, t)" обозначает часть твердого тела a частично погруженного в жидкую субстанцию b (рассматриваемую как тело), находящуюся в момент либо период t ниже верхнего уровня этой субстанции. К этой части добавляются при необходимости фиктивные "пустые" части, чтобы геометрически она занимала пространство вытесненной жидкой субстанции. Предполагается наличие посылки "поверхнземли(...)".

Утверждение "погружены(a, b, t)" означает, что в момент либо промежуток t все геометрические точки множества a погружены в жидкую субстанцию b , заполняющую пространство между ними.

Утверждение "плавмежду(a, b, c, t)" означает, что в момент либо период t тело a плавает на границе жидких субстанций (рассматриваемых как тела) b, c . Субстанция b находится выше субстанции c . Предполагается наличие посылки "поверхнземли(...)".

1.11.2 Примеры формулировки задач по гидростатике на языке решателя

Закон Паскаля. Давление столба жидкости

В цилиндрический сосуд с площадью дна, равной 0.01 м^2 , налита жидкость. На сколько изменится давление жидкости на дно сосуда, если на поверхности будет плавать тело массой 300 г ?

Посылки задачи:

"контейнер(a)"

"емкость(a) = b "

"неподв(a, T)"

" $t \in T$ "

"место(b, t) = B "

"поверхнземли(K)"

"цилиндричтело(B, K)"

"нижнеоснование(B, K) = C "

" $S(C) = 0.01 \text{ м}^2$ "

"Содержимое(a, t) = c "

"Неподв(c, t)"

"вещество(c, e)"

"жидкость(e)"

"твердотело(d)"

" $s \in T$ "

"Неподв(c, s)"

"Содержимое(a, s) = $\cup d$ "

"плавает(d, c, s)"

"масса(d) = 300 г "

"Неподв(d, s)"

"атмосфера(F)"

"воздействие(c, F, T)"

" $p \subseteq b$ "

"место(p, t) = C "

Условие задачи:

$x = -(\text{Давлстат}(c, \text{высотатела}(\text{место}(c, t), K), t)) +$
 $\text{Давлстат}(c, \text{высотатела}(\text{место}(c, s), K), s)$

Неизвестная задачи - x .

Гидравлический пресс. Сообщающиеся сосуды

В сообщающиеся сосуды одинакового сечения налита вода. В один из сосудов поверх воды долили столб масла высотой 40см. На сколько сантиметров изменится уровень воды в другом сосуде? Плотность масла 800кг/м^3 .

Посылки задачи:

"трубка(a)"

"трубка(b)"

" $\neg(a = b)$ "

"неподв(a, T)"

"неподв(b, T)"

"вертикально(a, K, T)"

"вертикально(b, K, T)"

"сообщсосуды(a, b, K, T)"

" $t \in T$ "

"Содержимое(a, t) = A "

"Содержимое(b, t) = B "

"вещество(A , вода)"

"вещество(B , вода)"

"место(A, t) = C "

"место(B, t) = D "

"поверхземли(K)"

"площсечения(b) = площсечения(a)"

"Неподв(A, t)"

"Неподв(B, t)"

" $s \in T$ "

"Содержимое(a, s) = E "

"Содержимое(b, s) = F "

" G = нижняячасть(E, h, k, s)"

" H = верхняячасть(E, h, k, s)"

" $F \cup G = A \cup B$ "

"вещество(H, k)"

"жидкость(k)"

" M = место(H, s)"

" N = место(F, s)"

" S = место(G, s)"

"высотатела(M, K) = 40см"

"Неподв(E, s)"

"Неподв(F, s)"

"плотность(k) = 800кг/м³"

"внештело(a)"

"внештело(b)"

"атмосфера(V)"

"воздействие(A, V, t)"

"воздействие(B, V, t)"

"воздействие(E, V, s)"

"воздействие(F, V, s)"

"внештело(A)"

"внештело(B)"

"внештело(E)"

"внештело(F)"

Условие задачи:

" $x = -\text{верхнийуровень}(D, K) + \text{верхнийуровень}(N, K)$ "

Неизвестная задачи - x

Закон Архимеда

Кусок пробки имеет в воздухе вес 1Н, кусок некоторого металла 10Н. Если эти куски связать ниткой и погрузить полностью в керосин, то их общий вес будет 5Н. Найдите плотность пробки. Плотность керосина 800 кг/м³, металла - 4000кг/м³.

Посылки задачи:

"твердотело(a)"

"погружено(a, b, t)"

"вещество(b, c)"

"жидкость(c)"

"поверхземли(K)"

"Неподв(a, t)"

"Неподв(b, t)"

"воздействие(a, d, t)"

"вверх(сила(a, d, t), K)"

"внештело(d)"

"висит(p, a, K, t)"

"погружено(p, b, t)"

"твердотело(p)"

"вещество(a, e)"

"вещество(p, f)"

"длина(сила(a, K, t)) = 1Н"

"длина(сила(p, K, t)) = 10Н"

"длина(сила(a, d, t)) = 5Н"

"Неподв(p, t)"

"подвеска(a, p, t)"

"плотность(c) = 800кг/м³"

"плотность(f) = 4000кг/м³"

Условие задачи:

" x = плотность(e)"

Неизвестные задачи - x

Плавание тел

Полый цилиндр плавает в керосине. Чтобы цилиндр плавал с той же осадкой (глубиной погружения) в воде, в него требуется поместить груз массой 100кг. Определите массу цилиндра. Плотность керосина 800кг/м³.

Посылки задачи:

"твердотело(a)"

"плавает(a, b, t)"

"вещество(b, c)"

"жидкость(c)"

" A = место(a, t)"

"поверхземли(K)"

"Неподв(a, t)"

"Неподв(b, t)"

"плавает(a, d, s)"

"вещество(d , вода)"

" B = Место(a, s)"

"лежитна(e, a, s)"

"масса(e) = 100кг"

"плотность(c) = 800кг/м³"

"Неподв(a, s)"

"Неподв(d, s)"

"цилиндричтело(A, K)"

"цилиндричтело(B, K)"

"вертикположение(a, K, t)"

"вертикположение(a, K, s)"

"высотатела(место(погружчасть(a, b, t), t), K) =
высотатела(место(погружчасть(a, d, s), s), K)"

Условие задачи:

" $x = \text{масса}(a)$ "

Неизвестная задачи - x

Жидкость в ускоренно движущемся сосуде

К потолку цистерны, целиком заполненной водой, которая движется с горизонтальным ускорением 2.25м/сек^2 , подвешен на нити шар массой 5 кг . Найдите натяжение нити после того, как она займет устойчивое наклонное положение. Плотность материала шара 5000кг/м^3 .

Посылки задачи:

"твердотело(a)"

"погружено(a, b, t)"

"вещество($b, \text{вода}$)"

"поверхземли(K)"

"гибкаясвязь(a, c, d, t)"

"относитНеподв(a, b, t)"

"относитНеподв(c, b, t)"

"Ускорение(b, K, t) = w "

"вправо(w, K)"

"длина(w) = 2.25м/сек^2 "

"масса(a) = 5кг "

"вещество(a, p)"

"плотность(p) = 5000кг/м^3 "

"внештело(c)"

"внештело(b)"

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(\text{сила}(a, c, t))$ "

Неизвестная задачи - x .

1.11.3 Приемы решателя, связанные с гидростатикой

Приемы, связанные с символом "Давление"

1. Давление в точке.

$$\forall_{ACKabt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ C \in A \rightarrow \text{Давление}(a, C, t) = \text{плотность}(b)g(\text{верхнийуровень}(A, K) - \text{крд}(C, K, 3)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Давление(a, C, t)" посылки задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками. Пятый антецедент выделен указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка с заголовком "атмосфера". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ACKPabt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ C \in A \ \& \ \text{атмосфера}(P) \ \& \ \text{воздействие}(a, P, t) \rightarrow \text{Давление}(a, C, t) = \text{плотность}(b)g(\text{верхнийуровень}(A, K) - \text{крд}(C, K, 3)) + \text{атм})$$

Аналогично предыдущему. Два последних антецедента идентифицируются с посылками.

$$\forall_{ACKabtw}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Ускорение}(a, K, t) = w \ \& \ \text{вниз}(w, K) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ C \in A \rightarrow \text{Давление}(a, C, t) = \text{плотность}(b)(g - \text{длина}(w))(\text{верхнийуровень}(A, K) - \text{крд}(C, K, 3)))$$

$$\forall_{ACKabtw}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Ускорение}(a, K, t) = w \ \& \ \text{вверх}(w, K) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ C \in A \rightarrow \text{Давление}(a, C, t) = \text{плотность}(b)(g + \text{длина}(w))(\text{верхнийуровень}(A, K) - \text{крд}(C, K, 3)))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Давление(a, C, t)" посылки задачи на исследование. Первый, третий и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка с заголовком "атмосфера". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ACDEFGK Pabcqgrtw}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{куб}(A) \ \& \ a = \text{содержимое}(c) \ \& \ \text{контейнер}(c) \ \& \ \text{относитНеподв}(a, c, t) \ \& \ \text{Ускорение}(c, K, t) = w \ \& \ \text{вправо}(w, K) \ \& \ \text{поступатдвижение}(c, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{коорд}(P, K) = (p, q, r) \ \& \ \text{грань}(\text{фигура}(CDEF), A) \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(CD), K) \ \& \ \text{вперед}(\text{вектор}(CF), K) \ \& \ \text{ребро}(\text{отрезок}(CG), A) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(CG), K) \ \& \ P \in A \rightarrow \text{Давление}(a, P, t) = \text{плотность}(b)(\text{длина}(w)(\text{крд}(C, K, 1) + l(CD) - p) + g(\text{крд}(C, K, 3) + l(CD) - r)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Давление(a, P, t)" посылки задачи на исследование. С посылками идентифицируются: первый антецедент, антецеденты с третьего по пятый; седьмой, восьмой, одиннадцатый,

двенадцатый, тринадцатый, а также шестнадцатый antecedенты. Остальные antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка с заголовком "атмосфера". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ACDEFGHKPabcprtw}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{цилиндр}(A) \ \& \ a = \text{содержимое}(c) \ \& \ \text{контейнер}(c) \ \& \ \text{относитНеподв}(a, c, t) \ \& \ \text{Ускорение}(c, K, t) = w \ \& \ \text{вправо}(w, K) \ \& \ \text{поступатдвижение}(c, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{коорд}(P, K) = (p, q, r) \ \& \ \text{основание}(\text{Круг}(CDE), A) \ \& \ \text{основание}(\text{Круг}(FGH), A) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(CF), K) \ \& \ P \in A \ \& \ \text{разныеточки}(C, F) \rightarrow \text{Давление}(a, P, t) = \text{плотность}(b)(\text{длина}(w)(\text{крд}(F, K, 1) - p) + g(\text{крд}(C, K, 3) + l(CD) - r)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Давление(a, P, t)" посылки задачи на исследование. С посылками идентифицируются: первый antecedent, antecedенты с третьего по пятый, восьмой, а также antecedенты с одиннадцатого по четырнадцатый. Остальные antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка с заголовком "атмосфера". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABDFHKNMNPQabcdijkpqrstwxyz}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{емкость}(a) = d \ \& \ \text{содержимое}(a) = b \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ \text{место}(d, t) = D \ \& \ \text{куб}(D) \ \& \ \text{относитНеподв}(b, a, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{поступатдвижение}(a, t) \ \& \ \text{Ускорение}(a, K, t) = w \ \& \ \text{вправо}(w, K) \ \& \ \text{грань}(\text{фигура}(MNPQ), D) \ \& \ \text{вверх}(\text{вектор}(MN), K) \ \& \ \text{вперед}(\text{вектор}(MQ), K) \ \& \ \text{ребро}(\text{отрезок}(MH), D) \ \& \ \text{вправо}(\text{вектор}(MH), K) \ \& \ \text{верхнийслой}(B, K) = \text{точки}(\text{set}_{xyz}(px + qz + r = 0 \ \& \ A(x, y, z))) \ \& \ l(MN) = s \ \& \ F \in B \ \& \ \text{коорд}(F, K) = (i, j, k) \rightarrow \text{Давление}(b, F, t) = g \ \text{плотность}(c)(-(pi + r)/q - k + \text{крд}(M, K, 3)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Давление(b, F, t)" посылки задачи на исследование. С посылками идентифицируются: первые четыре antecedента, antecedенты с шестого по двенадцатый; четырнадцатый, семнадцатый, девятнадцатый и двадцать второй. Двадцатый antecedent выделен указателем "идентификатор". Остальные antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Переменная A функциональная. Отсутствует посылка с заголовком "атмосфера". Уровень срабатывания равен 3.

2. Сила давления жидкости на вертикальную боковую стенку.

$$\forall_{ABCKPQabcmprqt}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{содержимое}(a) = b \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{поверхность}(K) \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ m \subseteq \text{емкость}(a) \ \& \ C \subseteq B \ \& \ C = \text{место}(m, t) \ \& \ q = \text{верхнийуровень}(B, K) \ \& \ \text{коорд}(C, K) = \text{set}_{xyz}(y = p \ \& \ Q(x, z)) \ \& \ A = \text{set}_{xz}(Q(x, z)) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(m, b, t)) = \text{плотность}(c)g \iint_A (q - z) dx dz$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(m, b, t)" посылки задачи на исследование. Первые три antecedента, а также пятый, шестой и

десятым антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый антецедент, а также антецеденты с седьмого по девятый обрабатываются проверочными операторами. Одиннадцатый, двенадцатый и тринадцатый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Правые части одиннадцатого и тринадцатого антецедентов, а также левая часть двенадцатого обрабатываются вспомогательными задачами на упрощение. Переменная Q функциональная. Правая часть выводимого равенства упрощается задачей на преобразование. Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABCKPQabcmprst} (\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{содержимое}(a) = b \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \\ & \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{поверхность}(K) \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ m \subseteq \text{емкость}(a) \ \& \\ & C \subseteq B \ \& \ C = \text{место}(m, t) \ \& \ \text{коорд}(C, K) = \text{set}_{xyz}(x = p \ \& \ Q(y, z)) \ \& \\ & A = \text{set}_{yz}(Q(y, z)) \ \& \ s = \text{Давление}(b, P, t) \ \& \ s = r(x) \rightarrow \\ & \text{длина}(\text{сила}(m, b, t)) = \iint_A r(p) dydz \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(m, b, t)" посылки задачи на исследование. Первые три антецедента, а также пятый, шестой и девятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый, седьмой и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Десятый, одиннадцатый и тринадцатый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Двенадцатый антецедент выделен указателем "вычисл". Он вычисляет давление с помощью вспомогательной задачи на описание, которой передаются дополнительные посылки "точка(P)", " $P \in C$ ", "коорд(P, K) = (x, y, z)", " $x = p$ ". Переменные x, y, z регистрируются в цели "известно"; вводится комментарий (момент t). Этот комментарий ограничивает рассмотрение процессов моментом времени t . В качестве P выбирается новая переменная. Перед вычислениями проверяется, что не усматривается утверждение "Неподв(b, t)". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "Давлстат"

1. Давление слоя жидкости.

$$\begin{aligned} & \forall_{ACKcdht} (\text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{нижняячасть}(A, h, K, t) = C \ \& \\ & \text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \\ & d - \text{верхнийуровень}(\text{место}(A, t), K) + \text{нижнийуровень}(\text{место}(A, t), K) = 0 \rightarrow \\ & \text{Давлстат}(A, d, t) = \text{Давлстат}(A, \text{верхнийуровень}(\text{место}(A, t), K) - h, t) + \\ & \text{плотность}(c)g(h - \text{нижнийуровень}(\text{место}(A, t), K)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй и третий антецеденты идентифицируются с посылками, пятый - выделен указателем "идентификатор". Первый и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{ACKcdht} (\text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{верхняячасть}(A, h, K, t) = C \ \& \\ & \text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \\ & d - \text{верхнийуровень}(\text{место}(A, t), K) + h \leq 0 \rightarrow \\ & \text{Давлстат}(A, d, t) = \text{плотность}(c)g(\text{верхнийуровень}(\text{место}(A, t), K) - h) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй и третий антецеденты идентифицируются с посылками, остальные - об-

работываются проверочными операторами. Отсутствует посылка с заголовком "атмосфера". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ACFKcdht} (\text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{верхняячасть}(A, h, K, t) = C \ \& \ \text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(A, F, t) \ \& \ d - \text{верхнийуровень}(\text{место}(A, t), K) + h \leq 0 \rightarrow \text{Давлстат}(A, d, t) = \text{атм} + \text{плотность}(c)g(\text{верхнийуровень}(\text{место}(A, t), K) - h))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй, третий, пятый и шестой antecedенты идентифицируются с посылками, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BDFKabcdt} (\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = b \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{емкость}(a) = d \ \& \ \text{место}(d, t) = B \ \& \ \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(b, K, t), K, 3) = 0 \ \& \ D = \text{нижнееоснование}(B, K) \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(b, F, t) \rightarrow \text{Давлстат}(b, \text{верхнийуровень}(\text{место}(b, t), K) - \text{нижнийуровень}(\text{место}(b, t), K), t) = \text{масса}(b)g/S(D) + \text{атм})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Четвертый antecedент обрабатывается проверочным оператором, девятый - выделен указателем "идентификатор". Остальные antecedенты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BDFKabcdpt} (\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = b \cup p \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{плавает}(p, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{емкость}(a) = d \ \& \ \text{место}(d, t) = B \ \& \ \text{цилиндричтело}(B, K) \ \& \ D = \text{нижнееоснование}(B, K) \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(b, K, t), K, 3) = 0 \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(p, K, t), K, 3) = 0 \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(b, F, t) \rightarrow \text{Давлстат}(b, \text{верхнийуровень}(\text{место}(b, t), K) - \text{нижнийуровень}(\text{место}(b, t), K), t) = (\text{масса}(b) + \text{масса}(p))g/S(D) + \text{атм})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Четвертый antecedент обрабатывается проверочным оператором, одиннадцатый и двенадцатый - выделены указателем "идентификатор". Остальные antecedенты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{AFKcdht} (\text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{вещество}(A, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(A, F, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{Давлстат}(A, d, t) = \text{атм} + \text{плотность}(c)gd)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все antecedенты, кроме первого и третьего, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{AFKTCdht} (\text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{вещество}(A, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(A, F, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{Давлстат}(A, d, t) = \text{атм} + \text{плотность}(c)gd)$$

Аналогично предыдущему. Шестой antecedент обрабатывается проверочным оператором.

$$\forall_{AKcdht}(\text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{вещество}(A, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{Давлстат}(A, d, t) = \text{плотность}(c)gd)$$

Аналогично предыдущему, но отсутствует посылка с заголовком "атмосфера".

$$\forall_{AFKbcdmpst}(\text{вещество}(A, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{Содержимое}(b, t) = p \cup A \ \& \ \text{трубка}(b) \ \& \ \text{поршень}(p, b, t) \ \& \ \text{горизположение}(p, K, t) \ \& \ \text{масса}(p) = m \ \& \ \text{площесечения}(b) = s \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(p, F, t) \ \& \ \text{воздействие}(A, p, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow \text{Давлстат}(A, d, t) = \text{атм} + mg/s + \text{плотность}(c)gd)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором, седьмой - выделен указателем "идентификатор". остальные антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение m ненулевое и не содержит символа "масса". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{DNKMadhpsx}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{Содержимое}(a, s) = M \ \& \ \text{нижняячасть}(M, p, K, s) = H \ \& \ \text{верхняячасть}(M, p, K, s) = D \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{газ}(d) \ \& \ \text{вещество}(H, h) \ \& \ \text{жидкость}(h) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(H, s) \rightarrow \text{Давлстат}(H, x, s) = \text{давление}(D, s) + \text{плотность}(h)gx)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый, шестой, восьмой и десятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

2. Сила давления столба жидкости.

$$\forall_{BDKabcmt}(\text{контейнер}(a) \ \& \ \text{содержимое}(a) = b \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ \text{цилиндритело}(B, K) \ \& \ m \subseteq \text{емкость}(a) \ \& \ D = \text{место}(m, t) \ \& \ D \subseteq \text{нижнеоснование}(B, K) \ \& \ \text{крд}(\text{Ускорение}(b, K, t), K, 3) = 0 \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(m, b, t)) = \text{плотность}(c)g \cdot \text{высота}(B)S(D))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(m, b, t)" посылки задачи на исследование. Первые три антецедента, антецеденты с пятого по седьмой и девятый антецедент идентифицируются с посылками. Четвертый, восьмой и десятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Одиннадцатый антецедент выделен указателем "идентификатор". Отсутствует посылка с заголовком "атмосфера". Уровень срабатывания равен 2.

3. Величина силы давления жидкости на поршень.

$$\forall_{Tabcdpqt}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{центртяжести}(p, a) \ \& \ \text{Давлстат}(c, 0, t) = q \ \& \ \text{воздействие}(p, c, t) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{жидкость}(d) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(p, c, t)) = S(a)q)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

4. Ввод в рассмотрение части жидкости, поднявшейся из резервуара в трубу с поршнем.

$$\forall_{BCDEFKTabcdmt}(\text{поршень}(a, b, T) \& B = \text{место}(b, T) \& \text{полыйцилиндр}(B) \& t \in T \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{нижнеоснование}(B, K) = E \& E \subseteq D \& D = \text{место}(d, T) \& \text{вещество}(d, m) \& \text{жидкость}(m) \& \text{атмосфера}(F) \& \text{воздействие}(d, F, T) \rightarrow \text{Содержимое}(b, t) = c \& \text{вещество}(c, m) \& C = \text{место}(c, t) \& \text{Давлстат}(c, 0, t) = \text{атм} - \text{плотность}(m)g(\text{верхнийуровень}(C, K) - \text{верхнийуровень}(D, K)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме десятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию комментария (момент t), указывающего, что в задаче представляют интерес лишь величины, связанные с моментом t . Выражение "Содержимое(b, t)" не встречается в посылках. Прием вводит новые переменные c, C . Уровень срабатывания равен 2.

5. Разбор случаев для взаимодействия поршня и расположенной под ним жидкости.

$$\forall_{BCDEFKTabcdmpt}(\text{поршень}(a, b, T) \& \text{центртяжести}(p, a) \& B = \text{место}(b, T) \& \text{полыйцилиндр}(B) \& t \in T \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{нижнеоснование}(B, K) = E \& E \subseteq D \& D = \text{место}(d, T) \& \text{вещество}(d, m) \& \text{жидкость}(m) \& \text{Содержимое}(b, t) = c \& C = \text{место}(c, t) \rightarrow \text{крд}(\text{Место}(p, t), K, 3) = \text{верхнийуровень}(C, K) \& \text{воздействие}(p, c, t) \& 0 \leq \text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 3) \vee (\text{верхнийуровень}(C, K) < \text{крд}(\text{Место}(p, t), K, 3) \& \text{Давлстат}(c, 0, t) = 0))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, восьмого и одиннадцатого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка "воздействие(p, c, t)". Не усматривается истинность неравенства " $0 < \text{крд}(\text{Место}(p, t), K, 3) - \text{верхнийуровень}(C, K)$ ". Выводимая дизъюнкция сопровождается комментарием "разборслучаев". Уровень срабатывания равен 2.

6. Ориентация равенства.

$$\forall_{abct}(a = \text{Давлстат}(b, c, t) \leftrightarrow \text{Давлстат}(b, c, t) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение a не содержит символа "Давлстат". Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентацияравенства". Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "внешдавл"

Создан единственный прием, определяющий величину давления на поршень:

$$\forall_{Kabct}(\text{поршень}(a, b, t) \& \text{воздействие}(a, c, t) \& \text{горизположение}(a, K, t) \rightarrow \text{внешдавл}(a, c, t) = |\text{крд}(\text{сила}(a, c, t), K, 3)|/S(a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "сообщсосуды"

Созданы несколько приемов, указывающих на равенство нижних уровней и давлений:

$$\forall_{ABCDKabt}(\text{сообщсосуды}(a, b, K, t) \ \& \ \text{содержимое}(a) = A \ \& \ \text{содержимое}(b) = B \ \& \\ C = \text{место}(A, t) \ \& \ D = \text{место}(B, t) \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{Жидкость}(B, t) \ \& \\ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{Неподв}(B, t) \ \rightarrow \\ \text{нижнийуровень}(C, K) = \text{нижнийуровень}(D, K) \ \& \\ \text{Давлстат}(A, \text{верхнийуровень}(C, K) - \text{нижнийуровень}(C, K), t) = \\ \text{Давлстат}(B, \text{верхнийуровень}(D, K) - \text{нижнийуровень}(D, K), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и восьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и пятый антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDEKabh}(\text{сообщсосуды}(a, b, K, t) \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \ \& \\ \text{Содержимое}(b, t) = B \ \& \ E = \text{нижняячасть}(B, h, K, t) \ \& \ C = \text{место}(A, t) \ \& \\ D = \text{место}(E, t) \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{Жидкость}(E, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \\ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{Неподв}(E, t) \ \rightarrow \text{нижнийуровень}(C, K) = \text{нижнийуровень}(D, K) \ \& \\ \text{Давлстат}(A, \text{верхнийуровень}(C, K) - \text{нижнийуровень}(C, K), t) = \\ \text{Давлстат}(E, \text{верхнийуровень}(D, K) - \text{нижнийуровень}(D, K), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и девятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDKTabt}(\text{сообщсосуды}(a, b, K, T) \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \ \& \\ \text{Содержимое}(b, t) = B \ \& \ C = \text{место}(A, t) \ \& \ D = \text{место}(B, t) \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \ \& \\ \text{Жидкость}(B, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{Неподв}(B, t) \ \rightarrow \\ \text{нижнийуровень}(C, K) = \text{нижнийуровень}(D, K) \ \& \\ \text{Давлстат}(A, \text{верхнийуровень}(C, K) - \text{нижнийуровень}(C, K), t) = \\ \text{Давлстат}(B, \text{верхнийуровень}(D, K) - \text{нижнийуровень}(D, K), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, третий, четвертый и девятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDKTabt}(\text{сообщсосуды}(a, b, K, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \cup p \ \& \\ \text{Содержимое}(b, t) = B \ \& \ C = \text{место}(A, t) \ \& \ D = \text{место}(B, t) \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \ \& \\ \text{Жидкость}(B, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \ \text{Неподв}(B, t) \ \rightarrow \\ \text{нижнийуровень}(C, K) = \text{нижнийуровень}(D, K) \ \& \\ \text{Давлстат}(A, \text{верхнийуровень}(C, K) - \text{нижнийуровень}(C, K), t) = \\ \text{Давлстат}(B, \text{верхнийуровень}(D, K) - \text{нижнийуровень}(D, K), t))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{ABCDKTabt}(\text{сообщсосуды}(a, b, K, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = A \ \& \\ \text{Содержимое}(b, t) = B \cup p \ \& \ \text{поршень}(p, b, t) \ \& \ C = \text{место}(A, t) \ \& \ D = \text{место}(B, t) \ \& \\ \text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{Жидкость}(B, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(A, t) \ \& \\ \text{Неподв}(B, t) \ \rightarrow \text{нижнийуровень}(C, K) = \text{нижнийуровень}(D, K) \ \&$$

Давлстат(A , верхнийуровень(C, K) – нижнийуровень(C, K), t) =
 Давлстат(B , верхнийуровень(D, K) – нижнийуровень(D, K), t))

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, третий, четвертый, пятый и десятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", остальные - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "погружено"

1. Ввод в рассмотрение силы, действующей на тело со стороны жидкости, в которую оно погружено.

$$\forall_{Kabt}(\text{погружено}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{твердотело}(a) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Допускается заголовок "частичнопогруж" первого антецедента. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Kabt}(\text{погружено}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{контейнер}(a) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Допускается заголовок "частичнопогруж" первого антецедента. Уровень срабатывания равен 1.

2. Отнесение погруженности к моменту промежутка.

$$\forall_{Tabt}(t \in T \ \& \ \text{погружено}(a, b, T) \rightarrow \text{погружено}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Переключение силы воздействия со стороны жидкости на все плавающее тело.

$$\forall_{Kabct}(\text{погружено}(\text{верхняячасть}(a, b, K, t), c, t) \rightarrow \text{воздействие}(\text{верхняячасть}(a, b, K, t), c, t) \leftrightarrow \text{воздействие}(a, c, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Вместо верхней части может рассматриваться нижняя. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

4. Конечный список объектов.

$$\forall_{abint}(l(a) = n \rightarrow \text{погружено}(\{; a\}, b, t) \leftrightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{погружено}(a(i), b, t)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Выражение a имеет заголовок "набор". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Указатель "развертка" определяет выписывание квантора общности в виде конъюнкции. Уровень срабатывания равен 1.

5. Сумма объемов жидкости и полностью погруженного твердого тела.

$$\forall_{ABKabcst}(\text{твердотело}(c) \ \& \ \text{погружено}(c, b, t) \ \& \ \text{вещество}(b, a) \ \& \\ \text{жидкость}(a) \ \& \ \text{место}(b \cup c, t) = A \ \& \ \text{цилиндричтело}(A, K) \ \& \\ B = \text{нижнеоснование}(A, K) \ \& \ S(B) = s \rightarrow \text{объем}(b) + \text{объем}(c) = \\ s \cdot (\text{Высотаповерхн}(\text{верхнеоснование}(A, K), K) - \text{Высотаповерхн}(B, K)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем()" посылки задачи на исследование. Все антецеденты, кроме первого и четвертого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

6. Тепловая энергия при движении твердого тела в жидкости.

$$\forall_{Tab}(\text{погружено}(a, b, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = \\ \text{длина}(\text{сопрсила}(a, b, T))\text{длина}(\text{Путь}(a, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплэнергия(a, T)" посылки задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "плавает"

1. Ввод в рассмотрение силы, действующей на тело со стороны жидкости, в которой оно плавает.

$$\forall_{Kabt}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{твердотело}(a) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует пара посылок вида "центртяжести(x, a)", "воздействие(x, b, t)". Уровень срабатывания равен 1.

2. Переключение силы воздействия со стороны жидкости на центр тяжести погруженной части плавающего тела.

$$\forall_{abdpt}(\text{плавает}(a, p, t) \ \& \ \text{центртяжести}(b, a) \ \& \\ \text{центртяжести}(d, \text{погружчасть}(a, p, t)) \rightarrow \\ \text{воздействие}(b, p, t) \leftrightarrow \text{воздействие}(d, p, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Допускается заголовок "частичнопогруж" первого антецедента. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы символа "архсила"

1. Разложение силы, действующей на тело со стороны жидкости, в которую оно погружено, на силу Архимеда и силу сопротивления.

$$\forall_{Kabt}(\text{погружено}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{твердотело}(a) \rightarrow \\ \text{сила}(a, b, t) = \text{сопрсила}(a, b, t) + \text{архсила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" послышки задачи на исследование. Первые два antecedента идентифицируются с послылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Допускается заголовок "плавает" первого antecedента. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Kabct}(\text{погружено}(\text{верхняячасть}(a, c, K), b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{твердотело}(a) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{сопрсила}(a, b, t) + \text{архсила}(a, b, t))$$

Аналогично предыдущему, но заголовок "плавает" не допускается, а допускается рассмотрение нижней части вместо верхней.

$$\forall_{Kabct}(\text{погружено}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{контейнер}(a) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{сопрсила}(a, b, t) + \text{архсила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(a, b, t)" послышки задачи на исследование. Antecedенты идентифицируются с послылками. Допускается заголовок "плавает" первого antecedента. Уровень срабатывания приема равен 1.

$$\forall_{Kabct}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, \text{погружчасть}(a, b, t)) \rightarrow \text{сила}(c, b, t) = \text{сопрсила}(c, b, t) + \text{архсила}(c, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(c, b, t)" послышки задачи на исследование. Первые два antecedента и четвертый antecedент идентифицируются с послылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Допускается заголовок "частичнопогруж" первого antecedента. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Kabct}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \rightarrow \text{сила}(c, b, t) = \text{сопрсила}(c, b, t) + \text{архсила}(c, b, t))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{KTabct}(\text{плавает}(a, b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{сила}(c, b, t) = \text{сопрсила}(c, b, t) + \text{архсила}(c, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сила(c, b, t)" послышки задачи на исследование. Первые два antecedента и четвертый antecedент идентифицируются с послылками, третий и пятый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{KTabct}(\text{плавает}(a, b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(c, a) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \rightarrow \text{сила}(c, b, T) = \text{архсила}(c, b, T))$$

Аналогично предыдущему, причем шестой antecedент тоже обрабатывается проверочным оператором.

2. Величина силы Архимеда.

\forall_{Kabct} (погружено(a, b, t) & поверхнземли(K) & вещество(b, c) & Неподв(b, t) \rightarrow вверх(архсила(a, b, t), K) & длина(архсила(a, b, t)) = плотность(c)гобъем(a))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(a, b, t)" посылки задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Не усматривается, что c - газ. Такая же проверка предпринимается во всех остальных приемах данного подраздела, в которых используется символ "плотность". Отсутствует пара посылок вида " $d = \text{место}(a, x)$ ", "полузакрцилиндр(d)". Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{Kabct} (погружено(a, b, t) & поверхнземли(K) & вещество(b, c) & Неподв(b, t) \rightarrow вверх(архсила(a, b, t), K) & длина(архсила(a, b, t)) = Плотность(b, t)гобъем(a))

Аналогично предыдущему, но усматривается, что c - газ. Тогда берется величина плотности газообразного тела b в момент t .

\forall_{Kabct} (погружено(a, b, t) & поверхнземли(K) & вещество(b, c) & неподв(b, t) \rightarrow вверх(архсила(a, b, t), K) & длина(архсила(a, b, t)) = плотность(c)гобъем(a))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(a, b, t)" посылки задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. В задаче встречается выражение вида "Путь(x, t)". Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{Kabcdt} (погружено(a, b, t) & поверхнземли(K) & вещество(b, c) & неподв(b, t) & центртяжести(d, a) \rightarrow вверх(архсила(d, b, t), K) & длина(архсила(d, b, t)) = плотность(c)гобъем(a))

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "архсила(d, b, t)". Последний антецедент идентифицируется с посылкой.

\forall_{Kabcdt} (погружено(a, b, t) & поверхнземли(K) & вещество(b, c) & центртяжести(d, a) & Неподв(b, t) \rightarrow вверх(архсила(d, b, t), K) & длина(архсила(d, b, t)) = плотность(c)гобъем(a))

Аналогично предыдущему. Пятый антецедент обрабатывается проверочным оператором.

$\forall_{Kabcdpqrtw}$ (погружено(a, b, t) & поверхнземли(K) & вещество(b, c) & Ускорение(b, K, t) = w & коорд(w, K) = (p, q, r) & $d = \text{плотность}(c)\text{объем}(a) \rightarrow$ коорд(архсила(a, b, t), K) = ($pd, qd, d(g + r)$))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(a, b, t)" посылки задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с

посылками, пятый и шестой - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabcdt}(\text{погружено}(\text{верхняячасть}(a, d, K, t), b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{вверх}(\text{архсила}(a, b, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{архсила}(a, b, t)) = \text{плотность}(c)g\text{объем}(\text{верхняячасть}(a, d, K, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(a, b, t)" послышки задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Допускается рассмотрение не верхней, а нижней части. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{AVCKabcdpqt}(\text{погружено}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{основание}(B, A) \ \& \ \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, p, q) = C \ \& \ \text{место}(d, t) = C \ \& \ d \subseteq b \rightarrow \text{вверх}(\text{архсила}(a, b, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{архсила}(a, b, t)) = \text{плотность}(c)gS(B)p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(a, b, t)" послышки задачи на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого и девятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabct}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{вверх}(\text{архсила}(a, b, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{архсила}(a, b, t)) = \text{плотность}(c)g\text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(a, b, t)" послышки задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, причем допускается заголовок "частичнопогруж" первого из них. Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabcdt}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{центртяжести}(d, \text{погружчасть}(a, b, t)) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{вверх}(\text{архсила}(d, b, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{архсила}(d, b, t)) = \text{плотность}(c)g\text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(d, b, t)" послышки задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, причем допускается заголовок "частичнопогруж" первого из них. Пятый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabcdt}(\text{плавает}(a, b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{центртяжести}(d, a) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{неподв}(b, t) \rightarrow \text{вверх}(\text{архсила}(d, b, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{архсила}(d, b, t)) = \text{плотность}(c)g\text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(d, b, t)" послышки задачи на исследование. Первые пять антецедентов идентифицируются с послылками, шестой - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{KTabcdt}(\text{плавает}(a, b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{центртяжести}(d, a) \ \& \ \text{неподв}(a, T) \ \& \ \text{неподв}(b, t) \ \& \ t \in T \rightarrow \\ \text{вверх}(\text{архсила}(d, b, T), K) \ \& \ \text{длина}(\text{архсила}(d, b, T)) = \\ \text{плотность}(c) \text{гобъем}(\text{погружчасть}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(d, b, T)" послышки задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с послылками, последние три - обрабатываются проверочными операторами. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послышки "место(a, t)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabcdpqrtw}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{Ускорение}(b, K, t) = w \ \& \ \text{коорд}(w, K) = (p, q, r) \ \& \\ d = \text{плотность}(c) \ \text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)) \rightarrow \\ \text{коорд}(\text{архсила}(a, b, t), K) = (pd, qd, d(g + r)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(a, b, t)" послышки задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с послылками, пятый и шестой антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabcdt}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{центртяжести}(d, a) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{вверх}(\text{архсила}(d, b, t), K) \ \& \\ \text{длина}(\text{архсила}(d, b, t)) = \text{плотность}(c) \ \text{гобъем}(\text{погружчасть}(a, b, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "архсила(d, b, T)" послышки задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с послылками, причем допускается заголовок "частичнпогруж" первого из них. Пятый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует послылка вида "погружено(a, b, t)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Kabcdt}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{центртяжести}(d, a) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{погружено}(a, b, t) \rightarrow \\ \text{вверх}(\text{архсила}(d, b, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{архсила}(d, b, t)) = \text{плотность}(c) \ \text{гобъем}(a))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "сопрсила"

1. Направление силы сопротивления среды.

$$\forall_{KTab}(\text{погружено}(a, b, T) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{вниз}(\text{Скорость}(a, b, T), K) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \rightarrow \text{вверх}(\text{сопрсила}(a, b, T), K))$$

$\forall_{KT} ab(\text{погружено}(a, b, T) \& \text{поверхнземли}(K) \& \text{вверх}(\text{Скорость}(a, b, T), K) \& \text{неподв}(b, T) \rightarrow \text{вниз}(\text{сопрсила}(a, b, T), K))$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "сопрсила(a, b, T)" послылки задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

2. Сила сопротивления в случае относительной неподвижности тела и жидкости.

$\forall_{abt}(\text{погружено}(a, b, t) \& \text{относитнеподв}(a, b, t) \rightarrow \text{сопрсила}(a, b, t) = \text{вектор}0)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сопрсила(a, b, t)" послылки задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Допускается заголовок "плавает" первого антецедента. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abct}(\text{плавает}(a, b, t) \& \text{относитНеподв}(a, b, t) \& \text{центртяжести}(c, \text{погружчасть}(a, b, t)) \rightarrow \text{сопрсила}(c, b, t) = \text{вектор}0)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сопрсила(c, b, t)" послылки задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с послылками, причем допускается заголовок "частичнпогруж" первого антецедента. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abct}(\text{плавает}(a, b, t) \& \text{относитНеподв}(a, b, t) \& \text{центртяжести}(c, a) \rightarrow \text{сопрсила}(c, b, t) = \text{вектор}0)$

Аналогично предыдущему. Допускаются заголовки "частичнпогруж" и "погружено" у первого антецедента.

$\forall_{Tab}(\text{плавает}(a, b, T) \& \text{неподв}(a, T) \& \text{неподв}(b, T) \rightarrow \text{сопрсила}(a, b, T) = \text{вектор}0)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сопрсила(a, b, T)" послылки задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Существует послылка вида " $T = [x, y]$ ". Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abt}(\text{плавает}(a, b, t) \& \text{Неподв}(a, t) \& \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{сопрсила}(a, b, t) = \text{вектор}0)$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сопрсила(a, b, t)" и не требуется наличие послылки " $T = [x, y]$ ".

$\forall_{KT} abcdt(\text{плавает}(a, b, T) \& \text{центртяжести}(d, a) \& (\text{Скорость}(d, K, T) \rightarrow 0 \setminus c) \& \text{неподв}(b, T) \& t \in T \rightarrow \text{сопрсила}(d, b, t) = \text{вектор}0)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сопрсила(d, b, t)" посылки задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками (третий означает, что скоростью тела можно пренебречь). Последние два антецедента обрабатываются проверочными операторами. Существует посылка вида " $T = [x, y]$ ". Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{KTabcdt}$ (погружено(a, b, T) & центртяжести(d, a) & (Скорость(d, K, T) $\rightarrow 0 \setminus c$) & неподв(b, T) \rightarrow сопрсила(d, b, T) = вектор0)

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сопрсила(d, b, T)".

$\forall_{KTabcde}$ (частичнопогруж(a, b, T) & центртяжести(d , погружчасть(a, b, T)) & центртяжести(e, a) & (Скорость(e, K, T) $\rightarrow 0 \setminus c$) & неподв(b, T) \rightarrow сопрсила(d, b, T) = вектор0)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сопрсила(d, b, T)" посылки задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, пятый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{abct} (плавмежду(a, b, c, t) & относитНеподв(a, b, t) \rightarrow сопрсила(a, b, t) = вектор0)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "сопрсила(a, b, t)" посылки задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{abct} (плавмежду(a, b, c, t) & относитНеподв(a, b, t) \rightarrow сопрсила(a, c, t) = вектор0)

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сопрсила(a, c, t)".

3. Использование кванторной посылки для силы сопротивления.

\forall_{FTtx} ($\forall_x(x \in T \rightarrow F(x))$ & $t \in T \rightarrow F(t)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная F функциональная. Кванторная посылка содержит символ "сопрсила". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "погружчасть"

1. Погруженная часть тела - подмножество тела.

\forall_{abct} (однородный(a) \rightarrow погружчасть(a, b, t) $\subseteq a$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "погружчасть(a, b, t)" посылки задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Его истинность означает, в частности, отсутствие пустот внутри тела. Уровень срабатывания равен 1.

2. Погруженная часть - нижняя часть тела, определяемая уровнем жидкости.

$\forall_{Kabcht}(\text{место}(c, t) = h \ \& \ \text{верхнийуровень}(h, K) = b \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \rightarrow$
 $\text{погружчасть}(a, c, t) = \text{нижняячасть}(a, b, K, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "погружчасть(a, c, t)" послышки задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "нижняячасть(a, b, K, t)" некоторой послылки. Выводимое равенство снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 3.

3. Объем погруженной части цилиндрического тела.

$\forall_{ABKTabt}(\text{плавает}(a, b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \&$
 $\text{цилиндричтело}(A, K) \ \& \ \text{нижнееоснование}(A, K) = B \ \& \ \text{неподв}(b, T) \rightarrow$
 $\text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)) =$
 $(\text{верхнийуровень}(\text{место}(b, t), K) - \text{нижнийуровень}(A, K)) \cdot S(B))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(погружчасть(a, c, t))" послышки задачи на исследование. Все антецеденты, кроме второго и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABKabh}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \&$
 $\text{цилиндричтело}(A, K) \ \& \ \text{нижнееоснование}(A, K) = B \ \& \ \text{неподв}(b, t) \ \&$
 $\text{погружчасть}(a, b, t) = \text{нижняячасть}(a, h, K, t) \rightarrow$
 $\text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)) = (h - \text{Высотаповерхн}(A, K)) \cdot S(B))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(погружчасть(a, c, t))" послышки задачи на исследование. Все антецеденты, кроме шестого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками. Допускается заголовок "частичнопогруж" первого антецедента. Уровень срабатывания приема равен 3.

$\forall_{ABCKabct}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \&$
 $\text{цилиндричтело}(A, K) \ \& \ \text{нижнееоснование}(A, K) = B \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \&$
 $C = \text{место}(b, t) \ \& \ c = \text{верхнийуровень}(A, K) - \text{верхнийуровень}(C, K) \rightarrow$
 $\text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)) = \text{объем}(A) - c \cdot S(B))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(погружчасть(a, b, t))" послышки задачи на исследование. Шестой антецедент обрабатывается проверочным оператором, восьмой - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с послылками. Допускается заголовок "частичнопогруж" первого антецедента. Выражения "верхнийуровень(A, K)" и "верхнийуровень(C, K)" уже встречаются в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCKabt}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \\ \text{цилиндричтело}(A, K) \ \& \ \text{нижнеоснование}(A, K) = B \ \& \\ \text{место}(\text{погружчасть}(a, b, t), t) = C \ \& \ \text{Неподв}(a, t) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \rightarrow \\ \text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)) = \\ (\text{верхнийуровень}(C, K) - \text{нижнийуровень}(C, K)) \cdot S(B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(погружчасть(a, b, t))" послышки задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с послышками. Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "идентификатор", седьмой и восьмой - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

4. Сумма объемов жидкости и погруженной части плавающего тела.

$$\forall_{ENKMahps}(\text{место}(H, s) = M \ \& \ \text{верхняячасть}(E, h, K, s) = H \ \& \\ \text{плавает}(p, H, s) \ \& \ \text{Содержимое}(a, s) = p \cup E \ \& \ \text{трубка}(a) \ \rightarrow \\ \text{объем}(\text{погружчасть}(p, H, s)) + \text{объем}(M) = \\ (\text{верхнийуровень}(M, K) - h)\text{площсечения}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(погружчасть(P, H, s))" послышки задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послышками. Уровень срабатывания равен 3.

5. Разность объемов погруженных частей квазицилиндрического тела.

$$\forall_{ABCKabhprst}(\text{вертикположение}(a, K, t) \ \& \ \text{вертикположение}(a, K, s) \ \& \\ A = \text{место}(a, t) \ \& \ B = \text{место}(a, s) \ \& \ \text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{плавает}(a, b, s) \ \& \\ C = \text{место}(b, t) \ \& \ C = \text{место}(b, s) \ \& \\ \text{нижнийуровень}(B, K) - \text{нижнийуровень}(A, K) = h \ \& \\ \text{квазицилиндрич}(A, K, \text{верхнийуровень}(C, K), r) \ \& \ |h| \leq r \ \rightarrow \\ p \cdot \text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)) - p \cdot \text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, s)) = \\ phS(\text{горизсечение}(A, K, \text{верхнийуровень}(C, K))))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Девятый антецедент выделен указателем "идентификатор", одиннадцатый - обрабатывается проверочным оператором. Остальные антецеденты идентифицируются с послышками. Выражение "горизсечение($A, K, \text{верхнийуровень}(C, K)$)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

6. Объем погруженной части полого шара.

$$\forall_{ABCDKabt}(\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \\ A = C \setminus D \ \& \ \text{шар}(C) \ \& \ D \subseteq C \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \rightarrow \\ \text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)) = \\ \text{объем}(\text{set}_x(x \in C \ \& \ \text{крд}(x, K, 3) \leq \text{верхнийуровень}(B, K))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(погружчасть(a, b, t))" послышки задачи на исследование. Все антецеденты, кроме шестого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послышками. Уровень срабатывания равен 4.

7. Объем погруженной части конуса.

$$\forall_{ABCKT} \text{ab}t (\text{плавает}(a, b, t) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{поверхземли}(K) \ \& \ \text{конус}(A) \ \& \\ \text{вверх}(\text{направлконуса}(A), K) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{основание}(B, A) \ \& \\ \text{место}(b, t) = C \rightarrow \text{объем}(\text{погружчасть}(a, b, t)) = \\ (\pi(\text{радиус}(B))^2 / (3(\text{высота}(A))^2)) \cdot \\ ((\text{высота}(A))^3 - (\text{высота}(A) - \text{верхнийуровень}(C, K) + \text{нижнийуровень}(A, K))^3))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объем(погружчасть(a, b, t))" послышки задачи на исследование. Все антецеденты, кроме пятого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками. Допускается заголовок "частичнопогруж" первого антецедента. Уровень срабатывания равен 3.

8. Ввод в рассмотрение положения тела.

$$\forall_{AT} \text{at} (t \in T \rightarrow A = \text{место}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "погружчасть(a, b, t)" послышки задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Отсутствует послылка вида " $X = \text{место}(a, t)$ ". Прием вводит новую переменную A . Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "плавмежду"

Создан единственный прием, уточняющий контекст плавания на границе двух жидких субстанций:

$$\forall_{BCK} \text{ab}ct (\text{плавмежду}(a, b, c, t) \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow B = \text{место}(b, t) \ \& \\ C = \text{место}(c, t) \ \& \ \text{верхнийуровень}(C, K) = \text{нижнийуровень}(B, K) \ \& \\ \text{погружено}(\text{верхняячасть}(a, \text{нижнийуровень}(B, K), K, t), b, t) \ \& \\ \text{погружено}(\text{нижняячасть}(a, \text{верхнийуровень}(C, K), K, t), c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Прием вводит новые переменные B, C . Для блокировки повторных срабатываний служит специальный комментарий. Уровень срабатывания равен 1.

1.12 Молекулярная физика. Газовые законы

В процессе обучения решателя раздел "Газовые законы" из элементарной химии был проработан раньше, чем он возник при проработке задачника по элементарной физике. По этой причине, очень многие приемы, которые должны были бы попасть в данный раздел физики, оказались расположены в аналогичном разделе химии (например, приемы для уравнения Менделеева - Клапейрона). Так как размещение приемов в оглавлении базы приемов никак не связано с функционированием решателя, мы не будем изменять сложившейся ситуации, тем более что с каждым разделом связана своя группа примеров задачника.

1.12.1 Логические символы, используемые решателем в молекулярной физике и газовых законах

Выражение "кинэнергмолекул(a, t)" обозначает полную кинетическую энергию молекул тела a относительно системы координат, связанной с этим телом, в момент либо промежуток t .

Выражение "кинэнергмолекулы(a, t)" обозначает среднюю кинетическую энергию одной молекулы тела a относительно системы координат, связанной с этим телом, в момент либо промежуток времени t .

Выражение "скормолекул(a, t)" обозначает среднюю скорость молекул тела a в момент либо промежуток времени t относительно системы координат, связанной с этим телом.

Выражение "массамолекулы(a)" обозначает среднюю массу одной молекулы тела a .

Выражение "давление(a, t)" обозначает величину давления газообразного тела a в момент t либо среднюю величину этого давления за период t .

Выражение "парцдавление(a, b, t)" обозначает парциальное давление части a газобразной смеси b (рассматриваемой как тело, а не вещество) в момент либо период t .

Выражение "Объем(a, t)" обозначает объем газообразного тела либо множества тел a в момент t , либо средний объем за период t .

Утверждение "атмосфера(a)" означает, что a есть атмосфера Земли.

Утверждение "изобарный(a, t)" означает, что на протяжении периода времени t давление газообразного тела a оставалось постоянным.

Утверждение "изохорный(a, t)" означает, что на протяжении периода времени t объем газообразного тела a оставался постоянным.

Утверждение "изотермический(a, t)" означает, что на протяжении периода времени t температура тела a оставалась постоянной.

Утверждение "адиабатический(a, t)" означает, что на протяжении периода времени t тело a не участвовало в обмене тепловой энергией с внешними телами.

1.12.2 Примеры формулировки задач по молекулярной физике и газовым законам на языке решателя

Молекулярная физика

Считая, что атмосферный воздух состоит только из кислорода и азота и что молярная масса воздуха $29.12 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, определите процентное содержание молекул кислорода в смеси.

Посылки задачи:

" $S = \text{Смесь}(\{A, B\})$ "

"вещество(A, a)"

"вещество(B, b)"

"химсостав(a, O_2)"

"химсостав(b, N_2)"

"вещество(S, s)"

"молярная масса(s) = $29.12 \cdot 10^{-3}$ кг/моль"

Условие задачи:

" x = число молекул(A, a)/(число молекул(A, a) + число молекул(B, b))"

Неизвестная задачи - x .

Изменение состояния идеального газа

В цилиндре под поршнем находится газ. Чтобы поршень оставался в неизменном положении при увеличении абсолютной температуры газа в 2 раза, на него следует положить груз массой 10 кг. Площадь поршня 10 см^2 . Найдите первоначальное давление газа.

Посылки задачи:

"поршень(a, b, T)"

"неподв(b, T)"

" $T = [s, t]$ "

"Неподв(a, t)"

"Неподв(a, s)"

" B = место(b, T)"

"полузакрцилиндр(B)"

"поверхземли(K)"

"вверх(Напрвект(B), K)"

" A = место(a, t)"

" A = место(a, s)"

" C = внутрчасть($A \cup B$)"

" C = место(c, t)"

" C = место(c, s)"

"вещество(c, d)"

"Газ(d)"

"лежитна(p, a, t)"

"масса(p) = 10кг"

"абстемпература(c, t) = 2 абстемпература(c, s)"

"атмосфера(F)"

" $S(a) = 10 \text{ см}^2$ "

"воздействие(a, F, T)"

"внештело(b)"

Условие задачи:

" x = давление(c, s)"

Неизвестная задачи - x .

Уравнение Менделеева - Клапейрона

Газ массой 0.007кг, находящийся в баллоне при 27 градусах Цельсия, создает давление 50 кПа. Найдите молярную массу газа, если известно, что водород массой 4г создает в таком же баллоне при 60 градусах Цельсия давление 444 кПа.

Посылки задачи:

"вещество(A, a)"

"газ(a)"

"масса(A) = 0.007кг"

"температура(A, t) = 27 градус"

"давление(A, t) = 50 кПа"

"вещество(B, b)"

"химсостав(b, H_2)"

"масса(B) = 4г"

"Объем(B, t) = Объем(A, t)"

"температура(B, t) = 60 градус"

"давление(B, t) = 444 кПа"

Условие задачи:

" x = молярмасса(a)"

Неизвестная задачи - x .

Изменение количества вещества

В баллоне находится газ массой 2 кг при температуре 27 градусов Цельсия и давлении $2 \cdot 10^5$ Па. Когда часть газа была выпущена, а оставшаяся часть нагрета до 627 градусов Цельсия, то давление возросло до $3 \cdot 10^5$ Па. Какова будет плотность оставшейся части газа, если объем баллона 1м^3 ?

Посылки задачи:

"вещество(a, b)"

"газ(b)"

"масса(a) = 2кг"

"температура(a, t) = 27градус"

"давление(a, t) = $2 \cdot 10^5$ Па"

" $c \subseteq a$ "

"температура(c, s) = 627градус"

"давление(c, s) = $3 \cdot 10^5$ Па"

"Объем(a, t) = Объем(c, s)"

"Объем(c, s) = 1м^3 "

Условие задачи:

" x = Плотность(c, s)"

Неизвестная задачи - x .

1.12.3 Приемы решателя, связанные с молекулярной физикой и газовыми законами

Как уже говорилось выше, в этом разделе приводится лишь часть приемов - те, которые возникли при проработке задач из задачника по физике. Основная часть приемов, связанных с газовыми законами, будет рассмотрена ниже - в одноименном разделе, относящемся к химии.

Приемы, связанные с символом "кинэнергмолекулы"

1. Связь полной кинетической энергии молекул со средней кинетической энергией одной молекулы.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{кинэнергмолекул}(a, t) = \text{числомолекул}(a, b) \cdot \text{кинэнергмолекулы}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "кинэнергмолекул(a, t)" послышки задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послышкой. Уровень срабатывания равен 2.

2. Зависимость средней кинетической энергии одной молекулы от температуры.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \rightarrow \text{кинэнергмолекулы}(a, t) = 3 \cdot \text{газконст} \cdot \text{абстемпература}(a, t) / (2 \cdot \text{числоАвогадро}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "кинэнергмолекулы(a, t)" послышки задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послышкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

3. Связь средней скорости молекул со средней кинетической энергией одной молекулы.

$$\forall_{at}(\text{кинэнергмолекулы}(a, t) = \text{массамолекулы}(a) \cdot (\text{скормолекул}(a, t))^2 / 2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скормолекул(a, t)" послышки задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "давление"

1. Давление составного объекта.

$$\forall_{abpt}(\text{давление}(a \cup b, t) = p \leftrightarrow \text{давление}(a, t) = p \ \& \ \text{давление}(b, t) = p)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Abct}(A = b \cup c \rightarrow \text{давление}(A, t) = \text{давление}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послышке задачи на исследование подвыражения "давление(b, t)". Антецедент идентифицируется с другой послышкой. Проверяется, что выражение "давление(A, t)" тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

2. Усмотрение противоречия при контроле разбора случаев: отрицательное давление.

$$\forall_{Apt}(\text{давление}(A, t) = p_{\text{атм}}/q \ \& \ pq < 0 \rightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на описание, имеющей цель "контроль". Выражения p, q константные. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

3. Выражение давления из линейного соотношения.

$$\forall_{abpqrt}(a \cdot \text{давление}(b, t) = p(q \cdot \text{давление}(b, t) + r) \leftrightarrow (a - pq)\text{давление}(b, t) = pr)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdpt}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{давление}(b, t)/p + c = d \leftrightarrow \text{давление}(b, t) = (d - c)p/a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения c, d не содержат невырожденных числовых атомов, заголовки которых отличны от символов "масса", "давление". "площадь". При этом ни одно из них не содержит подвыражения "давление(b, t)". Выражение d не является невырожденным числовым атомом. Выражения a, p не содержат невырожденных числовых атомов, заголовки которых отличны от символа "площадь". Уровень срабатывания равен 8.

4. Усмотрение силового воздействия для расположенных внутри емкости газа и жидкости.

$$\forall_{ABabcdpqrt}(\text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \ \& \ \text{место}(a, t) = \text{слойтела}(A, B, p, q) \ \& \ \text{вещество}(b, d) \ \& \ \text{газ}(d) \ \& \ \text{место}(b, t) = \text{слойтела}(A, B, r, p) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и пятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

5. Величина и направление силового воздействия расположенных внутри трубки газа и жидкости.

$$\forall_{ABKabcdpqrt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{место}(a, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, p, q) \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(A), K) \ \& \ \text{место}(c, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, q, r) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{жидкость}(d) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(A) \rightarrow \text{вверх}(\text{сила}(c, a, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(c, a, t)) = \text{давление}(a, t)S(B))$$

$$\forall_{ABKabcdpqrt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{место}(a, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, p, q) \ \& \ \text{вниз}(\text{Напрвект}(A), K) \ \& \ \text{место}(c, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, q, r) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{жидкость}(d) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(A) \rightarrow \text{вниз}(\text{сила}(c, a, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(c, a, t)) = \text{давление}(a, t)S(B))$$

$$\forall_{ABKabcdpqrt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{место}(a, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, p, q) \ \& \ \text{вправо}(\text{Напрвект}(A), K) \ \& \ \text{место}(c, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, q, r) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{жидкость}(d) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(A) \rightarrow \text{вправо}(\text{сила}(c, a, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(c, a, t)) = \text{давление}(a, t)S(B))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

6. Давление газа на участок стенки контейнера.

$\forall_{BDabcdt}$ (контейнер(a) & $b = \text{емкость}(a)$ & $B = \text{место}(b, t)$ & $B = \text{место}(c, t)$ & вещество(c, d) & газ(d) & $D \subseteq \text{внутрповерхн}(a) \rightarrow$
длина($\text{сила}(D, c, t)$) = $S(D)$ давление(c, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения "сила(D, c, t)". Все antecedentes, кроме шестого и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

7. Направление воздействия газа на поршень.

$\forall_{ABCKTabcdt}$ (вещество(c, d) & газ(d) & место(c, t) = C & $C = \text{внутрчасть}(A \cup B)$ & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(a, b, T) & $B = \text{место}(b, t)$ & $t \in T$ & вверх(Напрвект(B), K) & поверхностьземли(K) & полузакрцилиндр(B) \rightarrow вверх($\text{сила}(a, c, t), K$))

$\forall_{ABCKTabcdt}$ (вещество(c, d) & газ(d) & место(c, t) = C & $C = \text{внутрчасть}(A \cup B)$ & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(a, b, T) & $B = \text{место}(b, t)$ & $t \in T$ & вниз(Напрвект(B), K) & поверхностьземли(K) & полузакрцилиндр(B) \rightarrow вниз($\text{сила}(a, c, t), K$))

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "сила(a, c, t)" послылки задачи на исследование. Второй, восьмой и девятый antecedentes обрабатываются проверочными операторами. Седьмой antecedent выделен указателем "идентификатор", остальные - идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCKabcdt}$ (вещество(c, d) & газ(d) & место(c, t) = C & $C = \text{внутрчасть}(A \cup B)$ & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(a, b, t) & $B = \text{место}(b, t)$ & вверх(Напрвект(B), K) & поверхностьземли(K) & полузакрцилиндр(B) \rightarrow вверх($\text{сила}(a, c, t), K$))

$\forall_{ABCKabcdt}$ (вещество(c, d) & газ(d) & место(c, t) = C & $C = \text{внутрчасть}(A \cup B)$ & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(a, b, t) & $B = \text{место}(b, t)$ & вниз(Напрвект(B), K) & поверхностьземли(K) & полузакрцилиндр(B) \rightarrow вниз($\text{сила}(a, c, t), K$))

Аналогично предыдущему. Проверочными операторами обрабатываются второй и восьмой antecedentes.

$\forall_{ABCKQabcdhqt}$ (твердоетело(a) & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(b, a, t) & основание(Q, A) & $B = \text{место}(b, t)$ & $B = \text{сечениетела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, h)$ & $C = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, h, q)$ & вправо(Напрвект(A), K) & $C = \text{место}(c, t)$ & вещество(c, d) & газ(d) \rightarrow влево($\text{сила}(b, c, t), K$))

$\forall_{ABCKQabcdhqt}$ (твердоетело(a) & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(b, a, t) & основание(Q, A) & $B = \text{место}(b, t)$ & $B = \text{сечениетела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, h)$ & $C = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, q, h)$ & вправо(Напрвект(A), K) & $C = \text{место}(c, t)$ & вещество(c, d) & газ(d) \rightarrow вправо($\text{сила}(b, c, t), K$))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме первого и одиннадцатого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCKQabcdhqt}$ (твердотело(a) & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(b, a, t) & нижнееоснование(Q, A) & $B = \text{место}(b, t)$ & $B = \text{сечениетела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, h)$ & $C = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, h, q)$ & вверх($\text{Напрвект}(A), K$) & $C = \text{место}(c, t)$ & вещество(c, d) & газ(d) \rightarrow вниз($\text{сила}(b, c, t), K$))

$\forall_{ABCKQabcdhqt}$ (твердотело(a) & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(b, a, t) & нижнееоснование(Q, A) & $B = \text{место}(b, t)$ & $B = \text{сечениетела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, h)$ & $C = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, q, h)$ & вверх($\text{Напрвект}(A), K$) & $C = \text{место}(c, t)$ & вещество(c, d) & газ(d) \rightarrow вверх($\text{сила}(b, c, t), K$))

Аналогично предыдущему.

8. Воздействие газа на поршень.

$\forall_{ABCKQabcdhqt}$ (твердотело(a) & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(b, a, t) & основание(Q, A) & $B = \text{место}(b, t)$ & $B = \text{сечениетела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, h)$ & $C = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), Q, p, q)$ & ($p = h \vee q = h$) & $C = \text{место}(c, t)$ & вещество(c, d) & газ(d) \rightarrow воздействие(b, c, t) & длина($\text{сила}(b, c, t)$) = $S(B)$ давление(c, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и одиннадцатый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, восьмой антецедент выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Допускается заголовок "нижнееоснование" четвертого антецедента. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCTabcdt}$ (вещество(c, d) & газ(d) & место(c, t) = C & $C = \text{внутричасть}(A \cup B)$ & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(a, b, T) & $t \in T$ \rightarrow воздействие(a, c, t) & длина($\text{сила}(a, c, t)$) = давление(c, t) $S(a)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "внештело(a)". Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{ABCabcdt}$ (вещество(c, d) & газ(d) & место(c, t) = C & $C = \text{внутричасть}(A \cup B)$ & $A = \text{место}(a, t)$ & поршень(a, b, t) \rightarrow воздействие(a, c, t) & длина($\text{сила}(a, c, t)$) = давление(c, t) $S(a)$)

Аналогично предыдущему.

9. Вывод зависимости давления газа от объема по известной зависимости температуры от объема.

\forall_{ATafst} (вещество(A, a) & газ(a) & $\forall_x(x \in T \rightarrow \text{абстемпература}(A, x) = f(\text{Объем}(A, x))) \rightarrow$ $\forall_x(x \in T \rightarrow \text{давление}(A, x) = \text{газконст} \cdot \text{масса}(A) f(\text{Объем}(A, x)) / (\text{Объем}(A, x) \text{молярнмасса}(a)))$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная f функциональная. Указатель "новаргумент" обеспечивает проверку того, что переменная x встречается в выражении $f(\text{Объем}(A, x))$ только внутри подвыражений "Объем(A, x)". Уровень срабатывания равен 3.

10. Нормализатор общей стандартизации "нормдавление".

Нормализатор имеет всего два приема. Первый из них использует равенство из посылок, дающее явное выражение для рассматриваемого давления. Теорема второго имеет следующий вид:

$$\forall_{at}(\text{атмосфера}(a) \rightarrow \text{давление}(a, t) = \text{атм})$$

Текущая задача не имеет посылки, содержащей подвыражение вида "давление(a, s)". Таким образом отбрасываются случаи, когда давление атмосферы задано явно.

Приемы, связанные с символом "парцдавление"

1. Закон Дальтона.

$$\forall_{ABSt}(C = \text{Смесь}(\{A, B\}) \rightarrow \text{парцдавление}(A, C, t) + \text{парцдавление}(B, C, t) = \text{давление}(C, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения "парцдавление(A, C, t)". Антецедент идентифицируется с другой посылкой. Проверяется, что выражение "давление(C, t)" тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

2. Нормализатор общей стандартизации "нормпарцдавление".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок.

Приемы, связанные с символом "Объем"

1. Одноэлементное множество объектов.

$$\forall_{abt}(\text{Объем}(\{b\}, t) = \text{Объем}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

2. Объем объединения тел.

$$\forall_{abct}(\text{непересек}(a, b) \rightarrow \text{Объем}(a \cup b, t) = \text{Объем}(a, t) + \text{Объем}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения вида "Объем($a \cup b, t$)". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Указатель "смравно" разрешает косвенную идентификацию выражения $a \cup b$ через равенство в послылках. Уровень срабатывания равен 3.

3. Выражение объема из простейших уравнений.

$$\forall_{apqrt}(\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{Объем}(a, t) + q = r \leftrightarrow \text{Объем}(a, t) = (r - q)/p)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к послылке задачи на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение p не содержит неизвестных. Выражения q, r не содержат невырожденных числовых атомов, не имеющих заголовка "Объем", причем r не имеет заголовка "Объем". Преобразуемая посылка не содержит символа "Смесь". Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{Aanqt}(\neg(p = 0) \rightarrow p(\text{Объем}(A, t))^n / r = q \leftrightarrow (\text{Объем}(A, t))^n = qr/p)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Ни одно из выражений p, q, r не содержит символа "Объем". Уровень срабатывания приема равен 10.

4. Раскрывание скобок.

$$\forall_{Aabcdt}(d = a(b\text{Объем}(A, t) + c) \rightarrow a(b\text{Объем}(A, t) + c) = d)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению посылки задачи на исследование. Выражение a содержит символ "Объем". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Его правая часть обрабатывается нормализатором раскрывания скобок "стандплюс". Уровень срабатывания приема равен 4.

5. Ориентация равенства.

$$\forall_{Abt}(b = \text{Объем}(A, t) \leftrightarrow \text{Объем}(A, t) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение b не имеет заголовка "Объем". Уровень срабатывания приема равен 1.

6. Связь с геометрическим объемом.

$$\forall_{Cat}(\text{место}(a, t) = C \rightarrow \text{Объем}(a, t) = \text{объем}(C))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "Объем(a, t)". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 2.

7. Усмотрение увеличение объема при нагревании.

$$\forall_{ATakst}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \forall_x(x \in T \rightarrow \text{давление}(A, x) = k \cdot \text{Объем}(A, x)) \ \& \ 0 < k \ \& \ 0 < \text{абстемпература}(A, t) - \text{абстемпература}(A, s) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow 0 < \text{Объем}(A, t) - \text{Объем}(A, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого и пятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания приема равен 3.

8. Нормализатор общей стандартизации "нормОбъем".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство в посылках, дающее выражение для объема.

Приемы, связанные с символом "изобарный"

1. Равенство давлений.

$$\forall_{ast}(\text{изобарный}(a, [t, s]) \rightarrow \text{давление}(a, t) = \text{давление}(a, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания приема равен 2.

2. Усмотрение изобарного процесса для газа, находящегося под поршнем.

$$\forall_{FKTabcd}(\text{подпоршнем}(c, a, b, T) \& \text{вещество}(c, d) \& \text{газ}(d) \& \text{Силы}(a, \{K, c, F\}, T) \& \text{поверхземли}(K) \& \text{атмосфера}(F) \rightarrow \text{изобарный}(c, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "изохорный"

Создан единственный прием, выводящий равенство объемов:

$$\forall_{ATab}(\text{изохорный}(A, T) \& T = [a, b] \rightarrow \text{Объем}(A, a) = \text{Объем}(A, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "адиабатический"

Создан единственный прием про приобретенную тепловую энергию:

$$\forall_{AT}(\text{адиабатический}(A, T) \rightarrow \text{Теплэнергия}(A, T) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "атмосфера"

1. Вещество атмосферы.

$$\forall_a(\text{атмосфера}(a) \rightarrow \text{вещество}(a, \text{воздух}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Направление силы воздействия атмосферы на поршень.

$$\forall_{BDEFKMNTabdmpt}(\text{поршень}(a, b, T) \& B = \text{место}(b, T) \& \text{полыйцилиндр}(B) \& \text{Ось}(\text{отрезок}(MN), B) \& \text{вертикалпр}(\text{вектор}(MN), K) \& t \in T \& \text{поверхземли}(K) \& \text{нижнеоснование}(B, K) = E \& E \subseteq D \& D = \text{место}(d, T) \& \text{вещество}(d, m) \& \text{жидкость}(m) \& \text{центртяжести}(p, a) \& \text{атмосфера}(F) \& \text{воздействие}(p, F, T) \rightarrow \text{вниз}(\text{сила}(p, F, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, шестого, девятого и двенадцатого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию комментария (момент t), указывающего, что все рассмотрения процессов в задаче относятся только к моменту t . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BFKTabt}(\text{атмосфера}(F) \& \text{поршень}(a, b, T) \& t \in T \& \text{воздействие}(a, F, t) \& \text{место}(b, t) = B \& \text{поверхземли}(K) \& \text{полузакрцилиндр}(B) \& \text{вверх}(\text{Напрвект}(B), K) \rightarrow \text{вниз}(\text{сила}(a, F, t), K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "сила(a, F, t)". Третий и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами, пятый - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{BFKabt}(\text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{поршень}(a, b, t) \ \& \ \text{воздействие}(a, F, t) \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(B) \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(B), K) \rightarrow \text{вниз}(\text{сила}(a, F, t), K))$$

$$\forall_{BFKabt}(\text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{поршень}(a, b, t) \ \& \ \text{воздействие}(a, F, t) \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(B) \ \& \ \text{вниз}(\text{Напрвект}(B), K) \rightarrow \text{вверх}(\text{сила}(a, F, t), K))$$

Аналогично предыдущему. Седьмой антецедент обрабатывается проверочным оператором, четвертый - выделен указателем "идентификатор".

3. Величина силы атмосферного давления на поршень.

$$\forall_{FTabt}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{центртяжести}(p, a) \ \& \ \text{воздействие}(p, F, t) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(p, F, t)) = S(a)\text{атм})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "сила(p, F, t)". Все антецеденты, кроме второго, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Выражение вида "давление(F, x)" в задаче не встречается. Уровень срабатывания приема равен 2.

$$\forall_{FTabt}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(a, F, t) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, F, t)) = S(a)\text{атм})$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "сила(a, F, t)".

$$\forall_{Fabt}(\text{поршень}(a, b, t) \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(a, F, t) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, F, t)) = S(a)\text{давление}(F, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "сила(a, F, t)". Все антецеденты идентифицируются с посылками. В задаче встречается выражение вида "давление(F, x)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Fabt}(\text{поршень}(a, b, t) \ \& \ \text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{воздействие}(a, F, t) \rightarrow \text{длина}(\text{сила}(a, F, t)) = S(a)\text{атм})$$

Аналогично предыдущему, но выражение вида "давление(F, x)" в задаче отсутствует.

4. Равенство давлений в различные моменты времени.

$$\forall_{ast}(\text{атмосфера}(a) \rightarrow \text{давление}(a, s) = \text{давление}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения вида "давление(a, s)". Антецедент идентифицируется с послылкой. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "давление(a, t)", где выражения s, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

5. Атмосферное давление на субстанцию, заключенную в полузакрытом цилиндре.

$$\forall_{ABFKabpqt}(\text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(A) \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(A), K) \ \& \ \text{место}(b, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, p, q) \ \& \ \text{воздействие}(b, F, t) \rightarrow \text{вниз}(\text{сила}(b, F, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(b, F, t)) = \text{давление}(F, t)S(B))$$

$$\forall_{ABFKabpqt}(\text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(A) \ \& \ \text{вниз}(\text{Напрвект}(A), K) \ \& \ \text{место}(b, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, p, q) \ \& \ \text{воздействие}(b, F, t) \rightarrow \text{вверх}(\text{сила}(b, F, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(b, F, t)) = \text{давление}(F, t)S(B))$$

$$\forall_{ABFKabpqt}(\text{атмосфера}(F) \ \& \ \text{твердотело}(a) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(A) \ \& \ \text{вправо}(\text{Напрвект}(A), K) \ \& \ \text{место}(b, t) = \text{слойтела}(\text{огрцилиндр}(A), B, p, q) \ \& \ \text{воздействие}(b, F, t) \rightarrow \text{влево}(\text{сила}(b, F, t), K) \ \& \ \text{длина}(\text{сила}(b, F, t)) = \text{давление}(F, t)S(B))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "подпоршнем"

1. Воздействие газа на поршень.

$$\forall_{Tabc}(\text{подпоршнем}(a, b, c, T) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Отсутствует послылка вида "воздействие(x, y, z)", такая, что усматривается принадлежность момента z промежутку T . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabc}(t \in T \ \& \ \text{подпоршнем}(a, b, c, T) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию послылки "воздействие(d, e, t)". Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabc}(t \in T \ \& \ \text{подпоршнем}(a, b, c, T) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй и третий antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{BDKTabs}(\text{поршень}(a, b, T) \ \& \ s \in T \ \& \ \text{подпоршнем}(D, a, b, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{место}(b, T) = B \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(B) \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{газ}(d) \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(B), K) \ \& \ \text{Неподв}(a, s) \rightarrow \text{крд}(\text{сила}(a, D, s), K, 3) = \text{давление}(D, s)S(a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все antecedentes, кроме второго, восьмого и девятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

2. Объем газа в полужакрытом цилиндре под поршнем.

$$\forall_{BDKTabt}(\text{подпоршнем}(D, a, b, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ B = \text{место}(b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(B) \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(B), K) \ \& \ \text{прямоорд}(K) \rightarrow \text{Объем}(D, t) = S(a)(\text{высотаповерхн}(a, K, t) - \text{нижнийуровень}(B, K))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "Объем(D, t)". Все antecedentes, кроме четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "место(D, t) = d". Уровень срабатывания равен 3.

3. Размещение газа в полужакрытом цилиндре под поршнем.

$$\forall_{ABCTabct}(\text{подпоршнем}(c, a, b, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{место}(b, T) = B \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(B) \ \& \ \text{внутрчасть}(A \cup B) = C \rightarrow \text{место}(c, t) = C)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме второго, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

4. Давление газа под поршнем в вертикальном цилиндре.

$$\forall_{BFKTabt}(\text{подпоршнем}(c, a, b, T) \ \& \ \text{неподв}(b, T) \ \& \ \text{место}(b, T) = B \ \& \ \text{полузакрцилиндр}(B) \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(B), K) \ \& \ \text{Силы}(a, \{F, c, K\}, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{атмосфера}(F) \rightarrow \text{давление}(c, t) = \text{масса}(a)g/S(a) + 1 \cdot \text{атм})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "давление(c, t)". Все antecedentes, кроме пятого и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

1.13 Термодинамика

1.13.1 Логические символы, используемые решателем в термодинамике

Выражение "Теплэнергия(a, t)" обозначает тепловую энергию, приобретенную объектом a в течение промежутка времени t .

Выражение "внутрэнергия(a, t)" обозначает внутреннюю энергию тела a в момент t .

Выражение "полнэнергия(a, b, t)" обозначает полную энергию тела a в момент t относительно системы координат, связанной с объектом b .

Утверждение "сохрэнергии(a, t)" означает, что полная энергия объектов множества a в течение промежутка t остается неизменной.

Выражение "работагаза(a, t)" обозначает полную работу, совершенную газообразным телом a над внешними телами за промежуток времени t .

Утверждение "теплоизолир(a, t)" означает, что на протяжении промежутка времени t объект a передает тепловую энергию наружу и не получает ее извне.

Выражение "теплоемкость(a)" обозначает теплоемкость тела a .

Выражение "удельнтеплоемк(a)" обозначает удельную теплоемкость вещества a .

Выражение "теплоемкизобарн(a, b)" обозначает теплоемкость газообразного тела a при постоянном давлении b .

Утверждение "охлаждение(a, b, t)" означает, что объект b в течение временного промежутка t обеспечивает охлаждение объекта a , удерживая его температуру постоянной.

Утверждение "охлаждает(a, b, t)" означает, что в течение промежутка времени t объект a охлаждает объект b .

Утверждение "нагревает(a, b, t)" означает, что в течение периода времени t объект a нагревает объект b .

Утверждение "теплообмен(a, t)" означает, что на протяжении периода t имел место теплообмен между телами множества a . Предполагается, что в этот период система a была теплоизолированной.

Утверждение "констемпер(a, t)" означает, что на протяжении промежутка времени t температура тела a не изменяется.

Утверждение "испарение(a, t)" означает, что жидкое либо твердое тело a за промежуток времени t полностью испарилось.

Выражение "удельнпарообр(a)" обозначает удельную теплоту парообразования вещества a .

Выражение "темпериспарения(a)" обозначает температуру испарения вещества a .

Утверждение "конденсация(a, t)" означает, что тело a в течение промежутка времени t переходит из парообразного состояния в жидкое.

Утверждение "плавление(a, t)" означает, что твердое тело a в течение промежутка t полностью расплавилось.

Выражение "удельнплавл(a)" обозначает удельную теплоту плавления вещества a (в случае льда под веществом понимается вода).

Выражение "темперплавления(a)" обозначает температуру плавления вещества a .

Выражение "жидкаяфаза(a)" обозначает вещество, представляющее собой жидкую фазу вещества a .

Утверждение "замерзание(a, t)" означает, что в течение промежутка времени t жидкое тело a замерзло - было полностью переведено в твердое состояние.

Выражение "твердаяфаза(a)" обозначает вещество, представляющее собой твердую фазу вещества a .

Утверждение "горение(a, b)" означает, что химическая реакция a представляет собой горение объекта b .

Выражение "Теплсгорания(a)" обозначает теплоту сгорания единицы объема однородного газообразного тела a .

Утверждение "теплмашина(a, b, c, t)" означает, что на протяжении временного промежутка t функционирует идеальная тепловая машина с рабочим телом a , нагревателем b и холодильником c .

Утверждение "холодильнмашина(a, b, c, t)" означает, что на протяжении временного промежутка t функционирует идеальная холодильная машина с рабочим телом a , нагревателем b и холодильником c .

Выражение "работатеплмашины(a, t)" обозначает работу, выполненную за промежуток времени t рабочим телом a тепловой машины.

Выражение "работахолодмашины(a, t)" обозначает внешнюю энергию, поглощенную за промежуток времени t рабочим телом a холодильной машины.

Выражение "мощнхолодмашины(a, t)" обозначает мощность, потребляемую за промежуток времени t рабочим телом a холодильной машины.

Утверждение "циклкарно(a, b, c, t)" означает, что на протяжении временного промежутка t идеальная тепловая машина с рабочим телом a нагревателем b и холодильником c работает по циклу Карно. Если рассматривается холодильная машина, то утверждение указывает на обратный цикл Карно.

Выражение "относитвлажность(a, t)" обозначает относительную влажность смеси a (газообразного тела) воздуха и пара в момент t .

Выражение "насыщдавл(a, t)" обозначает давление насыщенных паров вещества a в воздухе при температуре t .

Выражение "насыщмасса(a, b, t)" обозначает массу насыщенного пара вещества a в объеме b при температуре (по Цельсию) t .

Утверждение "насыщпар(a, b, t)" означает, что a есть вещество насыщенных паров вещества b при температуре t .

Утверждение "полнсмачивание(a, b, t)" означает, что твердое тело a полностью смачивается жидкостью b (телом) на промежутке времени t .

Утверждение "полннесмачивание(a, b, t)" означает, что твердое тело a полностью не смачивается жидкостью b (телом) на промежутке времени t .

Выражение "поверхнатяж(a, t)" обозначает силу поверхностного натяжения, действующую на участок a границы поверхностного слоя (т.е. на материальную линию) в момент либо период t .

Выражение "коэффповнатяж(a, t)" обозначает коэффициент поверхностного натяжения жидкого вещества a при температуре t .

Утверждение "поверхнслой(a, b)" означает, что a есть поверхностный слой вещества b .

Утверждение "границаповерхн(a, b)" означает, что a есть граница поверхностного слоя b (материальная линия).

1.13.2 Примеры формулировки задач по термодинамике на языке решателя

Вычисление количества теплоты. КПД нагревателя

При трении друг о друга двух одинаковых тел их температура через одну минуту повысилась на 30 градусов. Какова средняя мощность, развиваемая в обоих телах при трении? Теплоемкость каждого тела 800Дж/кельв.

Посылки задачи:

"теплоемкость(a) = 800Дж/кельв"

"теплоемкость(b) = 800Дж/кельв"

" $T = [s, t]$ "

"длина(T) = 1мин"

"температура(a, s) = температура(b, s)"

"температура(a, t) = температура(b, t)"

"температура(a, t) = температура(a, s) + 30градус"

"непересек(a, b)"

"теплэнергия($a \cup b, T$) = Теплэнергия($a \cup b, T$)"

Условие задачи:

" $x =$ теплмощность($a \cup b, T$)"

Неизвестная задачи - x

Взаимные превращения механической и внутренней энергии

Молот массой 2000кг падает с высоты 1м на металлическую болванку массой 2кг. В результате удара температура болванки возрастает на 25 градусов. Считая, что на нагревание болванки идет 50 процентов всей выделившейся энергии, найдите удельную теплоемкость материала болванки.

Посылки задачи:

"бросок(a, T)"

" $T = [p, q]$ "

"поверхнземли(K)"

"Скорость(a, K, p) = вектор0"

"масса(a) = 2000кг"

"крд(Место(a, p), $K, 3$) - крд(Место(a, q), $K, 3$) = 1м"

"падение(a, b, S)"

" $S = [q, r]$ "

"масса(b) = 2кг"

"температура(b, r) - температура(b, q) = 25градус"

"вещество(b, d)"

"Теплэнергия(b, S)/теплэнергия(a, S) = 0.5"

"неподв(b, S)"

Условие задачи:

" $x = \text{удельнтепложемк}(d)$ "

Неизвестные задачи - x .

Уравнение теплового баланса

Ванну емкостью 85л необходимо заполнить водой, имеющей температуру 30 градусов, используя воду при 80 градусах и лед при температуре -20 градусов. Определите массу льда, который следует положить в ванну. Удельная теплота плавления льда 336 кДж/кг, удельная теплоемкость льда 2100 Дж/(кг·кельв), удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·кельв).

Посылки задачи:

" $T = [s, t]$ "

"теплообмен($\{a, b\}, T$)"

"вещество(a , вода)"

"температура(a, s) = 80градус"

"теквещество(b , лед, s)"

"температура(b, s) = -20градус"

"температура(a, t) = 30градус"

"температура(b, t) = 30градус"

"Объем(b, t) + объем(a) = 85л"

"удельнплавл(лед) = 336кДж/кг"

"удельнтепложемк(лед) = 2100Дж/(кг · кельв)"

"удельнтепложемк(вода) = 4200Дж/(кг · кельв)"

Условие задачи:

" $x = \text{масса}(b)$ "

Неизвестная задачи - x .

Работа идеального газа

Одинаковые массы водорода и кислорода изобарно нагревают на одинаковое число градусов. Во сколько раз работа, совершенная водородом, больше, чем кислородом ?

Посылки задачи:

"вещество(A, a)"

"химсостав(a, O_2)"

"вещество(B, b)"

"химсостав(b, H_2)"

"масса(A) = масса(B)"

"изобарный(A, T)"

"изобарный(B, T)"

" $T = [s, t]$ "

"температура(A, t) - температура(A, s) = m "

"температура(B, t) - температура(B, s) = m "

" $0 < m$ "

Условие задачи:

" $x = \text{работагаза}(B, T) / \text{работагаза}(A, T)$ "

Неизвестная задачи - x .

Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа

На нагревание идеального газа при постоянном давлении 100кПа израсходовано 700Дж теплоты. При этом объем газа возрос от 0.001 до 0.002 м³, а внутренняя энергия газа оказалась равной 800Дж. Чему была равна внутренняя энергия газа до нагревания?

Посылки задачи:

"вещество(A, a)"

"газ(a)"

" $T = [s, t]$ "

"изобарный(A, T)"

"давление(A, s) = 100кПа"

"Теплэнергия(A, T) = 700Дж"

"Объем(A, s) = 0.001м³"

"Объем(A, t) = 0.002м³"

"внутрэнергия(A, t) = 800Дж"

Условие задачи:

" $x = \text{внутрэнергия}(A, s)$ "

Неизвестная задачи - x

Идеальный одноатомный газ

Давление одного моля идеального газа увеличивается прямо пропорционально объему. Какое количество теплоты подвели к газу при увеличении его температуры на 20К ?

Посылки задачи:

"вещество(A, a)"

"газ(a)"

"одноатомный(a)"

" $T = [s, t]$ "

" $0 < k$ "

" $\forall x (x \in T \rightarrow \text{давление}(A, x) = k \cdot \text{Объем}(A, x))$ "

"количества(A, a) = 1 · моль"

"абстемпература(A, t) - абстемпература(A, s) = 20кельв"

Условие задачи:

" $x = \text{Теплэнергия}(A, T)$ "

Неизвестные задачи - x .

Циклы. Тепловые машины

Идеальный газ работает по циклу Карно. Абсолютная температура нагревателя 400К, холодильника 300К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если абсолютную температуру нагревателя повысить на 200К ?

Посылки задачи:

"теплмашина(a, b, c, T)"

"циклкарно(a, b, c, T)"

"абстемпература(b, T) = 400кельв"

"абстемпература(c, T) = 300кельв"

"теплмашина(a, b, c, S)"

"циклкарно(a, b, c, S)"

"абстемпература(b, S) = абстемпература(b, T) + 200кельв"

"абстемпература(c, S) = абстемпература(c, T)"

Условие задачи:

" $x = \text{кпд}(b, a, S) / \text{кпд}(b, a, T)$ "

Неизвестная задачи - x .

Свойства паров. Влажность

В сосуде объемом 10л находится влажный воздух с относительной влажностью 60 процентов под давлением 1атм. На сколько процентов возрастет давление, если в сосуд дополнительно ввести 10г воды и увеличить его объем в два раза? Температура в сосуде поддерживается равной 100градусов.

Посылки задачи:

" $C = \text{Смесь}(\{A, B\})$ "

"вещество($A, \text{воздух}$)"

"теквещество($B, \text{пар}, t$)"

"температура(C, t) = 100градус"

"относительная влажность(C, t) = 0.6"

"давление(C, t) = 1атм"

"Объем(C, t) = 10л"

" $D = E \cup F$ "

"непересек(E, F)"

"теквещество($D, \text{вода}, t$)"

"испарение(E, T)"

" $T = [t, s]$ "

"масса(D) = 10г"

" $P = \text{Смесь}(\{B \cup E, A\})$ "

"Объем(P, s) = 20л"

"температура(P, s) = 100градус"

"теквещество($B \cup E, \text{пар}, s$)"

Условие задачи:

" $x = (\text{давление}(P, s) - \text{давление}(C, t)) / \text{давление}(C, t)$ "

Неизвестная задачи - x .

1.13.3 Приемы решателя, связанные с термодинамикой**Приемы, связанные с символом "Теплэнергия"**

1. Связь тепловой энергии с теплоемкостью при отсутствии фазовых превращений.

$\forall_{Tast}(T = [s, t] \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{теплоемкость}(a)(\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(a, s)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Хотя бы один из символов "теплоемкость", "удельнотеплоемк" уже встречается в задаче. Отсутствуют послылки вида "плавление(a, T)", "замерзание(a, T)",

"испарение(a, T)", "конденсация(a, T)", "изобарный(a, T)", "теквещество(a, x, y)".
Выражение "работагаза(a, T)" не встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на том же уровне. Как и в первой версии, требуется отсутствие посылок вида "плавление(a, T)", "замерзание(a, T)", "испарение(a, T)", "конденсация(a, T)", "изобарный(a, T)" и подвыражения "работагаза(a, T)". Кроме того, здесь проверяются следующие требования:

- (a) Хотя бы одно извыражений "температура(a, s)", "абстемпература(a, s)", а также хотя бы одно из подвыражений "температура(a, t)", "абстемпература(a, t)" уже встречается в задаче.
- (b) Либо в задаче не встречаются посылки вида "теквещество(a, x, y)", либо имеются посылки вида "теквещество(a, d, t)", "вещество(a, d)".
- (c) Либо хотя бы один из символов "теплоемкость", "удельнтеплоемк" уже встречается в задаче, либо имеются посылки вида "вещество(x, d)", "вещество(y, d)", где выражения x, y различны. Последнее требование оправдывает рассмотрение удельной теплоемкости, общей для каждого из тел x, y .

$$\forall_{T \text{ abst}}(T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{удельнтеплоемк}(b) \text{масса}(a) (\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(a, s)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствуют посылки вида "плавление(a, T)", "замерзание(a, T)", "испарение(a, T)", "конденсация(a, T)", "изобарный(a, T)". Выражение "работагаза(a, T)" не встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{T \text{ abst}}(T = [s, t] \ \& \ \text{изобарный}(a, T) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{теплоемкизобарн}(a, \text{давление}(a, s)) (\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(a, s)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствуют посылки вида "плавление(a, T)", "замерзание(a, T)", "испарение(a, T)", "конденсация(a, T)". Выражение вида "теплоемкизобарн(a, x)" уже встречается в посылках. Либо в задаче не встречаются посылки вида "теквещество(a, x, y)", либо имеются посылки вида "теквещество(a, d, t)", "вещество(a, d)". Уровень срабатывания равен 3.

2. Тепловая энергия, поглощенная объединением тел.

$$\forall_{T \text{ abc}}(a = b \cup c \ \& \ \text{непересек}(b, c) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{Теплэнергия}(b, T) + \text{Теплэнергия}(c, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

3. Тепловая энергия, выделившаяся при соударении тел, идет на их нагревание.

$$\forall_{Tab}(\text{соударение}(\{a, b\}, T) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) + \text{теплэнергия}(b, T) = \text{Теплэнергия}(a, T) + \text{Теплэнергия}(b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение "теплэнергия(b, T)", а также хотя бы одно из выражений вида "температура(a, t)", "температура(b, t)" уже встречаются в задаче. Отсутствуют посылки "внештело(a)", "внештело(b)". Уровень срабатывания равен 3.

4. Тепловая энергия, приобретенная телом на последовательных промежутках.

$$\forall_{ATUstu}(T = [s, t] \ \& \ U = [t, u] \rightarrow \text{Теплэнергия}(A, [s, u]) = \text{Теплэнергия}(A, T) + \text{Теплэнергия}(A, U))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 2.

5. Распределение тепловой энергии между частями тела.

$$\forall_{Tab}(\text{непересек}(a, b) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a \cup b, T) = \text{Теплэнергия}(a, T) + \text{Теплэнергия}(b, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

6. Поглощенная тепловая энергия на объединении временных промежутков.

$$\forall_{ASTabc}(S = [a, b] \ \& \ \text{Предшеств}(b, c) \rightarrow \text{Теплэнергия}(A, [a, c]) = \text{Теплэнергия}(A, S) + \text{Теплэнергия}(A, [b, c]))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражения b, c различны. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ASTabc}(T = [a, b] \ \& \ S = [b, c] \rightarrow \text{Теплэнергия}(A, S \cup T) = \text{Теплэнергия}(A, S) + \text{Теплэнергия}(A, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

7. Одноатомный газ.

$$\forall_{ATast}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \text{одноатомный}(a) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{Теплэнергия}(A, T) = 3/2 \cdot \text{количества}(A, a) \cdot \text{газконст} \cdot (\text{абстемпература}(A, t) - \text{абстемпература}(A, s)) + \text{работагаза}(A, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работагаза(A, T)" в посылке задачи на исследование. Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками, второй и третий - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "Теплэнергия(A, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{ATast} (вещество(A, a) & газ(a) & одноатомный(a) & изобарный(A, T) & $T = [s, t] \rightarrow$ Теплэнергия(A, T) = $5/2 \cdot$ количества(A, a) \cdot газконст \cdot (абстемпература(A, t) – абстемпература(A, s)))

\forall_{ATast} (вещество(A, a) & газ(a) & одноатомный(a) & изохорный(A, T) & $T = [s, t] \rightarrow$ Теплэнергия(A, T) = $5/2 \cdot$ количества(A, a) \cdot газконст \cdot (абстемпература(A, t) – абстемпература(A, s)))

Аналогично предыдущему.

8. Выражение тепловой энергии из линейного уравнения.

$\forall_{Tabcd}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{Теплэнергия}(c, T) + b = d \leftrightarrow \text{Теплэнергия}(c, T) = (d - b)/a)$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения a, b, d не содержат невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, в которой лишь требуется, чтобы выражения a, b, d не содержали символов "Теплэнергия", "теплэнергия", "мехэнергия", "кинетичэнергия", "работасилы". Ее уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{Tabcde}(a \cdot \text{Теплэнергия}(c, T) + b \cdot \text{Теплэнергия}(c, T)/e = d \leftrightarrow (ae + b)\text{Теплэнергия}(c, T) = de)$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражения a, b, d не содержат символов "Теплэнергия", "теплэнергия", "мехэнергия", "кинетичэнергия", "работасилы". Уровень срабатывания приема равен 3.

9. Нормализатор общей стандартизации "нормТеплэнергия".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее явное выражение для тепловой энергии.

Приемы, связанные с символом "охлаждение"

Имеется единственный прием, относящийся к тепловой энергии, переданной системе охлаждения:

\forall_{Tabst} (охлаждение(a, b, T) & $T = [s, t] \rightarrow$ теплэнергия(a, T) = теплоемкость(b)(абстемпература(b, t) – абстемпература(b, s)))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплэнергия(a, T)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "охлаждает"

Аналогично предыдущему, имеется единственный прием:

\forall_{Tabc} (охлаждает(a, b, T) & $T = [s, t]$ & вещество(b, c) \rightarrow полезномощность(a, b, T)длина(T) = удельнтеплоемк(c)масса(b)(абстемпература(b, s) – абстемпература(b, t)))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "полезномощность(a, b, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "теплоемкость"

Созданы приемы, выражающие теплоемкость через удельную теплоемкость:

$$\forall_{ab}(\text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{теплоемкость}(a) = \text{удельн\textit{теплоемк}}(b)\text{масса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплоемкость(a)" в посылке задачи на исследование. Выражение "удельн\textit{теплоемк}}(b)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, в которой не требуется упоминания об удельной теплоемкости, но зато в задаче встречается выражение "объем(a)" либо "масса(a)". Уровень срабатывания этой версии равен 3.

Приемы, связанные с символом "удельн\textit{теплоемк}}"

Создан нормализатор общей стандартизации "нормудельн\textit{теплоемк}}", имеющий единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее явное выражение для удельной теплоемкости.

Приемы, связанные с символом "горение"

Строго говоря, понятие "горение" относится к химии, где оно характеризует тип химических реакций. Однако, два простейших приема, связанных с этим понятием, были отнесены к разделу "термодинамика":

1. Определение тепловой энергии по удельной теплоте сгорания.

$$\forall_{Tabr}(\text{горение}(r, a) \ \& \ T = \text{Период}(r) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{тепл\textit{энергия}}(a, T) = \text{удельн\textit{теплсгорания}}(b)\text{масса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "удельн\textit{теплсгорания}}(b)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "тепл\textit{энергия}}(a, T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

2. Потребляемая мощность горелки.

$$\forall_{Tacr}(\text{горение}(r, a) \ \& \ \text{Внутри}(r, c, T) \ \& \ T = \text{Период}(r) \rightarrow \text{полн\textit{мощность}}(c, T) = \text{тепл\textit{эффект}}(r)/\text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полн\textit{мощность}}(c, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "конденсация"

1. Энергия конденсации.

$$\forall_{Tab}(\text{конденсация}(a, T) \ \& \ \text{констемпер}(a, T) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \rightarrow \\ \text{Теплэнергия}(a, T) = -\text{масса}(a)\text{удельнпарообр}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{T_{abst}}(\text{конденсация}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \ \& \\ \text{температура}(a, s) = \text{темпериспарения}(\text{жидкаяфаза}(b)) \rightarrow \\ \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{удельнтепложемк}(\text{жидкаяфаза}(b))\text{масса}(a) \cdot \\ (\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(a, s)) - \\ \text{масса}(a)\text{удельнпарообр}(\text{жидкаяфаза}(b)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Ta}(\text{конденсация}(a, T) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = -\text{теплэнергия}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{T_{abpst}}(\text{конденсация}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \ \& \\ 0 < \text{темпериспарения}(\text{жидкаяфаза}(b)) - \text{температура}(a, t) \ \& \\ \text{температура}(a, s) = \text{темпериспарения}(\text{жидкаяфаза}(b)) \ \& \\ p = \text{темпериспарения}(\text{жидкаяфаза}(b))\text{кельв}/\text{градус} + 273.15\text{кельв} \rightarrow \\ \text{Теплэнергия}(a, T) = -\text{удельнпарообр}(\text{жидкаяфаза}(b))\text{масса}(a) - \\ \text{удельнтепложемк}(\text{жидкаяфаза}(b))\text{масса}(a)(p - \text{абстемпература}(a, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение конденсации тела на заданном временном промежутке.

$$\forall_{T_{abcst}}(T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{теквещество}(a, c, t) \ \& \\ c = \text{жидкаяфаза}(b) \rightarrow \text{конденсация}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, второй и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент

обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tabpst}(\text{теквещество}(a, p, s) \ \& \ \text{темпериспарения}(\text{жидкаяфаза}(p)) = b \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{газ}(p) \ \& \ 0 < b - \text{температура}(a, t) \rightarrow \text{конденсация}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй антецедент выделен указателем "идентификатор", четвертый и пятый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

3. Изменение вещества при конденсации.

$$\forall_{Tabst}(\text{конденсация}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \rightarrow \text{теквещество}(a, \text{жидкаяфаза}(b), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

4. Определение парциального давления при частичной конденсации.

$$\forall_{ABCDEHTst}(C = \text{Смесь}(\{A; B\}) \ \& \ D = \text{Смесь}(\{E; B\}) \ \& \ A = E \cup H \ \& \ \text{непересек}(E, H) \ \& \ \text{конденсация}(H, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{теквещество}(A, \text{пар}, t) \rightarrow \text{парцдавление}(E, D, s) = \min(\text{насыщдавл}(\text{вода}, \text{температура}(D, s)), \text{парцдавление}(A, C, t) \cdot \text{Объем}(C, t) \cdot \text{абстемпература}(D, s) / (\text{Объем}(D, s) \cdot \text{абстемпература}(C, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "парцдавление(E, D, s)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "испарение"

1. Энергия испарения.

$$\forall_{Tab}(\text{испарение}(a, T) \ \& \ \text{констемпер}(a, T) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{масса}(a) \cdot \text{удельнпарообр}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabst}(\text{испарение}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \ \& \ \text{температура}(a, t) = \text{темпериспарения}(b) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{удельнтеплож}(b) \cdot \text{масса}(a) \cdot (\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(a, s)) + \text{масса}(a) \cdot \text{удельнпарообр}(b))$$

$$\forall_{Tabst}(\text{испарение}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{температура}(a, t) = \text{темпериспарения}(b) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{удельнтеплож}(b) \cdot \text{масса}(a) \cdot (\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(a, s)) + \text{масса}(a) \cdot \text{удельнпарообр}(b))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в послылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с послылками, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

2. Определение парциального давления после частичного испарения.

$$\forall_{ABCDGHQTst} (C = \text{Смесь}(\{A; B\}) \ \& \ D = \text{Смесь}(\{A \cup H; B\}) \ \& \ G = H \cup Q \ \& \ \text{испарение}(H, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{теквещество}(G, \text{вода}, t) \ \& \ \text{теквещество}(A, \text{пар}, t) \rightarrow \text{парцдавление}(A \cup H, D, s) = \min(\text{насыщдавл}(\text{вода}, \text{температура}(D, s)), \text{парцдавление}(A, C, t)) \cdot \text{Объем}(C, t) \cdot \text{абстемпература}(D, s) / (\text{Объем}(D, s) \cdot \text{абстемпература}(C, t)) + \text{газконст} \cdot \text{количества}(G, \text{вода}) \cdot \text{абстемпература}(D, s) / \text{Объем}(D, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "парцдавление($A \cup H, D, s$)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "темпериспарения"

Создан нормализатор "нормтемпериспарения". Он имеет всего два приема. Первый из них использует равенство в послылках, дающее явное выражение для температуры испарения. Второй указывает температуру испарения воды: "темпериспарения(вода) = 100градус".

Приемы, связанные с символом "удельнпарообр"

Создан нормализатор "нормудельнпарообр". Он имеет единственный прием, использующий равенство в послылках, дающее явное выражение для удельной теплоты парообразования.

Приемы, связанные с символом "плавление"

1. Энергия плавления.

$$\forall_{T_{abst}} (\text{плавление}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \ \& \ \text{температура}(a, s) = \text{темперплавления}(b) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{удельнтепложемк}(\text{жидкаяфаза}(b)) \cdot \text{масса}(a) \cdot (\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(a, s)) + \text{масса}(a) \cdot \text{удельнплавл}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в послылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с послылками, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{T_{bc}} (\text{плавление}(b, T) \ \& \ \text{констемпер}(b, T) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{Теплэнергия}(b, T) = \text{масса}(b) \cdot \text{удельнплавл}(c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(b, T)" в

посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{T_{abst}}(\text{плавление}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \ \& \\ & 0 < \text{темперплавления}(b) - \text{температура}(a, s) \ \& \\ & 0 < \text{температура}(a, t) - \text{темперплавления}(b) \ \& \\ & p = \text{темперплавления}(b) \text{кельв/градус} + 273.15 \text{кельв} \rightarrow \\ & \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{удельнплавл}(b) \text{масса}(a) + \\ & \text{удельнтепложемк}(b) \text{масса}(a) (p - \text{абстемпература}(a, s)) + \\ & \text{удельнтепложемк}(\text{жидкаяфаза}(b)) \text{масса}(a) (\text{абстемпература}(a, t) - p)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый и пятый - обрабатываются проверочными операторами. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{T_{abpst}}(\text{плавление}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \ \& \\ & 0 < \text{темперплавления}(b) - \text{температура}(a, s) \ \& \\ & \text{температура}(a, t) = \text{темперплавления}(b) \ \& \\ & p = \text{темперплавления}(b) \text{кельв/градус} + 273.15 \text{кельв} \rightarrow \\ & \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{удельнплавл}(b) \text{масса}(a) + \\ & \text{удельнтепложемк}(b) \text{масса}(a) (p - \text{абстемпература}(a, s))) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{T_{abpst}}(\text{плавление}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{вещество}(a, b) \ \& \\ & \text{температура}(a, t) = \text{темперплавления}(b) \ \& \\ & p = \text{темперплавления}(b) \text{кельв/градус} + 273.15 \text{кельв} \rightarrow \\ & \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{удельнплавл}(b) \text{масса}(a) + \\ & \text{удельнтепложемк}(b) \text{масса}(a) (p - \text{абстемпература}(a, s))) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый и пятый выделены указателем "идентификатор". Выражения "температура(a, s)" и "температура(a, t)", после обработки их нормализатором "нормтемпература", различны. Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение плавления тела на заданном временном промежутке.

$$\forall_{T_{abcst}}(T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \ \& \ \text{твердый}(b) \ \& \ \text{теквещество}(a, c, t) \ \& \\ c = \text{жидкаяфаза}(b) \rightarrow \text{плавление}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, второй и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент

обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{T_{abpst}}(\text{теквещество}(a, p, s) \ \& \ \text{темперплавления}(p) = b \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{твердый}(p) \ \& \ 0 < \text{температура}(a, t) - b \rightarrow \text{плавление}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Второй антецедент выделен указателем "идентификатор", четвертый и пятый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

3. Изменение вещества при плавлении.

$$\forall_{T_{abst}}(\text{плавление}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{теквещество}(a, b, s) \rightarrow \text{теквещество}(a, \text{жидкаяфаза}(b), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "удельнплавл"

Создан нормализатор "нормудельнплавл". Он имеет единственный прием, использующий равенство в посылках, дающее явное выражение для удельной теплоты плавления.

Приемы, связанные с символом "темпперплавления"

Создан нормализатор "нормтемперплавления". Он имеет всего два приема. Первый из них использует равенство в посылках, дающее явное выражение для температуры плавления. Второй указывает температуру плавления льда: "темперплавления(лед) = 0".

Приемы, связанные с символом "замерзание"

Созданы приемы, относящиеся к энергии замерзания:

$$\forall_{Tbc}(\text{замерзание}(b, T) \ \& \ \text{констемпер}(b, T) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{Теплэнергия}(b, T) = -\text{удельнплавл}(\text{твердаяфаза}(c))\text{масса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(b, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tbc}(\text{замерзание}(b, T) \ \& \ \text{констемпер}(b, T) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{теплэнергия}(b, T) = \text{удельнплавл}(\text{твердаяфаза}(c))\text{масса}(b))$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к выражению "теплэнергия(b, T)".

$$\forall_{Tabc}(\text{замерзание}(b, T) \ \& \ \text{констемпер}(b, T) \ \& \ \text{охлаждает} \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{полезномощность}(a, b, T)\text{длина}(T) = \text{удельнплавл}(c)\text{масса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "полезномощность(a, b, T)" уже встречается в задаче.

Приемы, связанные с символом "теплообмен"

1. Уравнение теплового баланса.

$$\forall_{Tan}(\text{теплообмен}(\{; a\}, T) \& l(a) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{Теплэнергия}(a(i), T) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследоване, причем заголовком выражения a служит символ "набор". Второй антецедент выделен указателем "программа". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2.

2. Итоговая температура одного из тел, участвующих в теплообмене, не меньше наименьшей и не больше наибольшей из исходных температур этих тел.

$$\forall_{Tabcdenpst}(\text{теплообмен}(\{a; b\}, T) \& l(b) = n \& T = [s, t] \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{температура}(b(i), s) = c(i)) \& \text{температура}(a, s) = d \& \text{температура}(a, t) = e \& p = \sup\{d; c\} \rightarrow e \leq p)$$

$$\forall_{Tabcdenpst}(\text{теплообмен}(\{a; b\}, T) \& l(b) = n \& T = [s, t] \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{температура}(b(i), s) = c(i)) \& \text{температура}(a, s) = d \& \text{температура}(a, t) = e \& p = \inf\{d; c\} \rightarrow p \leq e)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, шестого и седьмого, выделенных указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Квантор общности идентифицируется с группой посылок. Переменные b, c функциональные. В посылках имеется неравенство, содержащее подвыражение e . Уровень срабатывания равен 2.

3. Раздельное рассмотрение теплообмена для частей тела.

$$\forall_{Tabc}(\text{теплообмен}(\{a \cup b; c\}, T) \leftrightarrow \text{теплообмен}(\{a, b; c\}, T))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

4. Усмотрение частичной конденсации.

$$\forall_{Tabcdefnpst}(\text{теплообмен}(\{a; b\}, T) \& T = [s, t] \& l(b) = n \& \text{теквещество}(a, p, s) \& \text{газ}(p) \& \text{температура}(a, s) = c \& \text{темпериспарения}(\text{жидкаяфаза}(p)) = c \& \text{температура}(a, t) = c \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{температура}(b(i), s) = d(i)) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow d(i) \leq c) \rightarrow a = e \cup f \& \text{непересек}(e, f) \& \text{конденсация}(e, T) \& \text{теквещество}(f, p, t) \& \text{теквещество}(e, \text{жидкаяфаза}(p), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Третий, седьмой и восьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор". Пятый и десятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом девятый антецедент идентифицируется с группой посылок. Отсутствуют посылки вида "конденсация(a, T)", "теквещество(a, p, t)", "теквещество($a, \text{жидкаяфаза}(p), t$)", где вместо "жидкаяфаза(p)" может находиться фактическое ее название. Переменные b, d функциональные. Прием вводит новые переменные e, f . Уровень срабатывания приема равен 2.

5. Усмотрение частичного плавления.

$$\forall_{Tabcdefnpst}(\text{теплообмен}(\{a; b\}, T) \& T = [s, t] \& l(b) = n \& \text{теквещество}(a, p, s) \& \text{твердый}(p) \& \text{температура}(a, s) = c \& \text{темперплавления}(p) = c \&$$

температура(a, t) = c & $\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow$ температура($b(i), s$) = $d(i)$) &
 $\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow c \leq d(i)) \rightarrow a = e \cup f$ & непересек(e, f) & плавление(e, T) &
 теквещество(f, p, t) & теквещество($e, \text{жидкаяфаза}(p), t$)

Аналогично предыдущему, но отсутствуют посылки вида "плавление(a, T)" и "теквещество(a, p, t)".

6. Разбор случаев для установившейся при теплообмене температуры: сравнение с температурой плавления одного из веществ.

$\forall_{Tabcdhqrst}$ (теплообмен($\{a, h; b\}, T$) & $T = [s, t]$ & теквещество(a, c, s) &
 твердый(c) & температура(a, t) = q & темперплавления(c) = r &
 температура(h, s) = d & $0 < d - r \rightarrow 0 \leq r - q \vee r - q < 0$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задаи на исследование Четвертый и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами, пятый и шестой - выделены указателем "идентификатор". Выражение q содержит неизвестные. Не усматривается ни одна из альтернатив выводимой дизъюнкции. Эта дизъюнкция сопровождается комментарием "разборслучаев". Уровень срабатывания равен 2.

7. Разбор случаев для установившейся при теплообмене температуры: сравнение с температурой испарения одного из веществ.

$\forall_{Tabcdhqrst}$ (теплообмен($\{a, h; b\}, T$) & $T = [s, t]$ & теквещество(a, c, s) &
 газ(c) & температура(a, t) = q & темпериспарения(жидкаяфаза(c)) = r &
 температура(h, s) = d & $0 < r - d \rightarrow 0 < r - q \vee r - q \leq 0$)

Аналогично предыдущему. Дополнительно проверяется отсутствие посылки "конденсация(a, T)".

Приемы, связанные с символом "нагревает"

Создан единственный прием, относящийся к полезной мощности нагревателя:

\forall_{Tcd} (нагревает(c, d, T) \rightarrow полезномощность(c, d, T) = Теплоэнергия(d, T)/длина(T))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "полезномощность(c, d, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Существует посылка, содержащая одновременно выражения вида "полезномощность(c, d, T)" и "теплмощность(c, x)". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "жидкаяфаза"

Создан нормализатор общей стандартизации "нормжидкаяфаза":

1. Лед
жидкаяфаза(лед) = вода
2. Пар
жидкаяфаза(пар) = вода

3. Остаточное сохранение типа вещества

На втором уровне срабатывает прием, отбрасывающий символ "жидкаяфаза":

$$\forall_a(\text{жидкаяфаза}(a) = a)$$

Приемы, связанные с символом "твердаяфаза"

Создан нормализатор общей стандартизации "нормтвердаяфаза". Он имеет всего два приема: "твердаяфаза(вода) = лед", а также прием, срабатывающий на уровне 2 и отбрасывающий символ "твердаяфаза".

Приемы, связанные с символом "работагаза"

1. Работа газа при изобарном процессе.

$$\forall_{Tabcst}(\text{изобарный}(a, T) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{количества}(a, b) = c \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{работагаза}(a, T) = \text{газконст} \cdot (\text{абстемпература}(a, t) - \text{абстемпература}(a, s)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение c не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tast}(\text{изобарный}(a, T) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{работагаза}(a, T) = \text{давление}(a, s)(\text{Объем}(a, t) - \text{Объем}(a, s)))$$

Аналогично предыдущему, но отсутствует посылка вида "количества(a, c) = d ", где d не содержит неизвестных.

2. Работа газа при изохорном процессе.

$$\forall_{Ta}(\text{изохорный}(a, T) \rightarrow \text{работагаза}(a, T) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

3. Работа газа при изотермическом процессе.

$$\forall_{ATast}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \text{изотермический}(A, T) \rightarrow \text{работагаза}(A, T) = \text{Теплэнергия}(A, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работагаза(A, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

4. Работа газа при заданной зависимости давления от объема.

$$\forall_{ATafstx}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \forall_x(x \in T \rightarrow \text{давление}(A, x) = f(\text{Объем}(A, x))) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ 0 \leq \text{Объем}(A, t) - \text{Объем}(A, s) \rightarrow \text{работагаза}(A, T) = \int_{\text{Объем}(A, s)}^{\text{Объем}(A, t)} f(x)dx)$$

$$\forall_{ATafstx}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \forall_x(x \in T \rightarrow \text{давление}(A, x) = f(\text{Объем}(A, x))) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ 0 \leq \text{Объем}(A, s) - \text{Объем}(A, t) \rightarrow \text{работагаза}(A, T) = \int_{\text{Объем}(A, t)}^{\text{Объем}(A, s)} f(x)dx)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная f функциональная. При идентификации выражения $f(\text{Объем}(A, x))$ используется указатель "новаргумент($f, x, \text{фикс}$)". Уровень срабатывания равен 3.

5. Работа газа на объединении временных промежутков.

$$\forall_{ASTabc}(S = [a, b] \ \& \ T = [b, c] \rightarrow \text{работагаза}(A, [a, c]) = \text{работагаза}(A, S) + \text{работагаза}(A, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работагаза($A, [a, c]$)" в посылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ASTabc}(S = [a, b] \ \& \ \text{Предшеств}(b, c) \rightarrow \text{работагаза}(A, [a, c]) = \text{работагаза}(A, S) + \text{работагаза}(A, [b, c]))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражения b, c различны. Уровень срабатывания равен 3.

6. Первый закон термодинамики.

$$\forall_{ATast}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{Теплэнергия}(A, T) = \text{работагаза}(A, T) + \text{внутрэнергия}(A, t) - \text{внутрэнергия}(A, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "внутрэнергия(A, t)" в посылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с посылками. Выражение "внутрэнергия(A, s)" тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 4. В ней не требуется, чтобы в задаче встречалось выражение "внутрэнергия(A, s)", но зато требуется, чтобы либо имелась посылка "изобарный(A, T)", либо в посылках встречалось выражение "работагаза(A, T)".

Приемы, связанные с символом "внутрэнергия"

1. Изменение внутренней энергии газа при изохорном процессе.

$$\forall_{ATast}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{изохорный}(A, T) \rightarrow \text{внутрэнергия}(A, t) = \text{внутрэнергия}(A, s) + \text{Теплэнергия}(A, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "внутрэнергия(A, t)" в посылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 5. Она отличается лишь тем, что указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "Теплэнергия(A, T)".

2. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа.

$$\forall_{Aat}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \text{одноатомный}(a) \rightarrow \text{внутрэнергия}(A, t) = 3/2 \cdot \text{газконст} \cdot \text{количества}(A, a) \text{абстемпература}(A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "внутрэнергия(A, t)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, два других обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

3. Равенство внутренних энергий газа при одинаковых температурах.

$$\forall_{abst}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{абстемпература}(a, s) = \text{абстемпература}(a, t) \rightarrow \text{внутрэнергия}(a, s) = \text{внутрэнергия}(a, t))$$

$$\forall_{abst}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{температура}(a, s) = \text{температура}(a, t) \rightarrow \text{внутрэнергия}(a, s) = \text{внутрэнергия}(a, t))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "внутрэнергия(a, s)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем третий из них выделен указателем "равно". Уровень срабатывания равен 3.

4. Явное выражение внутренней энергии из линейного соотношения.

$$\forall_{abcdt}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{внутрэнергия}(b, t) + c = d \leftrightarrow \text{внутрэнергия}(b, t) = (d - c)/a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражения a, d не содержат неизвестных. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 3.

5. Нормализатор общей стандартизации "нормвнутрэнергия".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее явное выражение для внутренней энергии.

Приемы, связанные с символом "полнэнергия"

1. Выражение полной энергии через механическую и внутреннюю энергии.

$$\forall_{Kat}(\text{полнэнергия}(a, K, t) = \text{мехэнергия}(a, K, t) + \text{внутрэнергия}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

2. Сохранение энергии группы тел на временном промежутке.

$$\forall_{KTanst}(T = [s, t] \ \& \ \text{сохрэнергии}(\{a\}, T) \ \& \ l(a) = n \ \& \ \text{поверхземли}(K) \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{полнэнергия}(a(i), K, s) = \sum_{i=1}^n \text{полнэнергия}(a(i), K, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение a имеет заголовок "набор". Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "теплмашина"

1. Коэффициент полезного действия тепловой машины.

$$\forall_{Tabc}(\text{теплмашина}(a, b, c, T) \ \& \ \text{циклкарно}(a, b, c, T) \rightarrow \text{кпд}(b, a, T) = 1 - \text{абстемпература}(c, T) / \text{абстемпература}(b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Либо выражение "работатеплмашины(a, T)", либо выражение "абстемпература(c, T)" уже встречаются в задаче. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на том же уровне. Указатель "контрольвывода" инициирует попытку ее применения при усмотрении подвыражения "кпд(b, a, T)". Наличие подвыражений "работатеплмашины", "абстемпература" здесь не требуется.

2. Работа тепловой машины.

$$\forall_{Tabc}(\text{теплмашина}(a, b, c, T) \rightarrow \text{Теплэнергия}(a, T) = \text{Теплэнергия}(c, T) + \text{работатеплмашины}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Теплэнергия(c, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Tabc}(\text{теплмашина}(a, b, c, T) \rightarrow \text{работатеплмашины}(a, T) = \text{кпд}(b, a, T) \text{Теплэнергия}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

3. Отношение длительностей равно отношению величин тепловой энергии, отданной нагревателем.

$$\forall_{STabc}(\text{теплмашина}(a, b, c, T) \ \& \ S \subseteq T \rightarrow \text{длина}(T) / \text{длина}(S) = \text{Теплэнергия}(a, T) / \text{Теплэнергия}(a, S))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения "Теплэнергия(a, S)", "Теплэнергия(a, T)", "длина(S)", "длина(T)" уже встречаются в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "холодильнмашина"

Создан единственный прием, относящийся к энергии, поглощенной холодильной машиной:

$$\forall_{Tabc}(\text{холодильнмашина}(a, b, c, T) \ \& \ \text{циклкарно}(a, b, c, T) \rightarrow \text{работахолодмашины}(a, T) \text{абстемпература}(c, T) = \text{теплэнергия}(c, T) (\text{абстемпература}(b, T) - \text{абстемпература}(c, T)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "работахолодмашины"

Создан единственный прием:

$$\forall_{Ta}(\text{работахолодмашины}(a, T) = \text{длина}(T)\text{мощнхолодмашины}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "мощнхолодмашины(a, T)" в послылке задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "относительная влажность"

1. Выражение относительной влажности через массу и массу насыщенного пара.

$$\forall_{ABt}(\text{извлечение}(A, \text{вода}, B) \rightarrow \text{относительная влажность}(A, t) = \text{масса}(B) / (\text{насыщмасса}(\text{вода}, \text{Объем}(A, t), \text{температура}(A, t))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "относительная влажность(A, t)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABct}(A = \text{Смесь}(\{B, C\}) \& \text{вещество}(B, \text{пар}) \& \text{вещество}(C, \text{воздух}) \rightarrow \text{относительная влажность}(A, t) = \text{масса}(B) / (\text{насыщмасса}(\text{вода}, \text{Объем}(A, t), \text{температура}(A, t))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "относительная влажность(A, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

2. Определение парциального давления пара при заданных температуре и влажности.

$$\forall_{ABCabt}(C = \text{Смесь}(\{A, B\}) \& \text{теквещество}(B, \text{пар}, t) \& \text{относительная влажность}(C, t) = a \& \text{температура}(C, t) = b \rightarrow \text{парцдавление}(B, C, t) = a \cdot \text{насыщдавл}(\text{вода}, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Выражение "давление(C, t)" уже встречается в послылках. Выражение b не содержит неизвестных; выражение a либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "внешнеизв". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "насыщмасса"

Создан единственный прием, выражающий массу насыщенного пара через объем и температуру:

$$\forall_{atv}(\text{насыщмасса}(a, v, t) = \text{насыщдавл}(a, t) \cdot v \cdot \text{молярнмасса}(a) / (\text{газконст} \cdot (t\text{кельв} / \text{градус} + 273.15\text{кельв})))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "насыщпар"

Создан единственный прием про плотность насыщенных паров:

$$\forall_{abtv}(\text{насыщпар}(a, b, t) \rightarrow \text{плотность}(a) = \text{насыщдавл}(b, t) \cdot \text{молярнмасса}(b) / (\text{газконст} \cdot (\text{ткельв} / \text{градус} + 273.15 \text{кельв})))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение "плотность(a)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "насыщдавл"

1. Определение давления насыщенного пара из линейного уравнения.

$$\forall_{abcdt}(\neg(b = 0) \rightarrow a = b \cdot \text{насыщдавл}(c, t) = d \leftrightarrow \text{насыщдавл}(c, t) = (d - a) / b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражения a, b, d не содержат невырожденных числовых атомов. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

2. Нормализатор общей стандартизации "нормнасыщдавл".

Нормализатор имеет всего два приема. Первый использует равенство в посылках, дающее явное выражение для давления насыщенного пара, второй имеет теорему "насыщдавл(вода, 100градус) = атм".

Приемы, связанные с символом "коэффповнатяж"

1. Сила поверхностного натяжения.

$$\forall_{abst}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{температура}(a, t) = s \rightarrow \text{длина}(\text{поверхнатяж}(a, t)) = \text{длина}(a) \cdot \text{коэффповнатяж}(b, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "поверхнатяж(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

2. Высота поднятия жидкости в капиллярной трубке.

$$\forall_{ABCKabcpt}(\text{капиллярнтрубка}(a) \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = b \ \& \ \text{вещество}(b, p) \ \& \ \text{жидкость}(p) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(A), K) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{частичнпогруж}(a, c, t) \ \& \ \text{вещество}(c, p) \ \& \ \text{полннесмачивание}(a, b, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \ \& \ C = \text{место}(c, t) \rightarrow \text{верхнийуровень}(C, K) - \text{верхнийуровень}(B, K) = 2 \cdot \text{коэффповнатяж}(p, \text{температура}(b, t)) / (\text{плотность}(p) \cdot g \cdot \text{радиус}(A)))$$

$$\forall_{ABCKabcpt}(\text{капиллярнтрубка}(a) \ \& \ \text{Содержимое}(a, t) = b \ \& \ \text{вещество}(b, p) \ \& \ \text{жидкость}(p) \ \& \ A = \text{место}(a, t) \ \& \ \text{вверх}(\text{Напрвект}(A), K) \ \& \ \text{поверхнземли}(K) \ \& \ \text{Неподв}(b, t) \ \& \ \text{частичнпогруж}(a, c, t) \ \& \ \text{вещество}(c, p) \ \& \ \text{полнсмачивание}(a, b, t) \ \& \ \text{Неподв}(c, t) \ \& \ B = \text{место}(b, t) \ \& \ C = \text{место}(c, t) \rightarrow \text{верхнийуровень}(B, K) - \text{верхнийуровень}(C, K) = 2 \cdot \text{коэффповнатяж}(p, \text{температура}(b, t)) / (\text{плотность}(p) \cdot g \cdot \text{радиус}(A)))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, шестого, восьмого и двенадцатого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

3. Работа внешних сил по преодолению поверхностного натяжения.

$\forall_{Tabcpsst}(\text{поверхнслои}(a, b) \ \& \ \text{границаповерхн}(c, a) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{температура}(a, T) = p \rightarrow \text{работасил}(c, T) = \text{коэффповнатяж}(b, p)(S(\text{место}(a, t)) - S(\text{место}(a, s))))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасил(c, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

4. Нормализатор общей стандартизации "нормкоэффповнатяж".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство в посылках, определяющее величину коэффициента поверхностного натяжения.

1.14 Электростатика

1.14.1 Логические символы, используемые решателем в электростатике

Выражение "элзаряд(a)" обозначает величину электрического заряда объекта a . Используется, если этот заряд не изменяется в контексте задачи (например, заряд электрона).

Выражение "Элзаряд(a, t)" обозначает электрический заряд объекта a в момент либо период времени t .

Выражение "удельнзаряд(a, t)" обозначает удельный заряд тела a в момент либо промежуток времени t .

Выражение "плотнзаряда(a, t)" обозначает плотность поверхностного заряда тела a в момент либо период t .

Утверждение "элполе(a)" означает, что a есть электрическое поле.

Выражение "Элполе(a)" обозначает электрическое поле, индуцированное объектами множества a .

Утверждение "внешполе(a, b)" означает, что b есть объект, электрическое поле которого воздействует на объект a .

Утверждение "элстатполе(a, t)" означает, что электрическое поле a на протяжении временного промежутка t не изменяется.

Выражение "элсила(a, b, t)" обозначает вектор силы электрического воздействия тела либо поля b на тело a в момент либо промежуток времени t .

Выражение "напряженность(a, b, t)" обозначает вектор напряженности электрического поля a в точке либо области b в момент либо промежуток времени t .

Выражение "Напряженность(a, t)" обозначает суммарный вектор напряженности электрических полей в точке либо области a в момент либо период времени t .

Выражение "элпотенциал(a, b, t)" обозначает потенциал электрического поля a в точке b в момент либо промежутки времени t .

Выражение "Элпотенциал(a, t)" обозначает поверхностный потенциал проводящего тела a в момент либо промежутки времени t .

Утверждение "проводник(a)" означает, что тело a является проводником электрического тока.

Утверждение "элконтакт(a, t)" означает, что в течение периода t произошел контакт тел множества a , в результате которого их потенциалы сравнялись.

Утверждение "элсоединение(a, b, c, t)" означает, что в течение промежутка времени t произошло соединение двух электропроводящих тел a и b проводником c , после чего их электрические потенциалы выровнялись. На этом промежутке суммарный заряд тел и проводника не изменялся.

Утверждение "элсоединены(a, b, t)" означает, что в момент либо период t проводящие тела a и b соединены проводником, а их электрические потенциалы уже равны.

Выражение "напряжение(a, b, t)" обозначает разность потенциалов объектов a и b в момент либо промежутки времени t . Из потенциала первого объекта вычитается потенциал второго.

Выражение "элемкость(a)" обозначает электрическую емкость объекта a .

Выражение "Элемкость(a, t)" обозначает электрическую емкость объекта a в момент либо период t .

Выражение "энергкулвзаим(a, b, t)" обозначает потенциальную энергию кулоновского взаимодействия объектов a и b в момент t .

Выражение "энергконденс(a, t)" обозначает энергию электрического поля в конденсаторе a в момент либо период t .

Утверждение "излучает(a, b, t)" означает, что объект a на протяжении промежутка времени t либо в момент t создает электромагнитное излучение b .

1.14.2 Примеры формулировки задач по электростатике на языке решателя

Закон Кулона. Принцип суперпозиции.

Два одинаковых отрицательных точечных заряда по 100 нКл массой 0,3 г каждый движутся по окружности радиусом 10 см вокруг положительного заряда 100 нКл. При этом отрицательные заряды находятся на концах одного диаметра. Найдите угловую скорость вращения зарядов.

Посылки задачи:

"мточка(a)"

"мточка(b)"

"мточка(c)"

"масса(a) = 0,3г"

"масса(b) = 0,3г"

"Элзаряд(a, t) = -100нКл"

"Элзаряд(b, t) = -100нКл"

"Элзаряд(c, t) = 100нКл"

" A = Место(a, t)"

" B = Место(b, t)"

" C = Место(c, t)"

" $l(AC)$ = 10см"

" $l(BC)$ = 10см"

" $C \in$ отрезок(AB)"

"центркрив(a, C, t)"

"центркрив(b, C, t)"

Условие задачи:

" x = углскорость(a, t)"

Неизвестная задачи - x

Напряженность поля

Шарик массой 4,5г с зарядом 0,1мкКл помещен в масло плотностью 800 кг/м³. Плотность материала шарика 1500 кг/м³. Определите напряженность электрического поля, в которое следует поместить шарик, чтобы он находился в равновесии.

Посылки задачи:

"Шар(a)"

"погружено(a, b, t)"

"вещество(a, c)"

"вещество(b, d)"

"жидкость(d)"

"поверхнземли(K)"

"масса(a) = 4,5г"

"Элзаряд(a, t) = 0,1мкКл"

"плотность(d) = 800кг/м³"

"плотность(c) = 1500кг/м³"

"Неподв(a, t)"

"Неподв(b, t)"

"элполе(p)"

"однородный(p)"

"напряженность(p , облполя(p, t), t) = v "

"внутриполя(a, p, t)"

"вертикалнпр(v, K)"

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(v)$ "

Неизвестная задачи - x .

Разность потенциалов

Между горизонтальными пластинами плоского конденсатора на пластмассовой пружине подвешен заряженный шарик. Когда конденсатор присоединяют к источнику напряжения с ЭДС 500В, пружина растягивается на 1 см. Найдите заряд шарика (в мкКл), если жесткость пружины 10 Н/м, а расстояние между пластинами конденсатора 20см.

Посылки задачи:

"плосконденс(B)"

"мточка(a)"

"внутробъект(a, B, t)"

"Неподв(B, t)"

"поверхнземли(K)"

"Направл(B, d, t)"

"вверх(d, K)"

"висит(a, b, c, t)"

"висит(a, b, c, s)"

"упругсвязь(a, b, c, t)"

"упругсвязь(a, b, c, s)"

"внештело(b)"

"Неподв(b, s)"

"Неподв(b, t)"

"напряжение(пластконденс($B, 1$),пластконденс($B, 2$), t) = 500В"

"Неподв(a, t)"

"Неподв(a, s)"

"расстконденс(B) = 20см"

"внештело(B)"

"Элзаряд(a, t) > 0"

"масса(c) = 0"

"0 < масса(a)"

"жесткость(c) = 10Н/м"

"удлинсвязи(c, t) = удлинсвязи(c, s) = 1см"

Условие задачи:

$$\text{"мкКл} \cdot x = \text{Элзаряд}(a, t)\text{"}$$

Неизвестная задачи - x .

Плоский конденсатор. Электроемкость

Емкость плоского конденсатора равна 6мкФ . Чему будет равна его емкость, если расстояние между пластинами увеличить в 2 раза, а затем пространство между пластинами заполнить диэлектриком с $\varepsilon = 5$?

Посылки задачи:

$$\text{"плосконденс}(a)\text{"}$$

$$\text{"элемкость}(a) = 6\text{мкФ}\text{"}$$

$$\text{"плосконденс}(b)\text{"}$$

$$\text{"расстконденс}(b) = 2 \cdot \text{расстконденс}(a)\text{"}$$

$$\text{"}S(\text{пластконденс}(a, 1)) = S(\text{пластконденс}(a, 1))\text{"}$$

$$\text{"диэлконденс}(b, c)\text{"}$$

$$\text{"диэлпрониц}(c) = 5\text{"}$$

Условия задачи:

$$\text{"}x = \text{элемкость}(b)\text{"}$$

Неизвестные задачи - x

Соединение конденсаторов

Конденсатор емкостью 1мкФ , заряженный до 500В , подключили параллельно незаряженному конденсатору емкостью 4мкФ . Найдите разность потенциалов на конденсаторах.

Посылки задачи:

$$\text{"плосконденс}(a)\text{"}$$

$$\text{"плосконденс}(b)\text{"}$$

$$\text{"}T = [s, t]\text{"}$$

$$\text{"пластконденс}(a, 1) = A\text{"}$$

$$\text{"пластконденс}(a, 2) = B\text{"}$$

$$\text{"пластконденс}(b, 1) = C\text{"}$$

$$\text{"пластконденс}(b, 2) = D\text{"}$$

$$\text{"элконтакт}(\{A, C\}, T)\text{"}$$

$$\text{"элконтакт}(\{B, D\}, T)\text{"}$$

$$\text{"напряжение}(A, B, s) = 500\text{В}\text{"}$$

$$\text{"элемкость}(a) = 1\text{мкФ}\text{"}$$

$$\text{"напряжение}(C, D, s) = 0\text{"}$$

"емкость(b) = 4мкФ"

Условия задачи:

" x = напряжение(A, B, t)"

Неизвестная задачи - x .

Энергия поля в конденсаторе

Конденсатор емкостью 14мкФ, заряженный до напряжения 3кВ, разрядили через сопротивление, погруженное в сосуд с водой. На сколько увеличится температура воды (в К), если ее масса 100г? Удельная теплоемкость воды 4200Дж/(кг · К), теплоемкостями сопротивления и сосуда пренебречь.

Посылки задачи:

"конденсатор(a)"

"емкость(a) = 14мкФ"

"напряжение(пластконденс($a, 1$),пластконденс($a, 2$)) = 3кВ"

"масса(b) = 100г"

"вещество(b , вода)"

"энергконденс(a, t) = Теплэнергия(b, T)"

" T = [t, s]"

"удельнтепложемк(вода) = 4200Дж/(кг · кельв)"

Условие задачи:

" x = абстемпература(b, s) – абстемпература(b, t)"

Неизвестная задачи - x .

1.14.3 Приемы решателя, связанные с электростатикой

Приемы, связанные с символами "элзаряд", "Элзаряд"

1. Заряд протона.

элзаряд(протон) = эл.з

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

$\forall_a(\text{элчастица}(a, \text{протон}) \rightarrow \text{элзаряд}(a) = \text{эл.з})$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Заряд нейтрона.

элзаряд(нейтрон) = 0

$\forall_a(\text{элчастица}(a, \text{нейтрон}) \rightarrow \text{элзаряд}(a) = 0)$

Аналогично предыдущему.

3. Заряд электрона.

$$\text{элзаряд(электрон)} = -\text{эл.з}$$

$$\forall_a(\text{элчастица}(a, \text{электрон}) \rightarrow \text{элзаряд}(a) = -\text{эл.з})$$

Аналогично предыдущему.

4. Заряд альфачастицы.

$$\forall_a(\text{элчастица}(a, \text{альфачастица}) \rightarrow \text{элзаряд}(a) = 2\text{эл.з})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

5. Заряд изотопа.

$$\forall_{xy}(\text{элзаряд}(\text{Изотоп}(x, y)) = \text{атомныйномер}(x)\text{эл.з})$$

Выражение "Изотоп(x, y)" обозначает абстрактный изотоп химического элемента x , имеющий массовое число y . Символ "Изотоп" будет введен в главе, посвященной элементарной химии.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

6. Ввод в рассмотрение кулоновской силы.

$$\forall_{abt}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{мточка}(b) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(a, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Элзаряд(b, t)". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражения a, b различны. Отсутствует посылка вида "внештело(a)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tabt}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{мточка}(b) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

$$\forall_{Tabt}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{мточка}(b) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{воздействие}(b, a, t))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Элзаряд(a, T)" в посылке задачи на исследование, причем имеется посылка, указывающая, что T - промежуток. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Элзаряд(b, t)". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражения a, b различны. Для первого приема проверяется отсутствие посылки "внештело(a)", для второго - "внештело(b)". Отсутствует также посылка вида "элконтакт($\{a, b\}, T$)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abt}(\text{элполе}(b) \ \& \ \text{внутриполя}(a, b, t) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(a, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tabt}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{элполе}(b) \ \& \ \text{внутриполя}(a, b, t) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(a, T)" в посылке задачи на исследование, причем имеется посылка, указывающая, что T - промежуток. Второй и третий antecedentes идентифицируются с посылками, первый и четвертый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abt}(\text{мточка}(a) \rightarrow \text{воздействие}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(a, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Элзаряд(b, t)". Выражения a, b различны. Antecedent обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка "внештело(a)", а также посылка вида "центртяжести(x, b)". Уровень срабатывания равен 2.

7. Переход к материальной точке.

$$\forall_{Aat}(\text{Шар}(a) \ \& \ \text{центртяжести}(A, a) \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = \text{Элзаряд}(A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(a, t)" в посылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

8. Отнесение к периоду времени.

$$\forall_{Tabc}(\text{элзаряд}(a) = b \ \& \ \text{внутриполя}(a, c, T) \rightarrow \text{Элзаряд}(a, T) = b)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tabt}(t \in T \ \& \ \text{Элзаряд}(a, T) = b \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Второй antecedent идентифицируется с утверждением из контекста, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на том же уровне. Ее срабатывание инициируется усмотрением посылки "Элзаряд(a, T) = b ", причем имеется посылка, указывающая, что T - промежуток. Первый antecedent по-прежнему обрабатывается проверочным оператором.

$$\forall_{PTab}(P \subseteq T \ \& \ \text{Элзаряд}(a, T) = b \rightarrow \text{Элзаряд}(a, P) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Antecedents идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 2. Имеется еще одна версия приема, с тем же уровнем срабатывания. У нее выражение P имеет заголовок "промежуток", выражение T отлично от P , причем первый antecedent обрабатывается проверочным оператором.

9. Заряд на конденсаторе и на его пластинах.

$$\forall_{ait}(\text{плосконденс}(a) \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = |\text{Элзаряд}(\text{пластконденс}(a, i), t)|)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(a, t)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послылки вида "пластконденс(a, i)". Антецедент идентифицируется с послылкой, причем допускается альтернативный заголовок "конденсатор". Уровень срабатывания равен 1.

10. Заряды пластин конденсатора равны по величине и противоположны по знаку.

$$\forall_{abct}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{пластконденс}(a, 1) = b \ \& \ \text{пластконденс}(a, 2) = c \rightarrow \text{Элзаряд}(b, t) = -\text{Элзаряд}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(b, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками, причем второй и третий антецеденты выделены указателем "возмравно". Выражение "Элзаряд(c, t)" уже встречается в послылках. Отсутствует послылка вида "последсоед(a, x, y)", для которой y отлично от t . Уровень срабатывания приема равен 3.

11. Сохранение заряда конденсатора при извлечении из него диэлектрика.

$$\forall_{Tabcist}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{вынимается}(b, c, a, T) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{Элзаряд}(\text{пластконденс}(a, i), t) = \text{Элзаряд}(\text{пластконденс}(a, i), s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(пластконденс(a, i), t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Отсутствует послылка с заголовком "элсоединены". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tabcdjnst}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{вынимается}(b, c, a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \{\text{пластконденс}(a, j)\} = \{; d\} \ \& \ l(d) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{Элзаряд}(d(i), t) = \sum_{i=1}^n \text{Элзаряд}(d(i), s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элзаряд(пластконденс(a, j), t)" в послылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с послылками, четвертый и пятый - выделены указателем "идентификатор". Левая часть четвертого антецедента обрабатывается нормализатором "соедпласт", пополняющим перечень пластин конденсаторов, соединенных между собой в заданный период времени T . Этот нормализатор будет описан ниже, в подразделе "приемы, связанные с символом "энергконденс" ". Выражение d имеет заголовок "набор". Отсутствует послылка с заголовком "истнапряж". Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tabcdjnpst}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{вынимается}(b, c, a, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \{p\} = \{; d\} \ \& \ l(d) = n \ \& \ \text{пластконденс}(a, j) = p \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{Элзаряд}(d(i), t) = \sum_{i=1}^n \text{Элзаряд}(d(i), s))$$

Аналогично предыдущему. Шестой антецедент идентифицируется с посылкой.

12. Учет поверхностной плотности заряда.

$$\forall_{abt}(\text{плотнзаряда}(a, t) = b \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = bS(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

13. Выражение заряда из линейного соотношения.

$$\forall_{abcdt}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{Элзаряд}(d, t)/b = c \leftrightarrow \text{Элзаряд}(d, t) = bc/a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение a не содержит невырожденных числовых атомов. Выражение c не имеет своим заголовком символ "Элзаряд" либо "элемкость". Оно не содержит невырожденных числовых атомов, заголовки которых отличны от символов "элемкость", "расстконденс", "Элзаряд". Уровень срабатывания равен 3.

14. Нормализатор общей стандартизации "нормЭлзаряд".

Кроме приема, использующего равенство из посылок, дающее явное выражение для величины заряда, нормализатор имеет следующие приемы:

- (a) Внутренняя точка временного интервала.

$$\forall_{Tabt}(t \in T \ \& \ \text{Элзаряд}(a, T) = b \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = b)$$

Выражение b не содержит символа "Элзаряд". Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, второй - идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Заряд конденсатора и его пластины.

$$\forall_{abcit}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{пластконденс}(a, i) = b \ \& \ \text{Элзаряд}(b, t) = c \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = |c|)$$

Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение c не содержит символов "Элзаряд", "напряжение". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "элконтакт"

1. В результате контакта двух проводников их поверхностные потенциалы выравниваются.

$$\forall_{Tabcst}(\text{элконтакт}(\{a, b\}, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{проводник}(a) \ \& \ \text{проводник}(b) \rightarrow \text{Элпотенциал}(a, t) = \text{Элпотенциал}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

2. Сохранение суммы зарядов.

$$\forall_{Tanst}(\text{элконтакт}(\{; a\}, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ l(a) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{Элзаряд}(a(i), s) = \sum_{i=1}^n \text{Элзаряд}(a(i), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 2.

3. Перераспределение зарядов при контакте двух электропроводящих шаров равного радиуса.

$$\forall_{T_{abst}}(\text{элконтакт}(\{a, b\}, T) \ \& \ T = [s, t] \ \& \ \text{проводник}(a) \ \& \ \text{проводник}(b) \ \& \ \text{Шар}(a) \ \& \ \text{Шар}(b) \ \& \ \text{радиус}(a) = \text{радиус}(b) \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = \text{Элзаряд}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий и четвертый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, седьмой - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания приема равен 2.

4. В последний момент промежутка объекты оказываются статически соединены проводником.

$$\forall_{T_{abst}}(T = [s, t] \ \& \ \text{элконтакт}(\{a, b\}, T) \rightarrow \text{элсоединены}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символами "Элпотенциал", "элпотенциал"

1. Потенциал проводящего шара.

$$\forall_{at}(\text{Шар}(a) \ \& \ \text{проводник}(a) \rightarrow \text{Элпотенциал}(a, t) = \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t) / \text{радиус}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элпотенциал(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Допускается заголовок "Сфера" первого антецедента. Отсутствует посылка вида "внешполе(a, c, t)". Уровень срабатывания равен 4.

2. Две концентрических заряженных сферы.

$$\forall_{ABCabt}(\text{Сфера}(a) \ \& \ \text{Сфера}(b) \ \& \ \text{внешполе}(a, b, t) \ \& \ \text{проводник}(a) \ \& \ \text{проводник}(b) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ \text{центр}(C, A) \ \& \ \text{центр}(C, B) \ \& \ 0 < \text{радиус}(a) - \text{радиус}(b) \rightarrow \text{Элпотенциал}(a, t) = \text{элкоэфф}(\text{Элзаряд}(a, t) + \text{Элзаряд}(b, t)) / \text{радиус}(a))$$

$$\forall_{ABCabt}(\text{Сфера}(a) \ \& \ \text{Сфера}(b) \ \& \ \text{внешполе}(a, b, t) \ \& \ \text{проводник}(a) \ \& \ \text{проводник}(b) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{место}(b, t) = B \ \& \ \text{центр}(C, A) \ \& \ \text{центр}(C, B) \ \& \ \text{радиус}(a) - \text{радиус}(b) < 0 \rightarrow \text{Элпотенциал}(a, t) = \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(b, t) / \text{радиус}(b) + \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t) / \text{радиус}(a))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Элпотенциал(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые три антецедента, а также восьмой

и девятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи. Допускается замена заголовка "Сфера" на "Шар". Четвертый, пятый и десятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор". Отсутствует посылка вида "внешполе(a, d, t)", у которой d не совпадает с b . Уровень срабатывания приемов равен 4.

3. Заряженная сфера, окруженная точечными зарядами.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABCabnt} (\text{Сфера}(a) \ \& \ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{внешполе}(a, b(i), t)) \ \& \\ & \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{мточка}(b(i))) \ \& \ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Место}(b(i), t) = B(i)) \\ & \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{центр}(C, A) \rightarrow \\ & \text{Элпотенциал}(a, t) = \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t) / \text{радиус}(a) + \\ & \text{элкоэфф} \cdot \sum_{i=1}^n \text{Элзаряд}(b(i), t) / \max(\text{радиус}(a), l(B(i)C)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элпотенциал(a, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем кванторные антецеденты идентифицируются с группами посылок. Допускается заголовок "Шар" первого антецедента. Переменные b, B функциональные. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

4. Работа по перемещению заряда внутри электростатического поля.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABETast} (\text{элстатполе}(E, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{мточка}(a) \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \ \& \\ & \text{Место}(a, s) = B \rightarrow \\ & (\text{элпотенциал}(E, A, T) - \text{элпотенциал}(E, B, T)) \text{Элзаряд}(a, T) = \\ & \text{работасилы}(a, E, T) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения "элпотенциал(E, A, T)", "элпотенциал(E, B, T)" уже встречаются в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABETast} (\text{элстатполе}(E, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{мточка}(a) \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \ \& \\ & \text{Место}(a, s) = B \rightarrow \text{работасилы}(a, E, T) = \\ & (\text{элпотенциал}(E, A, T) - \text{элпотенциал}(E, B, T)) \text{Элзаряд}(a, T) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все антецеденты, кроме первого и третьего, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Второй антецедент выделен указателем "возмравно". Выражение E имеет заголовок "Элполе". Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABETast} (\text{элстатполе}(E, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{однородный}(E) \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \ \& \\ & \text{Место}(a, s) = B \ \& \ \text{внутриполя}(a, E, T) \rightarrow \text{работасилы}(a, E, T) = \\ & \text{скалумнож}(\text{вектор}(AB), \text{Элзаряд}(a, T) \text{напряженность}(E, \text{облполя}(E, T), T)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы(a, E, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

5. Потенциал поля, создаваемого точечным зарядом.

$$\forall_{ABE}at(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \ \& \ E = \text{Элполе}(\{a\}) \rightarrow \\ \text{элпотенциал}(E, B, t) = \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t)/l(AB))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элпотенциал(E, B, t)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме первого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками. Третий antecedent выделен указателем "возмравно". Не усматривается, что t - временной промежуток. Отсутствует послылка с заголовком "погружено" либо "погружены". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABE}ast(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \ \& \ E = \text{Элполе}(\{a\}) \ \& \ s \subseteq t \rightarrow \\ \text{элпотенциал}(E, B, s) = \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t)/l(AB))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элпотенциал(E, B, t)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме первого и четвертого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с послылками. Третий antecedent выделен указателем "возмравно". Усматривается, что s, t - временные промежутки. Допускается равенство s и t . Отсутствует послылка с заголовком "погружено" либо "погружены". Уровень срабатывания равен 3.

6. Потенциал поля, создаваемого заряженным шаром.

$$\forall_{ABC}at(\text{Шар}(a) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{центр}(B, A) \rightarrow \\ \text{элпотенциал}(\text{Элполе}(\{a\}), C, t) = \\ \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t)/\max(\text{радиус}(a), l(BC)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элпотенциал($\text{Элполе}(\{a\}), C, t$)" в послылке задачи на исследование. Первый и третий antecedents идентифицируются с послылками, причем допускается заголовок "Сфера" первого antecedenta. Второй antecedent выделен указателем "идентификатор". Отсутствуют такая пара послылок вида "удалены(a, c, s)", " $C = \text{Место}(c, s)$ ", что усматривается принадлежность s временному промежутку t . Заметим, что прием применяется как в случае, когда t - момент времени, так и в случае, когда t - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

7. Потенциал тонкого кольца вдоль его оси.

$$\forall_{ABT}ab(\text{Кольцо}(a) \ \& \ \text{место}(a, T) = A \ \& \ \text{центр}(B, A) \ \& \ \text{Элзаряд}(a, T) = b \rightarrow \\ \text{элпотенциал}(\text{Элполе}(\{a\}), B, T) = \text{элкоэфф} \cdot b/\text{радиус}(a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Antecedents идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCD}ETab(\text{Кольцо}(a) \ \& \ \text{место}(a, T) = A \ \& \ \text{центр}(B, A) \ \& \\ \text{Элзаряд}(a, T) = b \ \& \ \text{осьокружн}(A) = \text{прямая}(CD) \ \& \ E \in \text{прямая}(CD) \rightarrow \\ \text{элпотенциал}(\text{Элполе}(\{a\}), B, T) = \text{элкоэфф} \cdot b/\sqrt{\text{радиус}(a)^2 + l(BE)^2})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые пять antecedents идентифицируются с послылками, шестой - выделен указателем "усм". Уровень срабатывания равен 3.

8. Суперпозиция электрических полей.

$$\forall_{AEant}(E = \text{Элполе}(\{; a\}) \ \& \ l(a) = n \rightarrow \text{элпотенциал}(E, A, t) = \sum_{i=1}^n \text{элпотенциал}(\text{Элполе}(\{a(i)\}), A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элпотенциал(E, A, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент выделен указателем "возмравно", второй - указателем "идентификатор". Длина n набора a - натуральная константа, большая единицы. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

9. Потенциал заземления.

$$\forall_{Kt}(\text{поверхземли}(K) \rightarrow \text{Элпотенциал}(K, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

10. Потенциал в удаленной точке равен 0.

$$\forall_{VTabt}(\text{Место}(b, t) = B \ \& \ \text{удалены}(a, b, t) \ \& \ \text{элстатполе}(\text{Элполе}(\{a\}), T) \rightarrow \text{элпотенциал}(\text{Элполе}(\{a\}), B, T) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

11. Разность потенциалов между двумя точками однородного электрического поля и вектор напряженности.

$$\forall_{ABat}(\text{элполе}(a) \ \& \ \text{однородный}(a) \ \& \ A \in \text{облполя}(a, t) \ \& \ B \in \text{облполя}(a, t) \rightarrow \text{элпотенциал}(a, A, t) = \text{элпотенциал}(a, B, t) + \text{скалумнож}(\text{напряженность}(a, \text{облполя}(a, t), t), \text{вектор}(AB)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элпотенциал(a, A, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "элпотенциал(a, B, t)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 3.

12. Нормализатор общей стандартизации "нормэлпотенциал".

Нормлизатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее явное выражение для потенциала.

Приемы, связанные с символом "элсила"

1. Усмотрение кулоновского взаимодействия.

$$\forall_{abt}(\text{сила}(a, b, t) = \text{элсила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Проверяется наличие в посылках подвыражений "Элзаряд(a, x)" и "Элзаряд($b,$

$y)$ ", где x, y - либо моменты, совпадающие с t , либо промежутки, содержащие t . Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abct}(\text{элполе}(b) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{элсила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abct}(\text{мточка}(a) \ \& \ b = \text{Элполе}(c) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{элсила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, второй - идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcij}(\text{пластконденс}(c, i) \ \& \ b = \text{пластконденс}(c, j) \rightarrow \text{сила}(a, b, t) = \text{элсила}(a, b, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты выделены указателем "возмравно". Существует посылка с заголовком "плосконденс". Уровень срабатывания равен 1.

2. Закон Кулона.

$$\forall_{abt}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{мточка}(b) \rightarrow \text{длина}(\text{элсила}(a, b, t)) = \text{элкоэфф} \cdot |\text{Элзаряд}(a, t)| |\text{Элзаряд}(b, t)| / l(\text{Место}(a, t) \text{Место}(b, t))^2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элсила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Не усматривается, что t - временной промежуток. Отсутствуют посылки вида "погружено(a, x, t)", "погружено(b, x, t)", а также пары посылок "центртяжести(a, c)", "погружено(c, x, t)" и "центртяжести(b, c)", "погружено(c, x, t)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABabcdt}(\text{погружено}(a, c, t) \ \& \ \text{погружено}(b, c, t) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{центртяжести}(A, a) \ \& \ \text{центртяжести}(B, b) \rightarrow \text{длина}(\text{элсила}(A, B, t)) = \text{элкоэфф} |\text{Элзаряд}(a, t)| |\text{Элзаряд}(b, t)| / (\text{диэлпрониц}(d) l(\text{Место}(a, t) \text{Место}(b, t))^2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элсила(A, B, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABabcdt}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{мточка}(b) \ \& \ \text{погружено}(a, c, t) \ \& \ \text{погружено}(b, c, t) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \rightarrow \text{длина}(\text{элсила}(a, b, t)) = \text{элкоэфф} |\text{Элзаряд}(a, t)| |\text{Элзаряд}(b, t)| / (\text{диэлпрониц}(d) l(\text{Место}(a, t) \text{Место}(b, t))^2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элсила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента обрабатываются проверочными операторами, остальные - идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

3. Направление кулоновской силы.

$$\forall_{ABabmnpqt}(\text{Место}(a, t) = A \ \& \ \text{Место}(b, t) = B \ \& \ \text{Элзаряд}(a, t) = m \ \& \ \text{Элзаряд}(b, t) = n \ \& \ 0 \leq mn \rightarrow \text{однаправлены}(\text{элсила}(a, b, t), \text{вектор}(BA)))$$

$$\forall_{ABabmnpqt}(\text{Место}(a, t) = A \ \& \ \text{Место}(b, t) = B \ \& \ \text{Элзаряд}(a, t) = m \ \& \ \text{Элзаряд}(b, t) = n \ \& \ mn \leq 0 \rightarrow \text{однаправлены}(\text{элсила}(a, b, t), \text{вектор}(AB)))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "элсила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий и четвертый - выделены указателем "идентификатор". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

4. Переход к рассмотрению материальных точек.

$$\forall_{ABabt}(\text{Шар}(a) \ \& \ \text{Шар}(b) \ \& \ \text{центртяжести}(A, a) \ \& \ \text{центртяжести}(B, b) \rightarrow \text{элсила}(a, b, t) = \text{элсила}(A, B, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элсила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

5. Ввод в рассмотрение силы, действующей на пластину плоского конденсатора.

$$\forall_{abijt}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ b = \text{пластконденс}(a, i) \ \& \ j = 3 - i \rightarrow \text{воздействие}(b, \text{пластконденс}(a, j), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Сила(b, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, причем второй выделен указателем "возмравно". Третий антецедент выделен указателем "программа". Переменная i идентифицируется с десятичной константой. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Eabit}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ b = \text{пластконденс}(a, i) \ \& \ \text{внутриполя}(a, E, t) \rightarrow \text{воздействие}(b, E, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Сила(b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем второй выделен указателем "возмравно". Переменная i идентифицируется с десятичной константой. Уровень срабатывания равен 1.

6. Силы действия и противодействия.

$$\forall_{abt}(\text{элсила}(a, b, t) = -\text{элсила}(b, a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элсила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Выражение "элсила(b, a, t)" тоже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

7. Ориентация равенства.

$$\forall_{abct}(c = \text{длина}(\text{элсила}(a, b, t)) \leftrightarrow \text{длина}(\text{элсила}(a, b, t)) = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение c не содержит символов "сила", "Сила", "нормреакция", "силатрения", "Ускорение", "элсила". Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "проводник"

Создан лишь проверочный оператор "усмпроводник":

1. Металл.

$$\forall_{ab}(\text{вещество}(a, b) \& \text{металл}(b) \rightarrow \text{проводник}(a))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

2. Пластина плоского конденсатора.

$$\forall_{abi}(\text{плосконденс}(a) \& b = \text{пластконденс}(a, i) \rightarrow \text{проводник}(b))$$

Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

3. Электрический провод.

$$\forall_{abct}(\text{элсоед}(a, b, c, t) \rightarrow \text{проводник}(c))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символами "напряженность", "Напряженность"

1. Напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом.

$$\forall_{ABat}(\text{мточка}(a) \& \text{Место}(a, t) = A \rightarrow \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{a\}), B, t) = (\text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t) / l(AB)^3) \cdot \text{вектор}(AB))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, второй - выделен указателем "идентификатор". Отсутствуют посылки вида "плосконденс(a)", "погружено(a, c, t)", а также такая посылка вида "погружены(c, d, t)", для которой усматривается принадлежность A множеству c . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDadt}(\text{мточка}(a) \& \text{Место}(a, t) = A \& \text{погружены}(C, D, t) \& A \in C \& B \in C \& \text{вещество}(D, d) \rightarrow \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{a\}), B, t) = (\text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t) / (\text{диэлпрониц}(d)l(AB)^3)) \cdot \text{вектор}(AB))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Третий и шестой антецеденты идентифицируются с посылками, второй - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "плосконденс(a)". Уровень срабатывания равен 2.

2. Напряженность электрического поля, создаваемого заряженным шаром.

$$\forall_{ABCat}(\text{Шар}(a) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \ \& \ \text{центр}(C, A) \ \& \ \neg(B \in A) \rightarrow \\ \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{a\}), B, t) = \\ (\text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t)/l(CB)^3) \cdot \text{вектор}(CB))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, второй - выделен указателем "идентификатор". Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Отсутствуют посылки вида "плосконденс(a)", "погружено(a, c, t)", а также такая посылка вида "погружены(c, d, t)", для которой усматривается принадлежность C множеству c . Уровень срабатывания равен 2.

3. Напряженность электрического поля, создаваемого плоским конденсатором.

$$\forall_{aijt}(\text{напряженность}(\text{Элполе}(\{\text{пластконденс}(a, i)\}), \text{место}(\text{пластконденс}(a, j), \\ t), t) = \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{\text{пластконденс}(a, i)\}), \text{внутробл}(a, t), t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Допускается косвенная идентификация выражений "пластконденс(...)" через равенства в контексте. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abit}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ b = \text{пластконденс}(a, i) \rightarrow \\ \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{b\}), \text{внутробл}(a, t), t) = \\ 1/2\text{напряженность}(\text{Элполе}(\{a\}), \text{внутробл}(a, t), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(Элполе({b}), внутробл(a, t), t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abtu}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{пластконденс}(a, 2) = b \ \& \ \text{Направл}(a, u, t) \rightarrow \\ \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{a\}), \text{внутробл}(a, t), t) = \\ (4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(b, t)/S(b)) \cdot u)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(Элполе({a}), внутробл(a, t), t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем второй из них выделен указателем "возмравно". Отсутствует посылка вида "диэлконденс(a, d)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Bacdt}(\text{плосконденс}(B) \ \& \ \text{Элполе}(\{B\}) = c \ \& \ \text{напряжение}(\text{пластконденс}(B, 1), \\ \text{пластконденс}(B, 2), t) = a \ \& \ \text{Направл}(B, d, t) \rightarrow \\ \text{однаправлены}(\text{напряженность}(c, \text{внутробл}(B, t), t), (d \text{ при } a < 0, \text{ иначе } -d)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(c, внутробл(B, t), t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем второй из них выделен указателем "возмравно". Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{VTacd} (плосконденс(B) & Элполе($\{B\}$) = c & $t \in T$ &
напряжение(пластконденс($B, 1$), пластконденс($B, 2$), t) = a &
Направл(B, d, T) \rightarrow однонаправлены(напряженность(c , внутробл(B, t), t),
(d при $a < 0$, иначе $-d$)))

Аналогично предыдущему. Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{VRTacd} (плосконденс(B) & Элполе($\{B\}$) = c & $P \subseteq T$ &
напряжение(пластконденс($B, 1$), пластконденс($B, 2$), P) = a &
Направл(B, d, T) \rightarrow однонаправлены(напряженность(c , внутробл(B, P), P),
(d при $a < 0$, иначе $-d$)))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(c , внутробл(B, P), P)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками, причем второй antecedent выделен указателем "возмравно". Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{Bact} (плосконденс(B) & Элполе($\{B\}$) = c & напряжение(пластконденс($B, 1$),
пластконденс($B, 2$), t) = $a \rightarrow$ длина(напряженность(c , внутробл(B, t), t)) =
 $|a|/\text{расстконденс}(B)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(c , внутробл(B, t), t)" в послылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с послылками, причем второй из них выделен указателем "возмравно". Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{VRTac} (плосконденс(B) & Элполе($\{B\}$) = c & $P \subseteq T$ &
напряжение(пластконденс($B, 1$), пластконденс($B, 2$), T) = $a \rightarrow$
длина(напряженность(c , внутробл(B, P), P)) = $|a|/\text{расстконденс}(B)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(c , внутробл(B, P), P)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками, причем второй antecedent выделен указателем "возмравно". Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{abcdtu} (плосконденс(a) & Направл(a, u, t) & пластконденс($a, 1$) = d &
Элзаряд(d, t) = b & $c =$ Элполе($\{a\}$) \rightarrow
однонаправлены(напряженность(c , внутробл(a, t), t),
(u при $0 < b$, иначе $-u$)))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(c , внутробл(a, t), t)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме четвертого, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с послылками. Пятый antecedent при этом выделен указателем "возмравно". Выражение b не содержит символа "Элзаряд". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abctu}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{Элзаряд}(a, t) = b \ \& \ c = \text{Элполе}(\{a\}) \rightarrow \\ \text{длина}(\text{напряженность}(c, \text{внутробл}(a, t), t)) = \\ 4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot |b|/S(\text{пластконденс}(a, 1)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(c , внутробл(a, t), t)" в послылке задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с послылками, причем третий выделен указателем "возмравно". Второй антецедент выделен указателем "идентификатор". Отсутствует послылка вида "диэлконденс(a, x)". Выражение b не содержит символа "Элзаряд". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdtu}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{Элзаряд}(a, t) = b \ \& \ c = \text{Элполе}(\{a\}) \ \& \\ \text{диэлконденс}(a, d) \rightarrow \text{длина}(\text{напряженность}(c, \text{внутробл}(a, t), t)) = \\ 4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot |b|/(\text{диэлпрониц}(d)S(\text{пластконденс}(a, 1))))$$

Аналогично предыдущему. Четвертый антецедент идентифицируется с послылкой.

$$\forall_{Bcftgt}(\text{плосконденс}(B) \ \& \ \text{Элполе}(\{B\}) = c \ \& \ f = \text{пластконденс}(B, 1) \ \& \\ g = \text{пластконденс}(B, 2) \rightarrow \text{длина}(\text{напряженность}(c, \text{внутробл}(B, t), t)) = \\ |\text{напряжение}(f, g, t)|/\text{расстконденс}(B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(c , внутробл(B, t), t)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послылки "напряжение(f , g, t)". Первые два антецедента идентифицируются с послылками, причем второй антецедент выделен указателем "возмравно". Третий и четвертый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 4. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на том же уровне. В ней указатель "контекст" отсутствует, однако требуется, чтобы выражение "длина(напряженность(c , внутробл(B, t), t))" имело тип "неизв".

4. Сила воздействия электрического поля на заряженное тело.

$$\forall_{Aabt}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{элполе}(b) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \rightarrow \text{элсила}(a, b, t) = \\ \text{Элзаряд}(a, t)\text{напряженность}(b, A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элсила(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Вторым антецедентом идентифицируется с послылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором, третий - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{элполе}(b) \ \& \ \text{однородный}(b) \ \& \ \text{воздействие}(a, b, t) \rightarrow \\ \text{элсила}(a, b, t) = \text{Элзаряд}(a, t)\text{напряженность}(b, \text{облполя}(b, t), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элсила(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Вторым и третьим антецедентами идентифицируются

с посылками, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{элсила}(a, b, t) = \text{Элзаряд}(a, t) \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{b\}), \text{место}(a, t), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элсила(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Не усматривается, что a - материальная точка. Отсутствует посылка вида "элполе(b)". Выражение b не имеет заголовка "Элполе". Уровень срабатывания равен 3.

5. Суммарная напряженность электрических полей внутри плоского конденсатора, пластины которого соединены проводником.

$$\forall_{abct}(\text{плосконденс}(a) \& b = \text{пластконденс}(a, 1) \& c = \text{пластконденс}(a, 2) \& \text{элсоединены}(b, c, t) \rightarrow \text{Напряженность}(\text{внутробл}(a, t), t) = \text{вектор}0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем второй и третий антецеденты выделены указателем "возмравно". Уровень срабатывания равен 2.

6. Суммарная напряженность электрических полей внутри плоского конденсатора.

$$\forall_{Eat}(\text{плосконденс}(a) \& \text{внутриполя}(a, E) \& \text{элполе}(E) \& \text{однородный}(E) \rightarrow \text{Напряженность}(\text{внутробл}(a, t), t) = \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{a\}), \text{внутробл}(a, t), t) + \text{напряженность}(E, \text{облполя}(E, t), t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "элполе(x)", где x отлично от E . Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "удельнзаряд"

Создан единственный прием, выражающий заряд через массу и удельный заряд:

$$\forall_{abt}(\text{удельнзаряд}(a, t) = b \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = b \cdot \text{масса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символами "элполе", "Элполе"

1. Постоянство силы, действующей на заряд со стороны однородного поля.

$$\forall_{Tab}(\text{элполе}(b) \& \text{однородный}(b) \& \text{воздействие}(a, b, T) \rightarrow \text{констсила}(a, b, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Усматривается, что T - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 2.

2. Принцип суперпозиции полей.

$$\forall_{Aant}(l(a) = n \rightarrow \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{; a\}), A, t) = \sum_{i=1}^n \text{напряженность}(\text{Элполе}(\{a(i)\}), A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "напряженность(Элполе($(\{; a\})$, A, t))" в послышке задачи на исследование. Антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор", причем этот набор более чем одноэлементный. Конечная векторная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

3. Введение в рассмотрение электрического поля конденсатора.

$\forall_{abct}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{внутробъект}(b, a, t) \rightarrow \text{Элполе}(\{a\}) = c \ \& \ \text{однородный}(c) \ \& \ \text{воздействие}(b, c, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Выражение вида "Элзаряд(b, x)" уже встречается в задаче. Отсутствует послылка вида "Элполе($\{a\}) = y$ ". Прием вводит новую переменную c . Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abct}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{внутробъект}(b, a, t) \ \& \ \text{Элполе}(\{a\}) = c \rightarrow \text{воздействие}(b, c, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Выражение вида "Элзаряд(b, x)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 1.

4. Ввод в рассмотрение центра заряженного шара.

$\forall_{ABat}(\text{Шар}(a) \ \& \ \text{место}(a, t) = A \rightarrow B - \text{точка} \ \& \ \text{центр}(B, A))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элполе($(\{; a\})$)" в послышке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Отсутствует послылка вида "центр(x, A)". Прием вводит новую переменную B . Уровень срабатывания равен 2.

5. Переход к работе электрического поля.

$\forall_{Tabc}(\text{Элзаряд}(c, T) = b \rightarrow \text{работасилы}(a, c, T) = \text{работасилы}(a, \text{Элполе}(\{c\}), T))$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражение "Элзаряд(a, T)" уже встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

6. Суммарная работа сил взаимодействия двух точечных зарядов.

$\forall_{ABCDTabst}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{мточка}(b) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{Место}(a, t) = A \ \& \ \text{Место}(b, t) = B \ \& \ \text{Место}(a, s) = C \ \& \ \text{Место}(b, s) = D \rightarrow \text{работасилы}(a, \text{Элполе}(\{b\}), T) + \text{работасилы}(b, \text{Элполе}(\{a\}), T) = \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t)\text{Элзаряд}(b, t)/l(AB) - \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, s)\text{Элзаряд}(b, s)/l(CD))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "работасилы($a, \text{Элполе}(\{; b\}), T$)" в послышке задачи на исследование. Третий антецедент идентифицируется с послылкой, первые два - обрабатываются проверочными операторами.

Остальные antecedentes выделены указателем "идентификатор". Выражение "работасилы(b , Элполе($\{a\}$), T)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

7. Воздействие электрического поля конденсатора на объект, расположенный между его обкладками.

$$\forall_{Tabd}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{вынимается}(b, d, a, T) \rightarrow \text{воздействие}(b, \text{Элполе}(\{a\}), T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "воздействие(b, c, T)" в послышке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tabcd}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{вынимается}(b, d, a, T) \ \& \ \text{центр тяжести}(c, b) \rightarrow \text{воздействие}(c, \text{Элполе}(\{a\}), T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "воздействие(c, e, T)" в послышке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 1.

8. Область поля, создаваемого плоским конденсатором.

$$\forall_{Abt}(\text{плосконденс}(A) \rightarrow \text{облполя}(\text{Элполе}(\{A\}), t) = \text{внутробл}(A, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Antecedent идентифицируется с послылкой. Уровень срабатывания равен 1.

9. Однородность поля, создаваемого плоским конденсатором.

$$\forall_{ab}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ b = \text{Элполе}(\{a\}) \rightarrow \text{однородный}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 2.

10. Проверочный оператор "усмэлполе".

Кроме приема, усматривающего электрическое поле из одноименной послылки, создан единственный прием:

$$\forall_{ab}(a = \text{Элполе}(b) \rightarrow \text{элполе}(a))$$

Приемы, связанные с символом "элстатполе"

1. Усмотрение электрического поля.

$$\forall_{Ta}(\text{элстатполе}(a, T) \rightarrow \text{элполе}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedent идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Напряженность в отдельный момент равна напряженности на временном промежутке.

\forall_{AETat} (элстатполе(E, T) & однородный(E) & $t \in T$ & $A = \text{Место}(a, t)$ & внутриполя(a, E, T) \rightarrow напряженность(E, A, t) = напряженность($E, \text{облполя}(E, T), T$))

Прием имеет заголовок "второйтерм". Все antecedentes, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

3. Проверочный оператор "усмэлстатполе".

Кроме приема, усматривающего электростатическое поле из одноименной посылки, созданы лишь два приема - про поле, создаваемое неподвижными объектами.

$\forall_{Tabn}(l(a) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{неподв}(a(i), T)) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Элзаряд}(a(i), T) = b(i)) \rightarrow \text{элстатполе}(\text{Элполе}(\{; a\}), T))$

Выражение a имеет заголовок "набор". Первый antecedent выделен указателем "идентификатор", второй обрабатывается проверочным оператором, третий - идентифицируется с группой посылок. Переменные a, b функциональные.

$\forall_{STabn}(l(a) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{неподв}(a(i), T)) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Элзаряд}(a(i), T) = b(i)) \& S \subseteq T \rightarrow \text{элстатполе}(\text{Элполе}(\{; a\}), S))$

Аналогично предыдущему. Четвертый antecedent обрабатывается проверочным оператором. Предварительно проверяется наличие посылки вида "неподв(x, T)".

Приемы, связанные с символом "элсоединение"

1. Сохранение заряда.

\forall_{Tabcst} (элсоединение(a, b, c, T) & $T = [s, t] \rightarrow \text{Элзаряд}(a, s) + \text{Элзаряд}(b, s) + \text{Элзаряд}(c, s) = \text{Элзаряд}(a, t) + \text{Элзаряд}(b, t) + \text{Элзаряд}(c, t)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствуют посылки "поверхземли(a)", "поверхземли(b)". Уровень срабатывания равен 2.

2. Выравнивание потенциалов.

\forall_{Tabcst} (элсоединение(a, b, c, T) & $T = [s, t] \rightarrow \text{элсоединены}(a, b, t)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символами "элемкость", "Элемкость"

1. Нулевая емкость.

\forall_{at} (элемкость(a) = 0 \rightarrow Элзаряд(a, t) = 0)

Прием имеет заголовок "второйтерм". Antecedent идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 2.

2. Равенство потенциалов.

$$\forall_{abct}(\text{элсоединены}(a, b, t) \rightarrow \text{Элпотенциал}(a, t) = \text{Элпотенциал}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

3. Емкость плоского конденсатора.

$$\forall_a(\text{плосконденс}(a) \rightarrow \text{элементность}(a) = S(\text{пластконденс}(a, 1)) / (4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot \text{расстконденс}(a)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элементность(a)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение "расстконденс(a)" уже встречается в задаче. Отсутствует посылка вида "диэлконденс(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ac}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{диэлконденс}(a, c) \rightarrow \text{элементность}(a) = \text{диэлпрониц}(c)S(\text{пластконденс}(a, 1)) / (4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot \text{расстконденс}(a)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "элементность(a)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "расстконденс(a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_a(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{вынимается}(b, c, a, T) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{Элементность}(a, t) = S(\text{пластконденс}(a, 1)) / (4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot \text{расстконденс}(a)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "расстконденс(a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abct}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{внутробъект}(b, a, t) \ \& \ \text{пластина}(b) \ \& \ S(\text{пластконденс}(a, 1)) = S(b) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{Элементность}(a, t) = \text{диэлпрониц}(c)S(\text{пластконденс}(a, 1)) / (4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot (\text{толщина}(b) + \text{диэлпрониц}(c)(\text{расстконденс}(a) - \text{толщина}(b))))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элементность(a, t)" в посылке задачи на исследование. Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор", остальные - идентифицируются с посылками. Выражение "расстконденс(a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abct}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{внутробъект}(b, a, t) \ \& \ \text{пластина}(b) \ \& \ \text{расстконденс}(a) = \text{толщина}(b) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{Элементность}(a, t) = (S(b)(\text{диэлпрониц}(c) - 1) + S(\text{пластконденс}(a, 1))) / (4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot \text{расстконденс}(a)))$$

Аналогично предыдущему, но в задаче уже встречается выражение "площадь(b)".

$$\forall_{Tabcdst}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{перемконденс}(a) \ \& \ \text{пластконденс}(a, 1) = b \ \& \ \text{пластконденс}(a, 2) = c \ \& \ \text{раздвигает}(d, \{b, c\}, T) \ \& \ T = [t, s] \rightarrow \text{Элементность}(a, s) \text{Расстконденс}(a, s) = \text{Элементность}(a, t) \text{Расстконденс}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элемкость(a, s)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abct}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ \text{внутробъект}(b, a, t) \ \& \ \text{место}(b, t) = \text{внутробл}(a) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{Элемкость}(a, t) = \text{диэпрониц}(c)S(\text{пластконденс}(a, 1))/(4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot \text{расстконденс}(a)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элемкость(a, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем третий из них выделен указателем "равно". В задаче встречается выражение "Элемкость(a, x)" при x отличном от t . Выражение вида "Расстконденс(a, y)" в задаче не встречается. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{at}(\text{плосконденс}(a) \rightarrow \text{Элемкость}(a, t) = S(\text{пластконденс}(a, 1))/(4\pi \cdot \text{элкоэфф} \cdot \text{расстконденс}(a)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элемкость(a, t)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. В задаче встречается выражение "Элемкость(a, x)" при x отличном от t . Отсутствует посылка вида "внутробъект(x, a, t)". Выражение вида "Расстконденс(a, y)" в задаче не встречается. Прием ориентирован на ситуации, когда к моменту t все внутреннее содержимое конденсатора устраняется (вытекает либо вынимается). Дополнительно проверяется отсутствие комментария (варьир x) по переменной x , входящей в выражение t . Такой комментарий указывает на особую ситуацию - дифференцирование некоторого выражения в произвольный вспомогательный момент x . Эта ситуация возникнет в следующем подразделе, посвященном постоянному току. Уровень срабатывания приема равен 3.

4. Емкость последовательного соединения конденсаторов.

$$\forall_{abnt}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{последсоед}(a, b, t) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \text{элементость}(a) = 1 / \sum_{i=1}^n (1/\text{элементость}(b(i))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем выражение b имеет заголовок "набор". Третий антецедент выделен указателем "идентификатор". В задаче уже рассматривается емкость конденсатора a либо некоторого конденсатора набора b . Ни для одного из конденсаторов набора b нет указания на то, что он имеет переменную емкость. Конечная сумма разворачивается в обычную. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Tabnt}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{последсоед}(a, b, T) \ \& \ l(b) = n \ \& \ t \in T \rightarrow \text{Элемкость}(a, t) = 1 / \sum_{i=1}^n (1/\text{Элемкость}(b(i), t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Элемкость(a, t)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с

посылками задачи на исследование, причем выражение b имеет заголовок "набор". Третий антецедент выделен указателем "идентификатор", четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Конечная сумма разворачивается в обычную. Уровень срабатывания равен 4.

5. Емкость параллельного соединения конденсаторов.

$$\forall_{abt}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{паралсоед}(a, b, t) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \text{элементность}(a) = \sum_{i=1}^n \text{элементность}(b(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем выражение b имеет заголовок "набор". Третий антецедент выделен указателем "идентификатор". В задаче уже рассматривается емкость конденсатора a либо некоторого конденсатора набора b . Конечная сумма разворачивается в обычную. Уровень срабатывания равен 4. Создана еще одна версия приема, имеющая тот же уровень срабатывания. В ней выражение b не имеет заголовка "набор"; требуется, чтобы емкость конденсатора a уже рассматривалась в задаче, а конечная сумма не разворачивается в обычную.

6. Усмотрение переменного конденсатора.

$$\forall_a(\text{перемконденс}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует его применение при усмотрении подвыражения вида "Элементность(a, t)" в посылке задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

7. Нормализатор общей стандартизации "нормэлементность".

Создан единственный прием, использующий равенство из посылок, явно определяющее величину емкости.

Приемы, связанные с символом "внешполе"

Созданы два приема, усматривающих внешний объект, создающий электрическое поле, воздействующее на электрическое поле данного объекта. Оба они имеют теорему вида " $\forall_{abt}(\text{внешполе}(a, b, t))$ ". Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения "Элпотенциал(a, t)" в посылке задачи на исследование. В первом приеме указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения посылки вида "Элзаряд(b, t)", во втором - подвыражения вида "Элпотенциал(b, t)". Выражения a, b различны. Не усматривается истинность утверждения "удалены(a, b, t)". Отсутствуют посылки "элементность(b) = 0", "поверхземли(a)", "поверхземли(b)". Выражение a не имеет своим заголовком ни один из символов "пластконденс", "плюсовых", "минусовых" и не равно, согласно посылкам, какому-либо выражению с таким заголовком. В случае второго приема должна также отсутствовать посылка с заголовком "истнапряж", имеющая подвыражение a . Уровень срабатывания приемов равен 2.

Приемы, связанные с символом "энергкулвзаим"

1. Незаряженный объект.

$$\forall_{Tabt}(\text{Элзаряд}(a, T) = 0 \ \& \ t \in T \rightarrow \text{энергкулвзаим}(a, b, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

2. Две материальные точки.

$$\forall_{ABabt}(\text{мточка}(a) \ \& \ \text{мточка}(b) \ \& \ A = \text{Место}(a, t) \ \& \ B = \text{Место}(b, t) \rightarrow \text{энергкулвзаим}(a, b, t) = \text{элкоэфф} \cdot \text{Элзаряд}(a, t)\text{Элзаряд}(b, t)/l(AB))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента обрабатываются проверочными операторами, последние два - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "напряжение"

1. Напряжение равно разности потенциалов.

$$\forall_{abt}(\text{напряжение}(a, b, t) = \text{Элпотенциал}(a, t) - \text{Элпотенциал}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "напряжение(a, b, t)" в послышке задачи на исследование. Выражения "Элпотенциал(a, t)" и "Элпотенциал(b, t)" уже встречаются в задаче. Существует послышка вида "Элпотенциал(x, y) = c ", где выражение c не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcmnt}(\text{плосконденс}(c) \ \& \ \text{пластконденс}(c, 1) = a \ \& \ \text{пластконденс}(c, 2) = b \ \& \ \text{Элпотенциал}(a, t) = m \ \& \ \text{Элпотенциал}(b, t) = n \rightarrow \text{напряжение}(a, b, t) = m - n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с послышками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Выражения m, n не содержат невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 5.

2. Напряжение между пластинами плоского конденсатора и его емкость.

$$\forall_{abcijpqt}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{элсоединены}(b, p, t) \ \& \ p = \text{пластконденс}(a, i) \ \& \ \text{элсоединены}(c, q, t) \ \& \ q = \text{пластконденс}(a, j) \ \& \ \neg(i - j = 0) \rightarrow \text{напряжение}(b, c, t)\text{Элемкость}(a, t) = \text{Элзаряд}(p, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "напряжение(b, c, t)" в послышке задачи на исследование. Первый, третий и пятый антецеденты идентифицируются с послышками, причем третий и пятый выделены указателем "возмравно". Вторым и четвертым антецеденты обрабатываются пакетным синтезатором "элсоединены", который будет описан в следующем подразделе. Они перечисляют объекты p, q , с которыми соединены b, c . Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Существует послышка "перемконденс(a)".

Не усматривается, что t - временной промежуток. Уровень срабатывания приёма равен 3.

$\forall_{abcijpqt}$ (конденсатор(a) & элсоединены(b, p, t) & $p =$ пластконденс(a, i) & элсоединены(c, q, t) & $q =$ пластконденс(a, j) & $\neg(i - j = 0) \rightarrow$ напряжение(b, c, t)элементность(a) = Элзаряд(p, t))

Аналогично предыдущему, но отсутствует посылка "перемконденс(a)". Требование про временной промежуток отбрасывается, но проверяется отсутствие посылок вида "внутриполя(a, x, t)", "подзарядка(a, t)", а также "последсоед(a, x, y)", где y отлично от t . Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{Tabcijpqtu}$ (конденсатор(a) & элсоединены(b, p, t) & $p =$ пластконденс(a, i) & элсоединены(c, q, t) & $q =$ пластконденс(a, j) & $\neg(i - j = 0)$ & напряжение(b, c, T) = u & $t \in T \rightarrow u$ элементность(a, t) = Элзаряд(p, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "Элзаряд(p, t)" в посылке задачи на исследование. Первый, третий, пятый и седьмой antecedенты идентифицируются с посылками, причем третий и пятый выделены указателем "возмравно". Второй и четвертый antecedенты обрабатываются пакетным синтезатором, шестой и восьмой - проверочными операторами. Существует посылка "перемконденс(a)". Не усматривается, что T - момент времени. Отсутствует посылка "подзарядка(a, T)". Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{Tabcijpqt}$ (конденсатор(a) & элсоединены(p, b, T) & $p =$ пластконденс(a, i) & элсоединены(q, c, T) & $t \in T$ & $q =$ пластконденс(a, j) & $\neg(i - j = 0) \rightarrow$ напряжение(b, c, t)элементность(a) = Элзаряд(p, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "Элзаряд(p, t)" в посылке задачи на исследование. Все antecedенты, кроме пятого и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Имеет посылка с заголовком "истнапряж". Отсутствуют посылки вида "перемконденс(a)", "внутриполя(a, x, t)", "подзарядка(a, T)", а также "последсоед(a, x, y)", где y отлично от t . Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{Tabcijpqtstu}$ (конденсатор(a) & подзарядка(a, T) & $T = [s, t]$ & элсоединены(b, p, T) & $p =$ пластконденс(a, i) & элсоединены(c, q, T) & $q =$ пластконденс(a, j) & $\neg(i - j = 0)$ & напряжение(b, c, T) = $u \rightarrow u$ элементность(a) = Элзаряд(p, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedенты, кроме четвертого, шестого и восьмого, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и шестой antecedенты обрабатываются пакетным синтезатором, восьмой - проверочным оператором. Пятый и седьмой antecedенты выделены указателем "возмравно". Отсутствует посылка "перемконденс(a)". Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{abcijpqt}$ (конденсатор(a) & элсоединены(p, b, t) & $p =$ пластконденс(a, i) & элсоединены(q, c, t) & $q =$ пластконденс(a, j) & $\neg(i - j = 0) \rightarrow$ напряжение(b, c, t)элементность(a) = Элзаряд(p, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "Элзаряд(p, t)" в послылке задачи на исследование. Все antecedentes, кроме шестого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками. Отсутствуют послылки вида "перемконденс(a)", "внутриполя(a, x, t)", "подзарядка(a, x)", а также "последсоед(a, x, y)", где y отлично от t . Уровень срабатывания приема равен 4.

3. Суммирование напряжений.

$$\forall_{abcdt} (\text{Элпотенциал}(b, t) = \text{Элпотенциал}(c, t) \rightarrow \text{напряжение}(a, b, t) + \text{напряжение}(c, d, t) = \text{напряжение}(a, d, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "напряжение(a, d, t)" в послылке задачи на исследование. Указатели "контекст" определяют дополнительную идентификацию подвыражений "напряжение(a, b, t)" и "напряжение(c, d, t)". Antecedent выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{T abct} (t \in T \rightarrow \text{напряжение}(a, c, T) = \text{напряжение}(a, b, t) + \text{напряжение}(b, c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "напряжение(a, b, t)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "напряжение(a, c, T)". Antecedent обрабатывается проверочным оператором. Выражение "напряжение(b, c, t)" уже встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 6.

4. Равенство напряжений между парами точек, соединенными проводниками.

$$\forall_{abcdet} (\text{напряжение}(a, b, t) = c \ \& \ \text{элсоединены}(d, a, t) \ \& \ \text{элсоединены}(e, b, t) \rightarrow \text{напряжение}(d, e, t) = c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "напряжение(d, e, t)" в послылке задачи на исследование. Первый antecedent идентифицируется с послылкой, второй и третий - обрабатываются синтезатором "элсоединены". Выражение c не содержит невырожденных числовых атомов. Либо a не совпадает с d , либо b - с e . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDabt} (\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{конденсатор}(b) \ \& \ A = \text{пластконденс}(a, 1) \ \& \ B = \text{пластконденс}(a, 2) \ \& \ C = \text{пластконденс}(b, 1) \ \& \ D = \text{пластконденс}(b, 2) \ \& \ \text{элсоединены}(A, C, t) \ \& \ \text{элсоединены}(B, D, t) \rightarrow \text{напряжение}(A, B, t) = \text{напряжение}(C, D, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с послылками задачи на исследование, причем antecedents с третьего по шестой выделены указателем "возмравно". Не усматривается, что t - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 5.

5. Выделение момента времени.

$$\forall_{T bcdt} (\text{напряжение}(b, c, T) = d \ \& \ t \in T \rightarrow \text{напряжение}(b, c, t) = d)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "напряжение(b, c, t)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Предварительно усматривается, что T - временной промежутки что выражения t, T различны. Уровень срабатывания равен 2.

6. Выражение напряжения из линейного соотношения.

$$\forall_{abcdt} (\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{напряжение}(b, c, t) = d \leftrightarrow \text{напряжение}(b, c, t) = d/a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Заголовок выражения d отличен от символа "напряжение". Уровень срабатывания равен 3.

7. Нормализатор общей стандартизации "нормнапряжение".

Кроме приема, использующего равенство из посылок, дающее явное выражение для величины напряжения, созданы лишь два приема, выделяющие напряжение в заданный момент промежутка:

$$\forall_{ABTtu} (t \in T \ \& \ \text{напряжение}(A, B, T) = u \rightarrow \text{напряжение}(A, B, t) = u)$$

$$\forall_{ABTtu} (t \in T \ \& \ \text{напряжение}(B, A, T) = u \rightarrow \text{напряжение}(A, B, t) = -u)$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором.

Приемы, связанные с символом "элсоединены"

1. Равенство зарядов последовательно соединенных конденсаторов.

$$\forall_{abceijt} (b = \text{пластконденс}(a, i) \ \& \ c = \text{пластконденс}(e, j) \ \& \ \text{элсоединены}(b, c, t) \rightarrow \text{Элзаряд}(b, t) = -\text{Элзаряд}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "Элзаряд(b, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем первые два антецедента выделены указателем "возмравно". Выражения a, e различны. Существует посылка вида "последсоед(x, y, t)", такая, что a, e - подвыражения выражения y . Уровень срабатывания равен 2.

2. Равенство нулю заряда конденсатора с соединенными пластинами.

$$\forall_{abct} (\text{конденсатор}(a) \ \& \ b = \text{пластконденс}(a, 1) \ \& \ c = \text{пластконденс}(a, 2) \ \& \ \text{элсоединены}(b, c, t) \rightarrow \text{Элзаряд}(a, t) = 0)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками, причем второй и третий антецеденты выделены указателем "возмравно". Отсутствует посылка вида "внутриполя(a, x, y)". Уровень срабатывания приема равен 2.

3. Пакетный синтезатор "элсоединены".

Синтезатор реализует утверждение "элсоединены(a, b, t)". Входными данными служат объект a и момент либо период времени t . Выходная переменная b перечисляет объекты, которые в момент либо период t соединены проводником с a ,

причем их электрические потенциалы уже равны. В перечисление включается и сам объект a .

- (a) Использование посылки.

$$\forall_{abt}(\text{элсоединены}(a, b, t) \rightarrow \text{элсоединены}(a, b, t))$$

$$\forall_{abct}(\text{элсоед}(a, b, c, t) \ \& \ \text{элсопротивл}(c) = 0 \rightarrow \text{элсоединены}(a, b, t))$$

$$\forall_{abct}(\text{элсоед}(b, a, c, t) \ \& \ \text{элсопротивл}(c) = 0 \rightarrow \text{элсоединены}(a, b, t))$$

Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Транзитивность.

$$\forall_{abct}(\text{элсоединены}(a, b, t) \ \& \ \text{элсоединены}(b, c, t) \rightarrow \text{элсоединены}(a, c, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение к синтезатору. Уровень срабатывания равен 2.

- (c) Исходный объект.

$$\forall_{at}(\text{элсоединены}(a, a, t))$$

Уровень срабатывания равен 1. Прием срабатывает только при наличии комментария "тожд".

- (d) Использование указания на промежуток времени.

$$\forall_{Tabt}(\text{элсоединены}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{элсоединены}(a, b, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что второй антецедент идентифицируется с посылкой, а первый - реализует рекурсивное обращение к синтезатору.

4. Проверочный оператор "усмэлсоединены".

- (a) Идентичные объекты.

$$\forall_{at}(\text{элсоединены}(a, a, t))$$

Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Использование посылки.

$$\forall_{abt}(\text{элсоединены}(a, b, t) \rightarrow \text{элсоединены}(a, b, t))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Tabt}(\text{элсоединены}(a, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{элсоединены}(a, b, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Предварительно усматривается, что T - временной промежуток. Уровень срабатывания равен 1.

- (с) Использование равенства в посылках.

$$\forall_{abct}(a = b \ \& \ \text{элсоединены}(b, c, t) \rightarrow \text{элсоединены}(a, c, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение к проверочному оператору. Уровень срабатывания равен 2.

- (d) Транзитивность.

$$\forall_{abct}(\text{элсоединены}(a, b, t) \ \& \ \text{элсоединены}(b, c, t) \rightarrow \text{элсоединены}(a, c, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение к проверочному оператору. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "энергконденс"

1. Выделение тепловой энергии конденсаторами.

$$\forall_{Tanst}(l(a) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{конденсатор}(a(i))) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{теплэнергия}(\{a; \}, T) = \sum_{i=1}^n (\text{энергконденс}(a(i), s) - \text{энергконденс}(a(i), t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплэнергия({a; }, T)" в посылке задачи на исследование. Выражение a имеет заголовок "набор". Второй антецедент идентифицируется с группой посылок, третий - с посылкой. Первый антецедент выделен указателем "идентификатор". Отсутствуют посылки с заголовками "истнапряж", "источнапряж". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

2. Выражение через емкость и напряжение.

$$\forall_{at}(\text{энергконденс}(a, t) = \text{элементность}(a) \cdot \text{напряжение}(\text{пластконденс}(a, 1), \text{пластконденс}(a, 2), t)^2/2)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Отсутствует посылка вида "перемконденс(a)". Если имеется посылка вида "подзарядка(a, T)", то должна также иметься посылка вида "T = [x, t]". Отсутствует такая посылка вида "элпробой(a, T)", что усматривается принадлежность момента t промежутку T . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{at}(\text{перемконденс}(a) \rightarrow \text{энергконденс}(a, t) = \text{Элементность}(a, t) \cdot \text{напряжение}(\text{пластконденс}(a, 1), \text{пластконденс}(a, 2), t)^2/2)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Если имеется посылка вида "подзарядка(a, T)", то должна также иметься посылка вида "T = [x, t]". Отсутствует такая посылка вида "элпробой(a, T)", что усматривается принадлежность момента t промежутку T . Уровень срабатывания равен 3.

3. Выражение через заряд и емкость.

$$\forall_{Aabcit}(\text{элементность}(a) = b \ \& \ \text{пластконденс}(a, i) = A \ \& \ \text{Элзаряд}(A, t) = c \rightarrow \text{энергконденс}(a, t) = c^2/(2b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

4. Работа силы, извлекающей пластину, расположенную между обкладками.

$$\forall_{Tabdnpst}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ \text{вынимается}(b, d, a, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{внутриобъект}(b, a, t) \ \& \ \{a\} = \{; p\} \ \& \ l(p) = n \rightarrow \text{работасилы}(d, b, T) = \sum_{i=1}^n (\text{энергконденс}(p(i), s) - \text{энергконденс}(p(i), t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый и шестой - выделены указателем "идентификатор". Левая часть пятого антецедента обрабатывается нормализатором "группконденс", пополняющий исходный одноэлементный список конденсаторов всеми другими конденсаторами, образующими в период T составной конденсатор. Ссылка на период T передается нормализатору через комментарий (период T). Отсутствуют посылки с заголовками "истнапряж", "источнапряж". Уровень срабатывания равен 3.

5. Работа силы, раздвигающей пластины конденсатора.

$$\forall_{Tabcdst}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ b = \text{пластконденс}(a, 1) \ \& \ c = \text{пластконденс}(a, 2) \ \& \ \text{раздвигает}(d, \{b, c\}, T) \ \& \ T = [s, t] \rightarrow \text{работасилы}(d, \{b, c\}, T) = \text{энергконденс}(a, s) - \text{энергконденс}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем второй и третий из них выделены указателем "возмравно". Отсутствуют посылки с заголовками "истнапряж", "источнапряж". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tabcdijpst}(\text{плосконденс}(a) \ \& \ b = \text{пластконденс}(a, i) \ \& \ c = \text{пластконденс}(a, j) \ \& \ \text{истнапряж}(b, c, p, T) \ \& \ \text{раздвигает}(d, \{b, c\}, T) \ \& \ T = [t, s] \rightarrow \text{работасилы}(d, \{b, c\}, T) + \text{элработа}(p, T) = \text{энергконденс}(a, s) - \text{энергконденс}(a, t))$$

Аналогично предыдущему, однако требование отсутствия посылки с заголовком "истнапряж" заменено требованием единственности такой посылки. Кроме того, должны отсутствовать посылки с заголовком "элсоед".

6. Нормализатор "группконденс" пополнения списка конденсаторов, соединенных между собой в заданный момент либо период.

Для добавления нового конденсатора создан единственный прием:

$$\forall_{abcdefijst}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ c = \text{пластконденс}(a, i) \ \& \ \text{элсоединены}(c, d, t) \ \& \ d = \text{пластконденс}(e, j) \ \& \ \text{конденсатор}(e) \rightarrow \{a; b\} = \{a, e; b\})$$

Указатель "контекст" извлекает комментарий (период t). Антецеденты идентифицируются с посылками. Проверяется, что a, e - различные переменные, причем e не встречается в выражении b .

7. Нормализатор "соедпласт" пополнения списка пластин конденсатора, соединенных между собой в заданный момент либо период.

Для добавления новой пластины создан единственный прием:

$$\forall_{abcdit}(\text{элсоединены}(a, c, t) \ \& \ c = \text{пластконденс}(d, i) \rightarrow \{a; b\} = \{a, c; b\})$$

Указатель "контекст" извлекает комментарий (период t). Первый антецедент обрабатывается пакетным синтезатором, второй - выделен указателем "возмравно". Проверяется, что a, c - различные переменные, причем c не встречается в выражении b .

1.15 Постоянный ток

1.15.1 Логические символы, используемые решателем в связи с постоянным током

Выражение "элток(a, b, t)" обозначает величину электрического тока, протекающего через проводник a в направлении от его конца b , в момент либо период t .

Утверждение "элпровод(a)" означает, что тело a представляет собой электрический провод.

Утверждение "элсоед(a, b, c, t)" означает, что в момент либо период t проводящие тела a и b соединены концами проводника c .

Утверждение "Элсоед(a, b, c, t)" означает, что точки a и b электрической цепи в момент либо период t соединены последовательностью проводников, не содержащей элементов множества c .

Выражение "полнзаряд(a, b, t)" обозначает полный электрический заряд, прошедший через проводник a начиная с его конца b за период времени t .

Утверждение "истнапряж(a, b, c, t)" означает, что в момент либо период t источник напряжения c присоединен положительным полюсом к объекту a , а отрицательным - к объекту b .

Выражение "эдс(a, t)" обозначает электродвижущую силу источника напряжения a в момент либо период t .

Выражение "Эдс(a, b, c, t)" обозначает э.д.с. источника напряжения c с полюсами a и b в момент либо период t , снабженную знаком: если a - положительный полюс, то берется знак "плюс", иначе - "минус". В случае проводника c , соединяющего точки a и b , эта величина тоже определена и считается равной нулю.

Выражение "элсопротивл(a)" обозначает сопротивление проводника a при температуре 0 градусов Цельсия.

Выражение "Элсопротивл(a, t)" обозначает сопротивление проводника a в момент либо период времени t .

Выражение "коэффсопротивл(a)" обозначает температурный коэффициент сопротивления проводника a .

Выражение "удельнсопротивл(a)" обозначает удельное электрическое сопротивление вещества a .

Выражение "элсопротмежду(a, b, t)" обозначает величину сопротивления электрической схемы между ее точками a и b в момент либо промежуток времени t .

Утверждение "подзарядка(a, t)" означает, что в течение периода t произошла подзарядка электрического аккумулятора либо конденсатора a .

Утверждение "элпробой(a, t)" означает, что за промежуток времени t произошел пробой конденсатора a .

Выражение "элработа(a, t)" обозначает работу источника напряжения a на временном промежутке t .

Выражение "элмощность(a, t)" обозначает полную мощность источника напряжения a в момент t либо на временном промежутке t .

Утверждение "электролиз(a)" означает, что химическая реакция a происходит в процессе электролиза раствора либо расплава.

Выражение "плотнтока(a, b, t)" обозначает плотность тока на электроде b при процессе электролиза a в момент или период t , либо плотность тока на электроде b , прилегающем к токопроводящему телу a , в момент или период t .

Утверждение "выделяетсяна(a, b, c)" означает, что c есть объект, выделившийся в процессе электролиза a на электроде b .

Утверждение "электролит(a, b)" означает, что b есть электролит (объект, а не вещество) процесса электролиза a .

Выражение "энергэлектролиза(a)" обозначает количество электрической энергии, потребленной процессом электролиза a .

1.15.2 Примеры формулировки задач о постоянном токе на языке решателя

Связь силы тока с зарядом. Сопротивление проводника

1. На конденсатор переменной емкости подано напряжение 100В. Какова сила тока, текущего по проводам, если емкость конденсатора изменяется равномерно со скоростью 10нФ/сек ?

Посылки задачи:

"конденсатор(a)"

"пластконденс($a, 1$) = A "

"пластконденс($a, 2$) = B "

" $T = [m, n]$ "

"элсоед(A, C, p, T)"

"элсоед(B, D, q, T)"

"элсопротивл(p) = 0"

"элсопротивл(q) = 0"

"напряжение(C, D, T) = 100В"

" $\forall_t(t \in T \rightarrow dЭемкость(a, t)/dt = 10нФ/сек)$ "

Условие задачи:

" $x = \text{элток}(p, A, T)$ "

Неизвестная задачи - x .

2. В каждое из ребер тетраэдра включено сопротивление 20 Ом. Чему равно сопротивление получившейся системы при подключении ее двумя вершинами ?

Посылки задачи:

"элсоед(A, B, a, t)"

"элсоед(B, C, b, t)"

"элсоед(A, C, d, t)"

"элсоед(A, D, e, t)"

"элсоед(C, D, f, t)"

"элсоед(B, D, c, t)"

" $\forall x(x \in \{a, b, c, d, e, f\} \rightarrow \text{элсопротивл}(x) = 20\text{Ом})$ "

Условие задачи:

" $x = \text{элсопротмежду}(A, D, t)$ "

Неизвестная задачи - x .

Закон Ома для однородного участка цепи

Десять ламп, каждая из которых имеет сопротивление 24 Ом и рассчитана на напряжение 12 В, соединены последовательно и подключены к сети постоянного напряжения 220 В последовательно с некоторым сопротивлением. Какова должна быть величина этого сопротивления, чтобы лампы горели полным накалом ?

Посылки задачи:

" $l(a) = 10$ "

" $\forall_i(i \in \{1, \dots, 10\} \rightarrow \text{элсопротивл}(a(i)) = 24\text{Ом})$ "

" $\forall_i(i \in \{1, \dots, 10\} \rightarrow \text{элсоед}(A(i), A(i+1), a(i), t))$ "

" $\forall_i(i \in \{1, \dots, 10\} \rightarrow \text{напряжение}(A(i), A(i+1), t) = 12\text{В})$ "

"элсоед($A(11), B, b, t$)"

"напряжение($A(1), B, t) = 220\text{В}$ "

Условие задачи:

" $x = \text{элсопротивл}(b)$ "

Неизвестная задачи - x .

Электроизмерительные приборы

Вольтметр со шкалой 100 В имеет сопротивление 10 кОм. Какую наибольшую разность потенциалов можно измерить этим прибором, если к нему последовательно присоединить добавочное сопротивление 90 кОм ?

Посылки задачи:

"элсоед(A, B, a, t)"

"элсоед(B, C, b, t)"

"макснапряж(a) = 100В"

"элсопротивл(a) = 10кОм"

"элсопротивл(b) = 90кОм"

"последсоед($p, (a, b), t$)"

Условия задачи:

" x = макснапряж(p)"

Неизвестная задачи - x .

Закон Ома для замкнутой цепи

Источник постоянного тока с ЭДС 15 В и внутренним сопротивлением 1,4 Ом питает внешнюю цепь, состоящую из двух параллельно соединенных сопротивлений 2 и 8 Ом. Найдите разность потенциалов на зажимах источника.

Посылки задачи:

"истнапряж(A, B, p, t)"

"эдс(p, t) = 15В"

"элсопротивл(p) = 1,4Ом"

"элсоед(A, B, a, t)"

"элсоед(A, B, b, t)"

"элсопротивл(a) = 2Ом"

"элсопротивл(b) = 8Ом"

Условие задачи:

" x = напряжение(A, B, t)"

Неизвестная задачи - x .

Несколько ЭДС в цепи

Какое количество аккумуляторов с ЭДС по 2В и внутренним сопротивлением по 1 Ом каждый необходим соединить в батарею последовательно, чтобы в проводнике сопротивлением 6 Ом, подключенном к батарее, получить силу тока 0,5 А?

Посылки задачи:

"последсоед(a, b, t)"

" $l(b) = n$ "

"истнапряж(A, B, a, t)"

" $\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{эдс}(b(i), t) = 2B \ \& \ \text{элсопротивл}(b(i)) = 10\text{М})$ "

"элсоед(A, B, c, t)"

"элсопротивл(c) = 6Ом"

"элток(c, A, t) = 0,5А"

Условие задачи:

" $x = n$ "

Неизвестная задачи - x .

Закон Джоуля - Ленца

Электрический чайник с водой объемом 600 см^3 при температуре 20 градусов Цельсия забыли выключить. Через сколько секунд после этого вся вода выкипит ? Нагреватель чайника имеет сопротивление 30 Ом и включен в сеть с постоянным напряжением 300 В . КПД чайника 40 процентов. Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, удельная теплота парообразования воды $2,3 \text{ МДж}/\text{кг}$.

Посылки задачи:

"испарение(a, T)"

" $T = [s, t]$ "

"теквещество(a , вода, s)"

"температура(a, s) = 20градус"

"температура(a, t) = 100градус"

"Теплэнергия(a, T) = 0.4теплэнергия(b, T)"

"Объем(a, s) = 600см^3 "

"элсоед(A, B, b, T)"

"напряжение(A, B, T) = 300В"

"элсопротивл(b) = 30 Ом"

"удельнтеплоемк(вода) = $4200\text{Дж}/(\text{кельв} \cdot \text{кг})$ "

"удельнпарообр(вода) = $2.3\text{МДж}/\text{кг}$ "

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(T)$ "

Неизвестная задачи - x .

Работа источника тока

Незаряженный конденсатор емкостью 4 мкФ присоединили к зажимам источника тока с ЭДС 200 В . Сколько теплоты выделилось в процессе зарядки конденсатора ?

Посылки задачи:

"истнапряж(A, B, a, T)"

" $T = [p, q]$ "

"эдс(a, T) = 200 В "

"конденсатор(b)"

"элемкость(b) = 4 мкФ "

"пластконденс($b, 1$) = A "

"пластконденс($b, 2$) = B "

"напряжение(A, B, t) = 0 "

"Элзаряд(A, t) = Элзаряд(A, p)"

"подзарядка(b, T)"

Условие задачи:

" $x = \text{теплэнергия}(b, T)$ "

Неизвестная задачи - x .

Энергетический баланс в замкнутой цепи

Источник тока с внутренним сопротивлением 4 Ом замкнут на сопротивление 8 Ом . При каком другом внешнем сопротивлении во внешней цепи будет выделяться такая же мощность, что и при сопротивлении 8 Ом ?

Посылки задачи:

"истнапряж(A, B, p, T)"

"элсопротивл(p) = 4 Ом "

"элсоед(A, B, a, t)"

" $t \in T$ "

"элсопротивл(a) = 8 Ом "

" $s \in T$ "

"элсоед(A, B, b, s)"

" $\neg(\text{элсопротивл}(b) = 8\text{ Ом})$ "

"полезномощность(p, a, t) = полезномощность(p, b, s)"

Условие задачи:

" $x = \text{элсопротивл}(b)$ "

Неизвестная задачи - x .

Электролиз

Металлическую поверхность с площадью 200см^2 надо покрыть слоем серебра толщиной 20мкм . Сколько минут надо пропускать ток силой $0,5\text{А}$ через электролит? Плотность серебра 10500кг/м^3 , электрохимический эквивалент серебра 1.12мг/Кл .

Посылки задачи:

"Химреакция(r, A, B)"

"электролиз(r)"

"анод(r, a)"

" $T = \text{Период}(r)$ "

"выделяется(r, a, C)"

"вещество(C , серебро)"

"толщина(C) = 20мкм "

"элхимэкв(серебро) = 1.12мг/Кл "

"плотность(серебро) = 10500кг/м^3 "

" $S(a) = 200\text{см}^2$ "

"электролит(r, c)"

"элток(c, a, T) = 0.5А "

Условие задачи:

" $x = \text{длина}(T)$ "

Неизвестная задачи - x .

1.15.3 Приемы решателя, связанные с постоянным током**Приемы, связанные с символом "элток"**

1. Электрический ток через проводник, конец которого присоединен только к конденсатору, равен взятой со знаком минус производной по времени заряда соответствующей пластины конденсатора.

$$\forall_{ABT_{apt}}(t \in T \ \& \ \text{элсоед}(A, B, p, T) \rightarrow \text{элток}(p, A, t) = -d\text{Элзаряд}(A, t)/dt)$$

$$\forall_{ABT_{apt}}(t \in T \ \& \ \text{элсоед}(A, B, p, T) \rightarrow \text{элток}(p, B, t) = d\text{Элзаряд}(A, t)/dt)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения первого приема при усмотрении подвыражения вида "элток(p, A, t)" в посылке задачи на исследование, а второго - при усмотрении подвыражения "элток(p, B, t)". Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Имеется посылка вида "пластконденс(c, i) = A ". Отсутствует посылка вида "элсоед(A, x, y, z)", у которой y отлично от p . Уровень срабатывания равен 3.

2. Ввод в рассмотрение произвольного момента времени на промежутке для отнесения к нему величины тока на этом промежутке.

$$\forall_{ATmnp} (T = [m, n] \rightarrow t \in T \ \& \ \text{элток}(p, A, T) = \text{элток}(p, A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элток(p, A, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Имеется посылка вида " $\forall_x (x \in T) \ \& \ \dots \rightarrow \dots$ ". Чтобы использовать эту посылку для нахождения величины тока в какой - то произвольный момент t промежутка T , прием выбирает новую переменную t . Вводятся комментарии (варьир t) и (исходные посылки $t \in T$) к текущей задаче. Первый из них указывает, что t - варьируемая переменная и обеспечивает возможность последующего дифференцирования числовых равенств, содержащих t . Вторым комментарием регистрирует исходные ограничения на t . Перед применением приема проверяется, что для промежутка T ранее не вводилась варьируемая переменная. Уровень срабатывания равен 2.

3. Заряд, прошедший через проводник за заданное время.

$$\forall_{ABabfstx} (A = [s, t] \ \& \ \forall_x (x \in B \rightarrow \text{элток}(a, b, x) = f(x)) \ \& \ A \subseteq B \rightarrow \text{полнзаряд}(a, b, A) = \int_s^t f(x) dx)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "полнзаряд(a, b, A)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Переменная f функциональная. Выражение $f(x)$ не имеет невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ITab} (\text{элток}(a, b, T) = I \rightarrow \text{полнзаряд}(a, b, T) = \text{длина}(T) \cdot I)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "полнзаряд(a, b, T)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Заметим, что здесь подразумевается средняя величина тока на промежутке T . Уровень срабатывания равен 4. Создана еще одна версия приема, в которой антецедент выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания этой версии равен 5.

4. Ток на участках последовательного соединения.

$$\forall_{Aabct} (\text{последсоед}(a, b, t) \ \& \ b(1) = c \rightarrow \text{элток}(a, A, t) = \text{элток}(c, A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элток(a, A, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "элток(c, A, t)", где c отлично от a . Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdef} (\text{последсоед}(a, \text{префикс}(b, c), t) \ \& \ \text{элсоед}(d, e, a, t) \ \& \ \text{элсоед}(d, f, b, t) \rightarrow \text{элток}(a, d, t) = \text{элток}(b, d, t))$$

$$\forall_{abcdef,t}(\text{последсоед}(a, \text{суффикс}(c, b), t) \& \text{элсоед}(d, e, a, t) \& \text{элсоед}(d, f, b, t) \rightarrow \text{элток}(a, d, t) = \text{элток}(b, d, t))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения вида "элток(a, d, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Напомним, что выражения "суффикс", "префикс", если не оговорено противное, идентифицируются усиленным образом, в том числе с выражениями вида "набор(...)". Допускается изменение заголовков второго и третьего антецедентов на "истнапряж". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdepqt}(\text{последсоед}(p, q, t) \& \text{элсоед}(a, c, b, t) \& \text{элсоед}(c, d, e, t) \rightarrow \text{элток}(b, a, t) = \text{элток}(e, c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элток(b, a, t)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Допускается изменение заголовков второго и третьего антецедентов на "истнапряж". Выражения b, e суть подвыражения выражения q . Уровень срабатывания равен 3.

5. Встречные токи через проводник.

$$\forall_{ABat}(\text{элсоед}(A, B, a, t) \rightarrow \text{элток}(a, A, t) = -\text{элток}(a, B, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элток(a, A, t)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Выражение "элток(a, B, t)" уже встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 2.

6. Закон Джоуля - Ленца.

$$\forall_{ABSTapq}(T \subseteq S \& \text{элсоед}(A, B, a, S) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = (\text{элток}(a, A, S))^2 \text{элсопротивл}(a) \text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплэнергия(a, T)" в послылке задачи на исследование. Второй антецедент идентифицируется с послылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Выражения S, T различны. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABTau}(\text{элсоед}(A, B, a, T) \& \text{напряжение}(A, B, T) = u \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = u^2 \text{длина}(T) / \text{элсопротивл}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "температура(a, T)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "элсопротивл(a)". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Tab}(\text{теплэнергия}(a, T) = (\text{элток}(a, b, T))^2 \text{элсопротивл}(a) \text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплэнергия(a, T)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "элток(a, b, T)". Уровни срабатывания равны 4 и 6.

$$\forall_{ABTab}(\text{элсоед}(A, B, a, T) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = (\text{элток}(a, A, T))^2 \text{элсопротивл}(a) \text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплэнергия(a, T)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Уровень срабатывания равен 6.

7. Выражение из линейного уравнения.

$$\forall_{abcdt}(\neg(c = 0) \rightarrow c \cdot \text{элток}(a, b, t) = d \leftrightarrow \text{элток}(a, b, t) = d/c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к послылке задачи на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение c не содержит неизвестных. Выражение d не является невырожденным числовым атомом и не содержит символа "элток". Уровень срабатывания приема равен 3.

8. Активизация анализатора "элтоки".

Пакетный анализатор "элтоки", описываемый ниже, служит для определения электрических токов по правилам Кирхгофа. Обращение к этому анализатору обеспечивается следующими двумя приемами, имеющими заголовок "замечание":

$$\forall_{abct}(\text{элсоед}(a, b, c, t) \rightarrow \emptyset)$$

$$\forall_{abct}(\text{истнапряж}(a, b, c, t) \rightarrow \emptyset)$$

Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения вида "элток(c, a, t)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Выражение "элток(c, a, t)" имеет тип "неизв". Сопротивления всех рассматриваемых в задаче проводов и источников напряжения известны. Известны также э.д.с. всех рассматриваемых источников напряжения. Количество рассматриваемых проводов и источников напряжения не менее 4. При выполнении перечисленных требований прием обращается к анализатору "элтоки", причем максимально допустимый уровень приемов анализатора равен 6. Лимит трудоемкости данного обращения достаточно большой. Уровень срабатывания равен 6.

9. Пакетный анализатор "элтоки".

(а) Отбрасывание параллельных и последовательных соединений.

Чтобы применять правила Кирхгофа только к "первичным"проводам и источникам, прежде всего отбрасываются ссылки на составные, представляющие собой параллельные либо последовательные соединения:

$$\forall_{ABabt}(\text{паралсоед}(a, b, t) \rightarrow \text{элсоед}(A, B, a, t) \leftrightarrow \text{истина})$$

$$\forall_{ABabt}(\text{паралсоед}(a, b, t) \rightarrow \text{истнапряж}(A, B, a, t) \leftrightarrow \text{истина})$$

Приемы выполняют эквивалентную замену, причем антецедент идентифицируется с посылкой. Допускается изменение его заголовка на "последсоед". Уровень срабатывания равен 0.

- (b) Выбор корня остовного дерева.

Чтобы определить те цепи и циклы, к которым будут применяться правила Кирхгофа, в рассматриваемой, предположительно связной, сети выделяется остовное дерево. Это дерево задается системой утверждений вида "Слой(x, n, y, z)", где x - объект, отнесенный к n -му слою дерева, y - объект, играющий роль ребра, ведущего к x от объекта z предыдущего слоя. Корень остовного дерева иницируется следующими двумя приемами:

$$\forall_{abct}(\text{напряжение}(a, b, t) = c \rightarrow \text{Слой}(a, 0, 0, 0))$$

$$\forall_{abct}(\text{истнапряж}(a, b, c, t) \rightarrow \text{Слой}(a, 0, 0, 0))$$

Второй из этих приемов применяется, если отсутствует посылка вида "напряжение(x, y, z) = u ". В обоих случаях требуется отсутствие посылок с заголовком "Слой". Анализатор создавался в предположении, что либо все источники напряжения, подключенные к сети, явно указаны посылками "истнапряж", либо таких посылок вообще нет, но допускается единственный внешний источник, косвенно определяемый посылкой вида "напряжение(x, y, z) = u ". Уровень срабатывания равен 0.

- (c) Продолжение построения остовного дерева.

$$\forall_{abcdmpt}(\text{элсоед}(a, b, c, t) \& \text{Слой}(a, m, p, d) \rightarrow \text{Слой}(b, m + 1, c, a))$$

$$\forall_{abcdmpt}(\text{истнапряж}(a, b, c, t) \& \text{Слой}(a, m, p, d) \rightarrow \text{Слой}(b, m + 1, c, a))$$

$$\forall_{abcdmpt}(\text{истнапряж}(b, a, c, t) \& \text{Слой}(a, m, p, d) \rightarrow \text{Слой}(b, m + 1, c, a))$$

Антецеденты идентифицируются с посылками, причем точка привязки выбрана во втором из них. Отсутствует посылка вида "Слой(b, n, x, y)", у которой n не превосходит m . Уровень срабатывания равен 1.

- (d) Усмотрение меньшего слоя.

Если удастся установить, что некоторая вершина находится от корня дерева на меньшем удалении, чем это было найдено раньше, то указатель на большее удаление отбрасывается:

$$\forall_{abcdemn}(\text{Слой}(a, m, b, c) \rightarrow \text{Слой}(a, n, d, e) \leftrightarrow \text{истина})$$

Прием выполняет эквивалентную замену. Антецедент идентифицируется с посылкой. Число m не превосходит числа n . Уровень срабатывания равен 0.

- (e) Первое правило Кирхгофа.

$$\forall_{abcdefgkmnt}(\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{элсоед}(a, b(i), c(i), t)) \&$$

$$\forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow \text{истнапряж}(a, d(i), e(i), t)) \&$$

$$\forall_i(i \in \{1, \dots, k\} \rightarrow \text{истнапряж}(f(i), a, g(i), t)) \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{элток}(c(i), a, t) + \sum_{i=1}^m \text{элток}(e(i), a, t) + \sum_{i=1}^k \text{элток}(g(i), a, t) = 0)$$

Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении в посылке подвыражения "элсоед(a, p, q, t)". Антецеденты идентифицируются в режиме развертки, с группами посылок. Таким образом, учитываются все провода и источники напряжения, подключенные к точке a (для источника напряжения отдельно рассматриваются подключение положительным и отрицательным полюсами). Переменные b, c, d, e, f, g функциональные. Отсутствуют посылки вида "напряжение(a, x, y) = z " и "напряжение(x, a, y) = z ", косвенно указывающие на наличие дополнительных проводов, ведущих к внешним источникам напряжения. Для блокировки повторов используется комментарий (вершина a). Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 2.

- (f) Второе правило Кирхгофа в отсутствии внутренних источников напряжения: рассмотрение замкнутого контура.

$$\forall_{abcdefgijmnt}(\text{элсоед}(a, b, c, t) \ \& \ \text{элпуть}(a, d, e) \ \& \ \text{элпуть}(b, f, g) \ \& \ l(d) = n \ \& \ l(f) = m \ \& \ i \in \{1, \dots, n\} \ \& \ j \in \{1, \dots, m\} \ \& \ d(i) = f(j) \rightarrow \\ \text{элток}(c, a, t) \ \text{элсопротивл}(c) + \sum_{k=1}^{i-1} \text{элток}(e(k), d(k+1), t) \ \text{элсопротивл}(e(k)) + \\ \sum_{k=1}^{j-1} \text{элток}(g(k), f(k), t) \ \text{элсопротивл}(g(k)) = 0)$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой. Второй и третий антецеденты обрабатываются пакетным синтезатором "элпуть", который будет описан ниже. Второй антецедент находит последовательность d вершин и последовательность e ребер, проходимых на пути от вершины a к корню остоного дерева. Аналогично, третий антецедент находит последовательность f вершин и последовательность g ребер, проходимых на пути от вершины b к корню дерева. Четвертый и пятый антецеденты выделены указателем "идентификатор здесь определяются количества вершин в указанных путях. Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "программа", восьмой - указателем "идентификатор". Здесь определяется первая вершина последовательности d , попадающая на путь f . Отрезки данных путей до указанной вершины, пополненные проводом c , образуют простой цикл, к которому и применяется правило Кирхгофа. Перед применением приема проверяется отсутствие посылок с заголовками "источнапряж", "истнапряж", так как этот случай учитывается отдельным приемом (см. ниже). Проверяется также отсутствие посылки вида "Слой(x, y, c, z)", т.е. провод c не является ребром остоного дерева. Уровень срабатывания равен 2.

- (g) Второе правило Кирхгофа в отсутствии внутренних источников напряжения: рассмотрение незамкнутого контура, соединяющего две точки с известной разностью потенциалов.

$$\forall_{abcdefgijmntu}(\text{напряжение}(a, b, t) = u \ \& \ \text{элпуть}(a, d, e) \ \& \ \text{элпуть}(b, f, g) \ \& \ l(d) = n \ \& \ l(f) = m \ \& \ i \in \{1, \dots, n\} \ \& \ j \in \{1, \dots, m\} \ \& \ d(i) = f(j) \rightarrow \\ u + \sum_{k=1}^{i-1} \text{элток}(e(k), d(k+1), t) \ \text{элсопротивл}(e(k)) + \\ \sum_{k=1}^{j-1} \text{элток}(g(k), f(k), t) \ \text{элсопротивл}(g(k)) = 0)$$

Аналогично предыдущему, но рассматривается незамкнутый контур, и не требуется отсутствие посылки "Слой(...)".

- (h) Второе правило Кирхгофа при наличии внутренних источников напряжения.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgijmnt}(\text{элсоед}(a, b, c, t) \& \text{элпуть}(a, d, e) \& \text{элпуть}(b, f, g) \& l(d) = n \& \\ & l(f) = m \& i \in \{1, \dots, n\} \& j \in \{1, \dots, m\} \& d(i) = f(j) \rightarrow \\ & \text{элток}(c, a, t)\text{элсопротивл}(c) + \sum_{k=1}^{i-1} \text{элток}(e(k), d(k+1), t)\text{элсопротивл}(e(k)) + \\ & \sum_{k=1}^{j-1} \text{элток}(g(k), f(k), t)\text{элсопротивл}(g(k)) = \\ & - \sum_{k=1}^{i-1} \text{Эдс}(d(k+1), d(k), e(k), t) - \sum_{k=1}^{j-1} \text{Эдс}(f(k), f(k+1), g(k), t)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgijmnt}(\text{истнапряж}(a, b, c, t) \& \text{элпуть}(a, d, e) \& \text{элпуть}(b, f, g) \& \\ & l(d) = n \& l(f) = m \& i \in \{1, \dots, n\} \& j \in \{1, \dots, m\} \& d(i) = f(j) \rightarrow \\ & \text{элток}(c, a, t)\text{элсопротивл}(c) + \sum_{k=1}^{i-1} \text{элток}(e(k), d(k+1), t)\text{элсопротивл}(e(k)) + \\ & \sum_{k=1}^{j-1} \text{элток}(g(k), f(k), t)\text{элсопротивл}(g(k)) = \\ & - \text{Эдс}(a, b, c, t) - \sum_{k=1}^{i-1} \text{Эдс}(d(k+1), d(k), e(k), t) - \\ & \sum_{k=1}^{j-1} \text{Эдс}(f(k), f(k+1), g(k), t)) \end{aligned}$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой. Вторым и третьим антецеденты обрабатываются пакетным синтезатором "элпуть". Вторым антецедент находит последовательность d вершин и последовательность e ребер - проводов либо источников напряжения, - проходимых на пути от вершины a к корню остовного дерева. Аналогично, третий антецедент находит последовательность f вершин и последовательность g ребер, проходимых на пути от вершины b к корню дерева. Четвертый и пятый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Шестой и седьмой антецеденты выделены указателем "программа", восьмой - указателем "идентификатор". Как и выше, здесь завершается определение простого замкнутого контура. Проверяется отсутствие посылки вида "Слой(x, y, c, z)" и наличие посылки с заголовком "истнапряж". Нормализатор "нормЭдс", используемый для обработки слагаемых в правой части выводимого равенства, полагает э.д.с. провода равной нулю. Уровень срабатывания равен 2.

Чтобы извлечь из уравнений, получаемых согласно правилам Кирхгофа, искомые величины токов, в анализатор введены дополнительные арифметические приемы. Все они сопровождаются указателем "внутрипреобр", т.е. выполняют эквивалентную либо тождественную замену:

- (i) Разрешение уравнения относительно тока.

$$\forall_{abpqt}(\text{элток}(a, b, t) + p = q \leftrightarrow \text{элток}(a, b, t) = q - p)$$

$$\forall_{abpqt}(-\text{элток}(a, b, t) + p = q \leftrightarrow \text{элток}(a, b, t) = p - q)$$

Выражение q не имеет заголовка "элток". Отсутствует посылка вида "элток(a, b, t) = d ". После применения приема веса всех посылок, содержащих выражение "элток(a, b, t)", понижаются до 2. Уровень срабатывания приема равен 4.

$$\forall_{abpqrt}(\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{элток}(a, b, t) + q = r \leftrightarrow \text{элток}(a, b, t) = (r - q)/p)$$

Выражение r не имеет заголовка "элток". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "элток(a, b, t) = d ". После применения приема веса всех посылок, содержащих выражение "элток(a, b, t)", понижаются до 2. Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abpqrst}(\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{элток}(a, b, t)/s + q = r \leftrightarrow \text{элток}(a, b, t) = (sr - sq)/p)$$

Аналогично предыдущему. Дополнительно требуется, чтобы выражения q, r не содержали неизвестных. Уровень срабатывания равен 6.

- (j) Подстановка выражения для тока.

Напомним, что в анализаторе отсутствуют общелогические приемы сканирования задачи. Поэтому даже такое простейшее действие, как подстановка согласно равенству из посылок, требует создания специального приема ГЕНОЛОГА.

$$\forall_{abcdkpt}(\text{элток}(a, b, t) = p \rightarrow k \cdot \text{элток}(a, b, t) + c = d \leftrightarrow kp + c - d = 0)$$

Выражение d не имеет заголовка "элток". Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Выражение p не содержит символа "напряжение". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdkpt}(\text{элток}(a, b, t) = p \rightarrow k \cdot \text{элток}(a, b, t) + c = d \leftrightarrow d = kp + c)$$

Выражение d имеет заголовок "элток". Антецедент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Уровень срабатывания равен 3.

- (k) Ориентация равенства.

$$\forall_{abct}(c = \text{элток}(a, b, t) \leftrightarrow \text{элток}(a, b, t) = c)$$

Выражение c не имеет заголовка "элток". Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Уровень срабатывания равен 0.

- (l) Переход к встречному току.

$$\forall_{abct}(\text{элсоед}(a, b, c, t) \rightarrow \text{элток}(c, a, t) = -\text{элток}(c, b, t))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение b лексикографически предшествует выражению a . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abct}(\text{истнапряж}(a, b, c, t) \rightarrow \text{элток}(c, a, t) = -\text{элток}(c, b, t))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 3.

- (m) Двойной минус.

$$\forall_a(- - a = a)$$

Уровень срабатывания равен 0.

- (n) Вынесение наружу минуса перед множителем.

$$\forall_{ab}(a \cdot (-b) = -ab)$$

Уровень срабатывания равен 0.

- (o) Раскрывание скобок.

$$\forall_{abcd}(a(b + c) = d \leftrightarrow ab + ac = d)$$

$$\forall_{abcde}(a(b + c) + e = d \leftrightarrow ab + ac + e = d)$$

Хотя бы одно из выражений b, c содержит неизвестные. Левая часть преобразованного равенства обрабатывается нормализатором раскрывания скобок "стандплюс". Уровень срабатывания равен 2.

(р) Линейная комбинация уравнений.

$$\forall_{abcdepqrt}(c \cdot \text{элток}(a, b, t) + d = e \ \& \ \neg(c = 0) \rightarrow p \cdot \text{элток}(a, b, t) + q = r \leftrightarrow qc - dp = rc - ep)$$

Прием преобразует посылку. Первый антецедент идентифицируется с другой посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражения e, r не имеют заголовка "элток". Прием вводит комментарий (Умножение $\text{элток}(a, b, t)$). Перед преобразованием посылки проверяется отсутствие такого комментария (Умножение A), что A встречается в заменяющем равенстве. Уровень срабатывания равен 5.

(q) Деление вольт на омы.

$$\forall_{ab}(a \cdot \text{В}/(b \cdot \text{Ом}) = a \cdot \text{А}/b)$$

Допускается переворачивание дробей. Уровень срабатывания равен 0.

(r) Использование равенства с численными параметрами, содержащего неизвестную.

Для передачи во внешнюю задачу результатов работы анализатора служат следующие два приема.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow \emptyset)$$

Консеквент " \emptyset " означает, что прием лишь вводит комментарий, не добавляя новых посылок и не изменяя старых. Антецедент идентифицируется с посылкой, не имеющей невырожденных числовых атомов. Она имеет тип "внешнеизв", т.е. содержит численные неизвестные внешней задачи на описание. Данная посылка не является посылкой той задачи на исследование Z , которая обратилась к анализатору. Чтобы обеспечить передачу посылки в задачу Z , прием помечает ее комментарием "внешвывод". Уровень срабатывания равен 6.

$$\forall_{Aabt}(\text{элток}(a, A, t) = b \rightarrow \emptyset)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем выражение b не содержит неизвестных. Выражение вида " $\text{элток}(a, x, t)$ " уже встречается в той задаче на исследование, которая обратилась к анализатору. Рассматриваемая посылка помечается комментарием "внешвывод". Уровень срабатывания равен 6.

10. Пакетный синтезатор "элпуть".

Синтезатор реализует утверждение " $\text{элпуть}(a, b, c)$ ". В качестве входного даного он получает вершину a остовного дерева электрической сети, построенного анализатором "элтоки". Структура этого дерева зафиксирована в группе посылок " $\text{Слой}(x, n, y, z)$ ". Здесь x - вершина дерева, отнесенная к n -му ярусу дерева (нумерация ярусов начинается с 0), y - ребро, ведущее к x от вершины предыдущего яруса z . Синтезатор "элпуть" определяет последовательность b вершин, проходимых на пути от a к корню, а также соответствующую последовательность ребер c .

(a) Шаг по направлению к корню.

$$\forall_{abcnpq}(\text{Слой}(a, n, b, c) \ \& \ \text{элпуть}(c, p, q) \rightarrow \text{элпуть}(a, \text{префикс}(a, p), \text{префикс}(b, q)))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение к синтезатору. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Корень дерева.

$\forall_a(\text{элпуть}(a, (a), \text{пустоеслово}))$

Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символами "элсоед", "Элсоед"

1. Отнесение к моменту промежутка.

$\forall_{ABTat}(\text{элсоед}(A, B, a, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{элсоед}(A, B, a, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Хотя бы одно из выражений вида "элсоед(x, y, z, t)" либо "истнапряж(x, y, z, t)" уже встречается в посылках. Уровень срабатывания равен 1.

2. Тепловая мощность проводника.

$\forall_{ABTatu}(t \in T \ \& \ \text{элсоед}(A, B, a, T) \ \& \ \text{напряжение}(A, B, t) = u \rightarrow \text{теплмощность}(a, t) = u^2/\text{Элсопротивл}(a, t))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплмощность(a, t)" в посылке задачи на исследование. Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором, третий - выделен указателем "идентификатор". В посылках встречается выражение "коэффсопротивл(a)". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABTatu}(t \in T \ \& \ \text{элсоед}(A, B, a, T) \ \& \ \text{напряжение}(A, B, t) = u \rightarrow \text{теплмощность}(a, t) = u^2/\text{элсопротивл}(a, t))$

Аналогично предыдущему, но выражение "коэффсопротивл(a)" в посылках не встречается.

$\forall_{ABTatu}(\text{элсоед}(A, B, a, T) \ \& \ \text{напряжение}(A, B, T) = u \rightarrow \text{теплмощность}(a, T) = u^2/\text{элсопротивл}(a))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплмощность(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение "коэффсопротивл(a)" в посылках не встречается. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABIat}(\text{элсоед}(A, B, a, t) \ \& \ \text{элток}(a, A, t) = I \rightarrow \text{теплмощность}(a, t) = I^2\text{элсопротивл}(a))$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплмощность(a, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем выражение I не содержит неизвестных. Выражение "коэффсопротивл(a)" в посылках не встречается. Уровень срабатывания равен 2.

3. Проверочный оператор "усмЭлсоед" усмотрения наличия цепи проводников, соединяющей заданные точки и не содержащей проводников заданного списка.

- (a) Идентичные точки.

$$\forall_{abt}(\text{Элсоед}(a, a, b, t))$$

Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Прохождение через проводник.

$$\forall_{abcdpt}(\text{элсоед}(a, c, d, t) \ \& \ \text{Элсоед}(c, b, p \cup \{d\}, t) \rightarrow \text{Элсоед}(a, b, p, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение. Выражение p не содержит такого параметра x , для которого проверочным оператором усматривалась бы истинность утверждения "элчасть(d, x, t)". Напомним (см. выше раздел "Технические устройства"), это утверждение означает, что в момент либо период t проводник либо источник напряжения d является частью параллельно - последовательного соединения x . Уровень срабатывания равен 2.

- (c) Прохождение через источник напряжения.

$$\forall_{abcdpt}(\text{истнапряж}(c, a, d, t) \ \& \ \text{Элсоед}(c, b, p \cup \{d\}, t) \rightarrow \text{Элсоед}(a, b, p, t))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "элпровод"

1. Результат растяжения электрического провода - электрический провод.

$$\forall_{Tad}(\text{элпровод}(a) \ \& \ \text{растяжение}(a, d, T) \rightarrow \text{элпровод}(d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

2. Площадь сечения, длина и объем.

$$\forall_a(\text{элпровод}(a) \rightarrow \text{площсечения}(a)\text{длина}(a) = \text{объем}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "площсечения(a)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение "объем(a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания приема равен 3.

Приемы, связанные с символом "коэффсопротивл"

Создан нормализатор "нормкоэффсопротивл". Он имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее значение температурного коэффициента сопротивления.

Приемы, связанные с символами "элсопротивл", "Элсопротивл"

1. Зависимость сопротивления от температуры.

$$\forall_{at}(\text{Элсопротивл}(a, t) = \text{элсопротивл}(a)(1 + \text{коэффсопротивл}(a)\text{температура}(a, t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "Элсопротивл(a, t)" в послылке задачи на исследование. Выражение "коэффсопротивл(a)" встречается в послылках. Уровень срабатывания равен 3.

2. Сопротивление цилиндрического проводника.

$$\forall_{ad}(\text{элпровод}(a) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \rightarrow \text{элсопротивл}(a) = \text{удельнсопротивл}(d)\text{длина}(a)/\text{площсечения}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элсопротивл(a)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Хотя бы одно из выражений "длина(a)", "площсечения(a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ad}(\text{элпровод}(a) \rightarrow \text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{элсопротивл}(a) = \text{удельнсопротивл}(d)\text{длина}(a)/\text{площсечения}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элсопротивл(a)" в послылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с послылкой. Посылка вида "вещество(a, x)" отсутствует. Хотя бы одно из выражений "длина(a)", "площсечения(a)" уже встречается в задаче. Прием вводит новую переменную d . Уровень срабатывания равен 3.

3. Сопротивление токопроводящего длинномерного тела.

$$\forall_{ad}(\text{проводник}(a) \ \& \ \text{длинномерный}(a) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \rightarrow \text{элсопротивл}(a) = \text{удельнсопротивл}(d)\text{длина}(a)/\text{площсечения}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элсопротивл(a)" в послылке задачи на исследование. Третий антецедент идентифицируется с послылкой, первые два - обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует послылка "элпровод(a)". Хотя бы одно из выражений "длина(a)", "площсечения(a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

4. Сопротивление параллельного соединения.

$$\forall_{abnt}(\text{паралсоед}(a, b, t) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \text{элсопротивл}(a) = 1 / \sum_{i=1}^n (1/\text{элсопротивл}(b(i))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элсопротивл(a)" в послылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3.

5. Сопротивление последовательного соединения.

$$\forall_{abnt}(\text{последсоед}(a, b, t) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \text{элсопротивл}(a) = \sum_{i=1}^n \text{элсопротивл}(b(i)))$$

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 1.

6. Закон Ома для участка цепи.

$$\forall_{abctu}(\text{напряжение}(a, b, t) = u \ \& \ \text{элсоед}(a, b, c, t) \ \& \ \text{элсопротивл}(c) = r \rightarrow u = \text{элток}(c, a, t)r)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "идентификатор". Выражение u не содержит символа "напряжение", а выражение r - символа "элсопротивл". Отсутствует посылка вида "паралсоед(x, y, t)", такая, что c - подвыражение выражения y . Уровень срабатывания равен 3. Созданы еще четыре версии приема:

- (a) Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения вида "напряжение(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Вторым антецедентом идентифицируется с посылкой, а первый и третий - выделены указателем "идентификатор". Выражение r не содержит символа "элсопротивл". Выражение "элток(c, a, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.
- (b) Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "идентификатор". Либо выражение u не содержит символа "напряжение", либо выражение r - символа "элсопротивл". Отсутствует посылка вида "паралсоед(x, y, t)", такая, что c - подвыражение выражения y . Уровни срабатывания равны 4 и 5.
- (c) Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения вида "элток(c, a, t)" в посылке задачи на исследование. Вторым антецедентом идентифицируется с посылкой, а первый и третий - выделены указателем "идентификатор". Выражение r не содержит символа "элсопротивл". Существует посылка вида "паралсоед(x, y, t)", такая, что либо x совпадает с c , либо c входит в y . Выражение "элток(c, a, t)" имеет тип "неизв". Уровень срабатывания равен 5.
- (d) Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении подвыражения вида "напряжение(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Вторым антецедентом идентифицируется с посылкой, а первый и третий - выделены указателем "идентификатор". Каждое подвыражение выражения r , имеющее вид "элсопротивл(x)", уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 5.

7. Закон Ома для полной цепи.

$$\forall_{ABabt}(\text{истнапряж}(A, B, a, t) \ \& \ \text{элсоед}(A, B, b, t) \rightarrow (\text{элсопротивл}(a) + \text{элсопротивл}(b))\text{элток}(b, A, t) = \text{эдс}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Хотя бы одно из выражений "элток(b, A, t)", "элсопротивл(b)" уже встречается в задаче. Отсутствует посылка вида "паралсоед(x, y, t)", такая, что a либо b - подвыражение выражения y . В задаче не встречается выражение вида "Элсопротивл(b, x)". Уровни срабатывания равны 3 и 5.

$$\forall_{ABTabt}(\text{истнапряж}(A, B, a, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{элсоед}(A, B, b, t) \rightarrow (\text{элсопротивл}(a) + \text{элсопротивл}(b))\text{элток}(b, A, t) = \text{эдс}(a, T))$$

Аналогично предыдущему. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Создана еще одна версия данного приема, срабатывающая на уровне 4. В ней требуется наличие посылки вида "паралсоед(b, x, t)" либо "последсоед(b, x, t)". При этом выражение вида "элсопротивл(y)" должно уже встречаться в задаче.

$$\forall_{ABT} \text{истнапряж}(A, B, a, T) \ \& \ \text{элсоед}(A, B, b, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \\ (\text{элсопротивл}(a) + \text{Элсопротивл}(b, t)) \text{элток}(b, A, t) = \text{эдс}(a, T)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "Элсопротивл(b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "паралсоед(x, y, t)", такая, что a либо b - подвыражение выражения y . Уровни срабатывания равны 3 и 5.

8. Закон Ома для фрагмента последовательного соединения.

$$\forall_{ABCabcdnt} (\text{последсоед}(a, b, t) \ \& \ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{элсоед}(A(i), A(i+1), c(i), t)) \\ \& \ \forall_j (j \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{напряжение}(A(j), A(j+1), t) = d(j)) \ \& \\ \text{отрезокнабора}(c, b) \rightarrow \\ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{элток}(c(1), A(1), t) \text{элсопротивл}(c(i)) = d(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Режим развертки здесь отсутствует, т.е. вторая и третья посылки суть кванторные импликации. Переменные A, c идентифицируются с переменными, переменная d - функциональная. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выводимое утверждение тоже представляет собой кванторную импликацию. Уровень срабатывания равен 3.

9. Усмотрение ограничений на варьируемое сопротивление.

$$\forall_{ABdru} (\text{элсоед}(A, B, d, u) \ \& \ \text{элсопротивл}(d) = r \leftrightarrow r - \text{число} \ \& \ 0 \leq r)$$

Прием имеет заголовок "заменаусловия(второйтерм)" и применяется к паре условий задачи на описание, имеющей цель "исключ", т.е. решаемой для исключения всех несущественных неизвестных. Переменная r - существенная неизвестная, причем все прочие неизвестные несущественные. Переменные d, r в других условиях не встречаются. После применения приема все остальные условия задачи отбрасываются. Уровень срабатывания равен 1. Прием используется в ситуациях, когда нужно подобрать значение некоторого сопротивления, оптимизирующее заданный параметр. Именно, он срабатывает во вспомогательной задаче на описание, определяющей совокупность ограничений на значения варьируемого сопротивления. Подробнее о таких задачах - см. в конце данной главы, в разделе, посвященном поиску наибольших либо наименьших значений путем численной параметризации.

10. Выражение сопротивления из простейших уравнений.

$$\forall_{abc} (\text{элсопротивл}(a)/b = c \leftrightarrow \text{элсопротивл}(a) = bc)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражение c не является невырожденным числовым атомом. Уровень срабатывания равен 5.

11. Нормализатор общей стандартизации "нормэлсопротивл".

(a) Использование равенства из посылок, дающего значение сопротивления. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Сопротивление параллельного соединения.

$$\forall_{abnt}(\text{параллсоед}(a, b, t) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \text{элсопротивл}(a) = 1 / \sum_{i=1}^n (1 / \text{элсопротивл}(b(i))))$$

Выражение b имеет заголовок "набор". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2.

(c) Сопротивление последовательного соединения.

$$\forall_{abnt}(\text{последсоед}(a, b, t) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \text{элсопротивл}(a) = \sum_{i=1}^n \text{элсопротивл}(b(i)))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "элсопротмежду"

1. Ввод фиксированной разности потенциалов между точками для определения токов.

Чтобы определить сопротивление не содержащей источников тока сети между двумя ее точками, вводится фиксированная разность потенциалов в 1В между этими точками. Далее будут вычисляться токи в сети, и через них - определяться сопротивление между указанными точками.

$$\forall_{ABt}(\text{напряжение}(A, B, t) = 1\text{В})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элсопротмежду(A, B, t)" в посылке задачи на исследование. Отсутствует посылка, содержащая символ "напряжение". Отсутствуют также посылки с заголовками "истнапряж", "источнапряж". Уровень срабатывания равен 1.

2. Закон Ома.

$$\forall_{abcdntu}(\text{напряжение}(a, b, t) = u \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{элсоед}(a, c(i), d(i), t)) \rightarrow \text{элсопротмежду}(a, b, t) \sum_{i=1}^n \text{элток}(d(i), a, t) = u)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элсопротмежду(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем второй антецедент - с группой посылок. Переменные c, d функциональные. Выражение "элсопротмежду(a, b, t)" имеет тип "неизв", выражение u - не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3. Обычно после срабатывания приема происходит активизация анализатора "элтоки", определяющего токи в сети по правилам Кирхгофа.

Приемы, связанные с символом "эдс"

1. Напряжение между контактами источника напряжения при разомкнутой цепи.

$$\forall_{ABT} \text{истнапряж}(A, B, a, T) \ \& \ \text{эдс}(a, T) = u \rightarrow \text{напряжение}(A, B, T) = u$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Не усматривается, что T - момент времени. Проверочный оператор не усматривает истинность утверждения "Элсоед($A, B, \{a\}, T$)". Отсутствует посылка вида "элсоед(x, y, z, s)", для которой усматривалась бы принадлежность момента s промежутку T . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{T} \text{истнапряж}(a, b, c, T) \ \& \ t \in T \rightarrow \text{напряжение}(a, b, t) = \text{эдс}(c, T)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "напряжение(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Проверочный оператор не усматривает истинность утверждения "Элсоед($a, b, \{c\}, t$)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abct} \text{истнапряж}(a, b, c, t) \rightarrow \text{напряжение}(a, b, t) = \text{эдс}(c, t)$$

Аналогично предыдущему, но в отсутствии второго антецедента.

2. Э.д.с. последовательного соединения источников напряжения.

$$\forall_{ABanrt} (l(a) = n \ \& \ \text{последсоед}(r, a, t) \ \& \ \text{истнапряж}(A, B, r, t) \rightarrow \text{эдс}(r, t) = \sum_{i=1}^n \text{эдс}(a(i), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, имеющая тот же уровень срабатывания. У нее выражение a не имеет заголовка набор, а конечная сумма выписывается в своем обычном виде.

3. Э.д.с. параллельного соединения источников напряжения.

$$\forall_{ABanrt} (l(a) = n \ \& \ \text{паралсоед}(r, a, t) \ \& \ \text{истнапряж}(A, B, r, t) \rightarrow \text{эдс}(r, t) = \sum_{i=1}^n (\text{эдс}(a(i), t) / \text{элсопротивл}(a(i))) / \sum_{i=1}^n (1 / \text{элсопротивл}(a(i))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, первый - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, имеющая тот же уровень срабатывания. У нее выражение a не имеет заголовка набор, а конечная сумма выписывается в своем обычном виде.

4. Нормализатор общей стандартизации "нормэдс".

Создан единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее явное выражение для э.д.с.

5. Нормализатор общей стандартизации "нормЭдс".

(а) Проводник.

$$\forall_{abct}(\text{элсоед}(a, b, c, t) \rightarrow \exists \text{дс}(a, b, c, t) = 0)$$

Антеcedент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 1.

(б) Источник напряжения.

$$\forall_{abct}(\text{истнапряж}(a, b, c, t) \rightarrow \exists \text{дс}(a, b, c, t) = \text{эдс}(c, t))$$

$$\forall_{abct}(\text{истнапряж}(b, a, c, t) \rightarrow \exists \text{дс}(a, b, c, t) = -\text{эдс}(c, t))$$

Антеcedент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приемов равен 2.

Приемы, связанные с символом "элрбота"

1. Величина работы источника тока по изменению заряда.

$$\forall_{ABT} \text{ар} q u v (\text{истнапряж}(A, B, a, T) \& T = [p, q] \& \text{Элзаряд}(A, p) = u \& \text{Элзаряд}(A, q) = v \rightarrow \text{элрбота}(a, T) = (v - u)\text{эдс}(a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "элрбота(a, T)" в посылке задачи на исследование. Первые два антеcedента идентифицируются с посылками, последние два - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 4. У нее отсутствует указатель "контрольвывода", а все антеcedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование. В задаче встречается символ "теплэнергия".

2. Работа силы, извлекающей пластину, расположенную между обкладками конденсатора, подключенного к источнику.

$$\forall_{ABT} \text{abd} h i j s t (\text{конденсатор}(a) \& \text{вынимается}(b, d, a, T) \& \text{пластконденс}(a, i) = A \& \text{пластконденс}(a, j) = B \& \text{истнапряж}(A, B, h, T) \& T = [t, s] \& \text{внутробъект}(b, a, t) \rightarrow \text{работасилы}(d, b, T) + \text{элрбота}(h, T) = \text{энергконденс}(a, s) - \text{энергконденс}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антеcedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Отсутствует посылка с заголовком "источнапряж". Отсутствует посылка вида "элсоед(\dots, T)" либо посылка вида "истнапряж(\dots, T)", отличная от идентифицированной с пятым антеcedентом. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "истнапряж"

1. Полная мощность источника напряжения.

$$\forall_{abcpt}(\text{истнапряж}(a, b, p, t) \& \text{элсоед}(a, b, c, t) \rightarrow \text{полномощность}(p, t) = \text{эдс}(p, t)\text{элток}(c, a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "полномощность(p, t)"

в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Проверочный оператор не усматривает истинность утверждения "Элсоед($a, b, \{c, p\}, t$)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Tabcpt}(\text{истнапряж}(a, b, p, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{элсоед}(a, b, c, t) \rightarrow \text{полнмощность}(p, t) = \text{эдс}(p, t)\text{элток}(c, a, t))$$

Аналогично предыдущему, но второй антецедент обрабатывается проверочным оператором.

2. Полезная мощность источника напряжения.

$$\forall_{ABTabt}(\text{истнапряж}(A, B, a, T) \ \& \ t \in T \ \& \ \text{элсоед}(A, B, b, t) \rightarrow \text{полнмощность}(a, b, t) = \text{элток}(b, A, t)\text{напряжение}(A, B, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "полнмощность(a, b, t)" в посылке задачи на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "элдвигатель(b)", а также посылка с заголовком "истнапряж", отличная от идентифицированной с первым антецедентом. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABabt}(\text{истнапряж}(A, B, a, t) \ \& \ \text{элсоед}(A, B, b, t) \rightarrow \text{полнмощность}(a, b, t) = \text{элток}(b, A, t)\text{напряжение}(A, B, t))$$

Аналогично предыдущему.

3. Напряжение на полюсах источника, находящегося в замкнутой цепи.

$$\forall_{ABat}(\text{истнапряж}(A, B, a, t) \rightarrow \text{напряжение}(A, B, t) = \text{эдс}(a, t) + \text{элсопротивл}(a)\text{элток}(a, A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение "напряжение(A, B, t)" уже встречается в задаче. Отсутствует посылка вида "элсоед(A, B, c, t)". Существует посылка вида "элсоед(C, x, y, z)" либо вида "истнапряж(C, x, y, z)", либо вида "истнапряж(x, C, y, z)", где y отлично от a , причем C совпадает с A либо с B . Уровень срабатывания равен 4.

4. Ток через источник напряжения.

$$\forall_{ABabt}(\text{истнапряж}(A, B, a, t) \ \& \ \text{элсоед}(A, B, b, t) \rightarrow \text{элток}(b, A, t) = -\text{элток}(a, A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "элсоед(A, B, x, t)" при x отличном от b , а также посылка вида "истнапряж(A, B, x, t)" при x отличном от a . Существуют посылки вида "последсоед(a, y, t)" и "истнапряж(u, v, w, t)", такие, что w - подвыражение выражения y , а выражение "напряжение(u, v, t)" встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "электролиз"

1. Ввод в рассмотрение электролита при электролизе.

$$\forall_{ab}(\text{электролиз}(a) \rightarrow \text{электролит}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "электролит(a, x)". Прием вводит новую переменную b . Уровень срабатывания равен 1.

2. Первый закон Фарадея.

$$\forall_{BTabc}(\text{электролиз}(r) \& \text{анод}(r, a) \& \text{электролит}(r, c) \& \text{выделяетсяна}(r, a, B) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{Период}(r) = T \rightarrow \text{масса}(B) = \text{элхимэкв}(b)\text{элток}(c, a, T)\text{длина}(T))$$

$$\forall_{BTabcpr}(\text{электролиз}(r) \& \text{анод}(r, a) \& \text{катод}(r, p) \& \text{электролит}(r, c) \& \text{выделяетсяна}(r, p, B) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{Период}(r) = T \rightarrow \text{масса}(B) = \text{элхимэкв}(b)\text{элток}(c, a, T)\text{длина}(T))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "идентификатор". Выражение вида "кпд(r, a, x)" в задаче не встречается. В посылках отсутствует кванторная импликация, содержащая подвыражение вида "элток(x, a, y)", где y - переменная связывающей приставки. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{BTabcd}(\text{электролиз}(r) \& \text{анод}(r, a) \& \text{электролит}(r, c) \& \text{выделяетсяна}(r, a, B) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{Период}(r) = T \& \text{кпд}(r, a, T) = d \rightarrow \text{масса}(B) = d\text{элхимэкв}(b)\text{элток}(c, a, T)\text{длина}(T))$$

$$\forall_{BTabcdpr}(\text{электролиз}(r) \& \text{анод}(r, a) \& \text{катод}(r, p) \& \text{электролит}(r, c) \& \text{выделяетсяна}(r, p, B) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{Период}(r) = T \& \text{кпд}(r, a, T) = d \rightarrow \text{масса}(B) = d\text{элхимэкв}(b)\text{элток}(c, a, T)\text{длина}(T))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. В посылках отсутствует кванторная импликация, содержащая подвыражение вида "элток(x, a, y)", где y - переменная связывающей приставки. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABTabcfrst}(\text{электролиз}(r) \& \text{анод}(r, a) \& \text{электролит}(r, c) \& \text{выделяетсяна}(r, a, B) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{Период}(r) = [s, t] \& \forall_x(x \in A \rightarrow \text{элток}(c, a, x) = f(x)) \& [s, t] \subseteq A \rightarrow \text{масса}(B) = \text{элхимэкв}(b) \int_s^t f(x) dx)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме последнего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой антецедент выделен указателем "равно". Переменная f функциональная. Выражение вида "кпд(r, a, x)" в задаче не встречается. Уровень срабатывания равен 3.

3. Объем выделившегося на электроде вещества.

$$\forall_{Var}(\text{электролиз}(r) \ \& \ \text{выделяетсяна}(r, a, B) \rightarrow \text{объем}(B) = S(a)\text{толщина}(B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "объем(B)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Выражение "толщина(B)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

4. Плотность тока на аноде.

$$\forall_{Tabr}(\text{электролиз}(r) \ \& \ \text{анод}(r, a) \ \& \ T \subseteq \text{Период}(r) \ \& \ \text{электролит}(r, b) \rightarrow \text{плотнтока}(r, a, T)S(a) = \text{элток}(b, a, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "плотнтока(r, a, T)" в послылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

5. Энергия, затрачиваемая на процесс электролиза.

$$\forall_{Tabcr}(\text{электролиз}(r) \ \& \ \text{анод}(r, a) \ \& \ \text{катод}(r, b) \ \& \ \text{Период}(r) = T \ \& \ \text{электролит}(r, c) \rightarrow \text{энергэлектролиза}(r) = \text{элток}(c, a, T)\text{напряжение}(a, b, T)\text{длина}(T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "энергэлектролиза(r)" в послылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с послылками. Уровень срабатывания равен 3.

6. Усмотрение соединения через электролит.

$$\forall_{Tabcr}(\text{анод}(r, a) \ \& \ \text{катод}(r, b) \ \& \ \text{электролит}(r, c) \ \& \ \text{Период}(r) = T \rightarrow \text{элсоед}(a, b, c, T))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "удельнсопротивл"

Создан единственный прием, выполняющий ориентацию равенства:

$$\forall_{ab}(a = \text{удельнсопротивл}(b) \leftrightarrow \text{удельнсопротивл}(b) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к послылке. Выражение a не имеет заголовка "удельнсопротивл". Преобразованная послылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "плотнтока"

Создан единственный прием - про силу тока через электрод:

$$\forall_{abcdt}(\text{элсоед}(a, d, b, t) \ \& \ \text{плотнтока}(a, b, t) = c \rightarrow \text{элток}(b, a, t) = cS(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "подзарядка"

Создан единственный прием - про выделение тепловой энергии при подзарядке:

$$\forall_{Tabcijpst}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{подзарядка}(a, T) \ \& \ \text{пластконденс}(a, i) = b \ \& \ \text{пластконденс}(a, j) = c \ \& \ \text{истнапряж}(b, c, p, T) \rightarrow \text{элрбота}(p, T) = \text{теплэнергия}(a, T) + \text{энергконденс}(a, s) - \text{энергконденс}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка с заголовком "источнапряж". Отсутствуют посылки вида "элсоед(x, y, z, T)", а также посылки вида "истнапряж(x, y, z, T)", отличные от посылки, идентифицированной с последним антецедентом. Выражения i, j различны. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "пробой"

Создан единственный прием - про выделение тепловой энергии при пробое:

$$\forall_{Tast}(\text{конденсатор}(a) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{элпробой}(a, T) \rightarrow \text{теплэнергия}(a, T) = \text{энергконденс}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения вида "теплэнергия(a, T)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

1.16 Поиск экстремальных значений путем численной параметризации

Примеры задач

Ряд рассмотренных задач по элементарной физике был связан с ситуациями, когда некоторые их параметры имели экстремальные значения. Здесь различаются два случая:

1. Упомянутый в задаче численный параметр a имеет наибольшее либо наименьшее значение, при котором возможна истинность утверждений, описывающих контекст (т.е. посылок задачи). Тогда к посылкам задачи добавляется еще одна, фиктивная, посылка - соответственно, "Наибольшее(a)" либо "Наименьшее(a)".
2. Упомянутый в задаче параметр a (не обязательно численный) имеет такое значение, при котором достигается наибольшее либо наименьшее значение некоторого численного выражения t . Тогда к посылкам задачи добавляется еще одна, фиктивная, посылка - "Наибольший(t, a)" либо "Наименьший(t, a)". Допускается также ситуация, когда a - не единичный параметр, а набор параметров, заданный выражением "набор(a_1, \dots, a_n)".

Приведем примеры задач такого типа и их логической записи.

1. Два тела начинают одновременно двигаться по прямой навстречу друг другу с начальными скоростями 10 м/сек и 2- м/сек и с постоянными ускорениями $2 \cdot \text{м/сек}^2$ и $1 \cdot \text{м/сек}^2$, направленными противоположно соответствующим начальным скоростям. Определите, при каком максимальном начальном расстоянии между телами они встретятся в процессе движения.

Посылки задачи:

"Равноускоренное(a, K, T)"

"Равноускоренное(b, K, T)"

"прямокоорд(K)"

" $T = [t_1, t_2]$ "

"Скорость(a, K, t_1) = v_1 "

"Скорость(b, K, t_1) = v_2 "

"крд($v_1, K, 1$) = 10м/сек"

"крд($v_2, K, 1$) = -20м/сек"

"одномерный(v_1, K)"

"одномерный(v_2, K)"

"Ускорение(a, K, T) = w_1 "

"Ускорение(b, K, T) = w_2 "

"одномерный(w_1, K)"

"одномерный(w_2, K)"

"крд($w_1, K, 1$) = $-2 \cdot \text{м/мbox}^2$ "

"крд($w_2, K, 1$) = $1 \cdot \text{м/мbox}^2$ "

" $t \in T$ "

"Место(a, t) = Место(b, t)"

"Место(a, t_1) = A "

"Место(b, t_1) = B "

"крд($A, K, 1$) < крд($B, K, 1$)"

" $s = l(AB)$ "

"Наибольшее(s)"

" $\{A, B\} \subseteq \text{осьабсцисс}(K)$ "

Условие задачи:

$$"x = s"$$

Неизвестная задачи - x .

2. Скорость течения реки 5 м/сек, ее ширина 32 м. Переправляясь через реку на лодке, скорость которой относительно воды 4 м/сек, рулевой обеспечил наименьший снос лодки течением. Чему равен этот снос ?

Посылки задачи:

$$"\text{Равндвиж}(a, T)"$$

$$"\text{Путь}(a, T) = \text{Отрезок}(C, D)"$$

$$"\text{прямая}(AB) \parallel \text{прямая}(CE)"$$

$$"D \in \text{прямая}(AB)"$$

$$"\text{прямая}(AC) \perp \text{прямая}(AB)"$$

$$"l(AC) = 32\text{м}"$$

$$"\text{Скорость}(a, b, T) = u"$$

$$"\text{Равндвиж}(b, T)"$$

$$"\text{длина}(u) = 4\text{м/сек}"$$

$$"\text{Скорость}(b, K, T) = r"$$

$$"\text{неподв}(K, T)"$$

$$"\text{длина}(r) = 5\text{м/сек}"$$

$$"\text{уголмежду}(r, \text{вектор}(AB)) = 0"$$

$$"\text{Наименьший}(l(AD), u)"$$

"планиметрия"

Условие задачи:

$$"x = l(AD)"$$

Неизвестная задачи - x .

Процедура сведения задачи к численной оптимизации

Если задача на исследование имеет посылку с заголовком "Наибольший", "Наименьший", "Наибольшее", "Наименьшее", то на уровне 0 срабатывает прием, предпринимающий попытку установить явное значение экстремального значения соответствующего параметра. Этот прием реализован на ЛОСе. Выйти на начальную точку его программы можно через пункт "Приемы решателя" - "Общие приемы" - "Задачи на исследование" - "Решение задач на поиск наименьших либо наибольших значений путем численной параметризации" - "Исходная точка" оглавления программ. Опишем действия этой программы.

Прежде всего, проверяется, что текущая задача на исследование имеет цель "известно" и что она обладает посылкой, заголовком которой служит один из символов "Наименьшее", "Наибольшее", "Наименьший", "Наибольший". Переменной x_6 присваивается произвольная такая посылка. Переменной x_8 присваивается последний корневой операнд посылки, а переменной x_9 - первый. Во всех четырех случаях x_8 - варьируемый параметр a либо терм "набор(...)" для группы таких параметров. Если корневых операндов два, то x_9 - оптимизируемое выражение t . Переменной x_{10} присваивается список посылок задачи.

Если посылка имеет заголовок "Наибольший" либо "Наименьший", то варьируемые параметры могут оказаться нечисловыми. В этом случае после контрольной точки "прием(12)" предпринимается обращение к синтезатору "параметризация", который по набору x_8 и списку посылок x_{10} выбирает набор варьируемых численных параметров, определяющих своими значениями значения исходных параметров x_8 . Численные параметры могут быть как исходными переменными текущей задачи x_1 , так и новыми переменными. При этом выходной переменной x_{11} присваивается конъюнкция утверждений - равенств, выражающих значения вспомогательных численных переменных через исходные переменные x_8 , а также утверждения "число(x)" для всех выбранных численных параметров (старых либо новых). Далее переменной x_8 переприсваивается терм для набора численных варьируемых параметров. К списку x_{10} присоединяются все конъюнктивные члены утверждения x_{11} , и откат к переходу через "ветвь 1".

Здесь переменной x_{11} присваивается набор параметров терма x_8 , переменной x_{12} - список неизвестных текущей задачи, пополненный переменными x_{11} , переменной x_{13} - список неизвестных текущей задачи, не вошедших в x_{11} .

Переменной x_{15} присваивается вспомогательная задача на описание. Она имеет единственную вырожденную посылку "истина". Условиями служат все элементы списка x_{10} , отличные от исходной посылки x_6 . В задаче требуется получить полное явное описание неизвестных списка x_{12} , причем неизвестные списка x_{13} объявляются несущественными. Задача имеет цель "исключ", т.е. из ответа должны быть исключены все упоминания о несущественных неизвестных. Задача решается с максимальным уровнем 8. Ответом x_{16} данной задачи служит утверждение, характеризующее допустимые значения варьируемых численных параметров. Если задачу x_{15} решить не удалось, то и на текущую задачу выдается отказ. Иначе - переменной x_{17} присваивается набор конъюнктивных членов утверждения x_{16} , а переменной x_{18} - результат отбрасывания из x_{17} фиктивной посылки "планиметрия", если она там была. Проверяется, что все переменные списка x_{13} оказались исключены. Далее действия разветвляются:

1. Посылка х6 имеет заголовок "Наибольший" либо "Наименьший". Тогда определены оптимизируемое выражение t и варьируемые параметры a . Как указывалось выше, они сведены к набору х11 варьируемых численных параметров. Выражение t присваивается переменной х19. Выбирается новая переменная y , присваиваемая программной переменной х20. Находится результат х21 объединения всех известных параметров текущей задачи с переменными списка х11. После этого создается задача на описание х22. Ее посылками служат все элементы списка х10, отличные от исходной посылки х6. Условиями являются утверждения "число(y)" и " $y = t$ ". Задача имеет цели "полный", "явное", "прямойответ", "упростить", "неизвестные y ", "известно х21". Максимальный уровень задачи равен 10. Проверяется, что ответ задачи имеет вид " $y = s$ ". В этом случае s выражает оптимизируемую величину через исходные известные данные и через численные варьируемые параметры х11. Выражение s присваивается переменной х24, и переход через "ветвь 3".

Здесь переменной х25 присваивается выражение A вида " $\lambda_{x_1 \dots x_n}(s, x_1 - \text{число} \& \dots \& x_n - \text{число})$ ", где x_1, \dots, x_n - все переменные списка х11. Переменной х28 присваивается пара новых переменных u, v , и формируется утверждение х29, имеющее в случае заголовка "Наименьший" терма х6 вид " $\text{Min}(A, B, u, v)$ ", а в случае заголовка "Наибольший" - вид " $\text{Max}(A, B, u, v)$ ". Здесь B - выражение вида "класс(х11 и(х18))". Далее создается задача на описание х30, в которой и выполняется численная оптимизация. Посылками задачи х30 служат все не содержащие неизвестных посылки текущей задачи, условиями - утверждения х29, "число(v)", "множество(u)". Неизвестные задачи - u, v . Максимальный уровень задачи равен 9.

Если на задачу х30 получен отказ, то выдается отказ на текущую задачу. Иначе - переменной х32 присваивается набор конъюнктивных членов ответа. В списке х32 находится утверждение вида " $v = r$ ", и переменной х34 присваивается утверждение " $t = r$ ", фиксирующее найденное экстремальное значение выражения t . Далее, в списке х32 находится утверждение " $u = M$ ". Для каждой переменной x_i списка х11 в наборе х10 находится равенство " $x_i = q_i$ ", выражающее эту переменную через исходные варьируемые параметры. Утверждение х34 преобразуется в " $x34 \& (q_1, \dots, q_n) \in M$ ". Наконец, исходное утверждение х6 заменяется в текущей задаче на х34, и выполнение приема завершается.

2. Посылка х6 имеет заголовок "Наименьшее" либо "Наибольшее". Переменной х19 присваивается варьируемая переменная a . Формируется выражение х20, имеющее в случае заголовка "Наименьшее" вид "инф(класс(х19 и(х18)))", а в случае заголовка "Наибольшее" - вид "суп(класс(х19 и(х18)))". Создается задача на преобразование х23, посылками которой служат все не содержащие неизвестных посылки текущей задачи, а условием - выражение х20. Единственная цель задачи - "упростить". Максимальный уровень равен 6. Если на задачу получен ответ r , не содержащий символов "инф", "суп", то посылка х6 заменяется в текущей задаче на равенство " $a = r$ ". На этом выполнение приема завершается.

Пакетный синтезатор "параметризация"

Синтезатор реализует вспомогательное утверждение "параметризация(a, b)". Входным данным служит набор a варьируемых переменных посылки "Наименьший(...)", "Наибольший(...)", "Наименьшее(...)", "Наибольшее(...)", либо единственная такая переменная. В обоих случаях a имеет формат терма. Синтезатор находит набор x численных переменных, через которые выражаются переменные a , возможно, вводя для этой цели новые переменные. Выходной переменной b присваивается конъюнкция равенств, выражающих значения численных переменных через исходные переменные (если они не совпадают), а также утверждений "число(x_1)" для всех численных переменных набора x . На рассматривавшихся задачах понадобились лишь следующие простейшие приемы синтезатора:

1. Пустой набор. Теорема приема имеет вид "параметризация(пустое слово, истина)". Уровень срабатывания равен 1.
2. Ввод в рассмотрение угла между вектором и заданным направлением.

$$\forall_{ABamuvxy} (\text{Вектор}(x) \ \& \ \text{длина}(x) = a \ \& \ \text{параметризация}(v, m) \rightarrow \text{параметризация}(\text{префикс}(u, v), m \ \& \ \text{угол между}(x, \text{вектор}(AB)) = y \ \& \ y - \text{число}))$$

Второй антецедент идентифицируется с посылкой, причем выражение a не содержит неизвестных. Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, третий - реализует рекурсивное обращение. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида "угол между(c , вектор(AB)) = d ". Имеется посылка "планиметрия". Прием вводит новую переменную y . Уровень срабатывания равен 2.

3. Численный параметр.

$$\forall_{muv} (u - \text{число} \ \& \ \text{параметризация}(v, m) \rightarrow \text{параметризация}(\text{префикс}(u, v), m \ \& \ u - \text{число}))$$

Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором, второй - реализует рекурсивное обращение. Уровень срабатывания равен 1.

4. Координаты вектора, расположенного в вертикальной плоскости.

$$\forall_{Kmuvmxyz} (\text{Вектор}(x) \ \& \ \text{вертплосквект}(x, K) \ \& \ \text{параметризация}(v, m) \rightarrow \text{параметризация}(\text{префикс}(u, v), m \ \& \ \text{крд}(x, K, 1) = y \ \& \ y - \text{число} \ \& \ \text{крд}(x, K, 3) = z \ \& \ z - \text{число}))$$

Второй антецедент идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Третий антецедент реализует рекурсивное обращение. Прием вводит новые переменные y, z . Уровень срабатывания равен 2.

Примеры решений задач

Проиллюстрируем работу описанной процедуры на двух приведенных выше задачах.

1. Посылки "Наибольшее" либо "Наименьшее" - см. выше задачу про два тела,двигающихся навстречу друг другу. Прием начинает работать, усмотрев посылку "Наибольшее(s)". В этом случае синтезатор "параметризация" не используется, так как параметр s уже численный. Чтобы определить множество допустимых значений данного параметра, создается задача на описание, условиями

которой служат все отличные от "Наибольший(...)" посылки исходной задачи, а также равенство " $x = s$ ". Неизвестными задачи являются все параметры условий, причем единственной существенной неизвестной - s .

При решении задачи, помимо приемов общей стандартизации, которые ниже опускаются, начинают срабатывать специальные приемы, ориентированные на постепенное исключение несущественных неизвестных:

- (a) Условие встречи двух тел "Место(b, t) = Место(a, t)" заменяется на условие равенства абсцисс (так как движения одномерные) - " $\text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) = \text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1)$ ".
- (b) Условие " $x = l(AB)$ " заменяется на " $x = -\text{крд}(A, K, 1) + \text{крд}(B, K, 1)$ ".
- (c) Условие " $s = l(AB)$ " заменяется на " $s = -\text{крд}(A, K, 1) + \text{крд}(B, K, 1)$ ".
- (d) Условие " $T = [t_1, t_2]$ " заменяется на " $t_1 \leq t_2$ ".
- (e) Условие " $-\text{крд}(\text{Место}(a, t), K, 1) + \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) = 0$ " заменяется на " $-(t - t_1)^2 \cdot \text{м/сек}^2 + 10(t - t_1) \cdot \text{м/сек} + \text{крд}(A, K, 1) + \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) = 0$ " - прием, выражающий приращение координаты через начальную скорость и ускорение в случае равноускоренного движения.
- (f) Условия "одномерндвиж($a, K, [t_1, t_2]$)", "Равноускоренное($a, K, [t_1, t_2]$)", "Скорость(a, K, t_1) = v_1 ", "Ускорение($a, K, [t_1, t_2]$) = w_1 ", "Место(a, t_1) = A " отбрасываются, так как существует одномерное равноускоренное движение с заданными одномерным ускорением, начальной одномерной скоростью и заданным начальным положением на оси абсцисс.
- (g) Условия "одномерный(v_1, K)", "Вектор(v_1)", " $\text{крд}(v_1, K, 1) = 10\text{м/сек}$ " отбрасываются, так как существует направленный вдоль оси абсцисс вектор с заданной первой координатой.
- (h) Аналогично, отбрасываются условия "одномерный(w_1, K)", "Вектор(w_1)", " $\text{крд}(w_1, K, 1) = -2\text{м/сек}^2$ ".
- (i) Условие " $-10(t - t_1) \cdot \text{м/сек} + (t - t_1)^2 \cdot \text{м/сек}^2 + \text{крд}(\text{Место}(b, t), K, 1) - \text{крд}(A, K, 1) = 0$ " заменяется на " $(t - t_1)^2 \cdot \text{м}/(2\text{сек}^2) - 20(t - t_1) \cdot \text{м/сек} + \text{крд}(B, K, 1) - 10(t - t_1) \cdot \text{м/сек} + (t - t_1)^2 \cdot \text{м/сек}^2 - \text{крд}(A, K, 1) = 0$ " - прием, выражающий приращение координаты через начальную скорость и ускорение в случае равноускоренного движения. После ряда простых преобразований, последнее условие приобретает вид " $3(t - t_1)^2 \cdot / (2\text{сек}^2) - 30(t - t_1) \cdot / \text{сек} + s = 0$ ".
- (j) Условия "одномерндвиж($b, K, [t_1, t_2]$)", "Равноускоренное($b, K, [t_1, t_2]$)", "Скорость(b, K, t_1) = v_2 ", "Ускорение($b, K, [t_1, t_2]$) = w_2 ", "Место(b, t_1) = B " отбрасываются, так как существует одномерное равноускоренное движение с заданными одномерным ускорением, начальной одномерной скоростью и заданным начальным положением на оси абсцисс.
- (k) Условия "одномерный(v_2, K)", "Вектор(v_2)", " $\text{крд}(v_2, K, 1) = -20\text{м/сек}$ " отбрасываются, так как существует направленный вдоль оси абсцисс вектор с заданной первой координатой.
- (l) Аналогично, отбрасываются условия "одномерный(w_2, K)", "Вектор(w_2)", " $\text{крд}(w_2, K, 1) = \text{м/сек}^2$ ".

- (m) Условия " $A \in \text{осьабсцисс}$ ", " A – точка", " $-\text{крд}(A, K, 1) + \text{крд}(B, K, 1) = s$ " заменяются на условие " s – число" – прием, усматривающий существование точки на оси абсцисс с заданной абсциссой.
- (n) Условия " $B \in \text{осьабсцисс}(K)$ ", " B – точка" отбрасываются, так как существует точка, лежащая на оси абсцисс.
- (o) После отбрасывания избыточного неравенства " $0 \leq t_2 - t_1$ ", отбрасывается неравенство " $0 \leq t_2 - t$ ", так как переменная t_2 более нигде не встречается.
- (p) Вводится вспомогательная переменная c для разности $t - t_1$. После ряда простых преобразований условиями задачи оказываются следующие утверждения: " $0 \leq c$ ", " t_1 – число", " $\text{прямоорд}(K)$ ", " $s = -3c^2 \cdot \text{м}/(2\text{сек}^2) + 30c \cdot \text{м}/\text{сек}$ ", " $0 < s$ ".
- (q) Условие на t_1 отбрасывается.
- (r) Квадратное уравнение относительно несущественной неизвестной c заменяется на условие существования его решения - " $0 \leq -s + 150\text{м}$ ", " $0 \leq (\sqrt{6(-s + 150\text{м})}\text{м}/\text{сек} + 30\text{м}/\text{сек})\text{сек}^2/(3\text{м})$ ". После ряда простых преобразований эти неравенства приводятся к виду " $s \leq 150\text{м}$ ", " $0 < s$ ".
- (s) Отбрасывается условие " $\text{прямоорд}(K)$ ".

Окончательно, получается ответ " $s \leq 150\text{м}$ ", " $0 < s$ ", " s – число", указывающий область значений варьируемого параметра s .

Далее, решается задача на преобразование выражения " $\text{sup}(\text{set}_s(0 < s \ \& \ s - \text{число} \ \& \ s \leq 150\text{м}))$ ". На нее выдается ответ 150м. Далее описываемый прием заменяет посылку "Наибольшее(s)" текущей задачи на равенство " $s = 150\text{м}$ ". После этого выдается ответ текущей задачи " $x = 150\text{м}$ ".

2. Посылки "Наибольший" либо "Наименьший" – см. выше задачу про лодку на реке. Прием начинает работать, усмотрев посылку "Наименьший($l(AD), u$)". В этом случае предпринимается обращение к синтезатору "параметризация". Для варьируемого параметра – вектора u – известна его длина. Поэтому срабатывает приведенный выше прием синтезатора, выбирающий в качестве варьируемого численного параметра угол c между векторами u и AB . Здесь учитывается, что уже рассматривается угол между векторами r и AB , равный нулю. Синтезатор выдает конъюнкцию утверждений " $\text{уголмежду}(u, \text{вектор}(AB)) = c$ ", " c – число". Далее, как и в предыдущем примере, создается задача на описание, необходимая для определения множества допустимых значений параметра c . Ее условия получаются добавлением ко всем отличным от "Наименьший(...)" посылкам текущей задачи двух утверждений, найденных синтезатором. Неизвестными задачи являются все параметры условий, причем единственной существенной неизвестной – c .

Как и выше, ограничимся перечнем специальных преобразований, ориентированных на постепенное исключение несущественных неизвестных:

- (a) Условия " $x = l(AD)$ ", " x – число" заменяются на " $l(AD)$ – число", так как переменная x более нигде не встречается.
- (b) Условие "Равндвиж(a, T)" заменяется на "Равндвиж($a, [d, e]$)", причем повсюду в остальных условиях T заменяется на $[d, e]$ и добавляются условия " $d \leq e$ ", " d – число", " e – число". Здесь d, e – новые переменные.

- (c) Условие "Равндвиж($a, [d, e]$)" заменяется на "Равндвиж($a, [d, \infty)$)" так как все ограничения на объект a относятся только к его скорости и пути на промежутке $[d, e]$. Аналогично, "Равндвиж($b, [d, e]$)" заменяется на "Равндвиж($b, [d, \infty)$)".
- (d) Условие "неподв($K, [d, e]$)" заменяется на "неподв($K, [d, \infty)$)".
- (e) Условие "Скорость($a, b, [d, e]$) = u " заменяется на "Скорость($a, b, [d, \infty)$)". Аналогично, "Скорость($b, K, [d, e]$) = r " заменяется на "Скорость($b, K, [d, \infty)$) = r ".
- (f) Условия "Путь($a, [d, e]$) = Отрезок(C, D)", " $D \in$ прямая(AB)", " D —точка", " e — число", " $0 \leq e - d$ " заменяются на "Место(a, d) = C ", " \neg (Скорость($a, K, [d, \infty)$) = вектор0)", "уголмежду(вектор(CA), Скорость($a, K, [d, \infty)$)) < $\pi/2$ " - условие пересечения траектории лодки с прямой противоположного берега реки.
- (g) Условие "уголмежду(вектор(CA), Скорость($a, K, [d, \infty)$)) < $\pi/2$ " заменяется на "уголмежду(вектор(CA), $r + u$) < $\pi/2$ " - прием сложения скоростей.
- (h) Условие "уголмежду(вектор(CA), $r + u$) < $\pi/2$ " заменяется на "уголмежду(u , вектор(CA)) < $\pi/2$ " - отбрасывается векторное слагаемое, ортогональное заданному направлению.
- (i) Условие " \neg (Скорость($a, K, [d, \infty)$) = вектор0)" заменяется на " \neg ($r + u$ = вектор0)" - прием сложения скоростей.
- (j) Условия "Равндвиж($a, [d, \infty)$)", "Место(a, d) = C ", "Скорость($a, b, [d, \infty)$) = u " заменяются на " C — точка", "Вектор(u)" - усмотрение существования равномерного движения с заданной векторной скоростью.
- (k) Условия "Равндвиж($b, [d, \infty)$)", "Скорость($b, K, [d, \infty)$) = r " заменяются на "Вектор(r)" - аналогично предыдущему.
- (l) Условие " \neg ($r + u$ = вектор0)" заменяется на " \neg ($r = -u$)".
- (m) Условия "прямая(AB) || прямая(CE)", " \neg ($C = E$)", " E — точка" отбрасываются - усматривается существование прямой CE , параллельной прямой AB и проходящей через точку C .
- (n) Отбрасывается условие "неподв($K, [d, \infty)$)" - существование неподвижного объекта.
- (o) Отбрасывается условие " d — число", так как переменная d более нигде не встречается.
- (p) Условие " \neg ($r = -u$)" отбрасывается, так как усматривается различие векторов, имеющих различные длины.
- (q) Условия "Вектор(r)", "длина(r) = 5м/сек", "уголмежду(r , вектор(AB)) = 0" заменяются на " $0 \leq 5$ м/сек" - существование вектора заданной длины, образующего заданный угол с другим вектором.
- (r) Условия "Вектор(u)", "длина(u) = 4м/сек", " c = уголмежду(u , вектор(AB))", "уголмежду(u , вектор(CA)) < $\pi/2$ " заменяются на " $0 < c$ & c — число & $c < \pi$ ". Здесь учитывается ортогональность прямых AB , AC .
- (s) Отбрасываются условия " C — точка", "прямая(AB) \perp прямая(AC)", " $l(AC) = 32$ м" - существование перпендикуляра, проведенного к данной точке прямой.

- (t) Отбрасываются условия " B – точка", " $\neg(A = B)$ ", так как точка B более нигде не встречается. Затем отбрасывается условие A – точка.

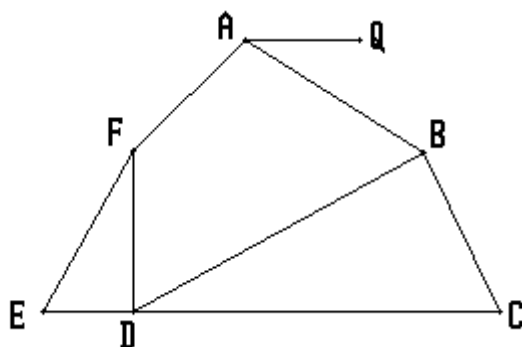
В итоге возникают следующие ограничения на варьируемый параметр c : " c – число, $0 < c, c < \pi$ ". Далее решается задача на описание, в которой оптимизируемая величина $l(AD)$ выражается через численный параметр c . Ее посылками служат те же утверждения, которые изначально составляли список условий предыдущей задачи на описание. Условие имеет вид " $d = l(AB)$ ", причем d – неизвестная. Имеется цель (известно c). Так как это – обычная задача на вычисление, мы не будем подробно рассматривать ход ее решения. Приведем лишь ответ: " $d = (4 \cos c + 5)8\text{м} / \sin c$ ". Собственно численная оптимизация выполняется в рамках задачи на описание, имеющей условие " $\text{Min}(\lambda_c(8(4 \cos c + 5)\text{м} / \sin c, c - \text{число}), \text{set}_c(c - \text{число} \ \& \ 0 < c \ \& \ c < \pi), a, b)$ ". Переменные a, b суть неизвестные. Эта задача решается стандартными средствами математического анализа. Ее ответ имеет вид " $a = \{-\arccos(4/5) + \pi\}$ & $b = 24\text{м}$ ". Таким образом, прием заменяет исходную посылку "Наименьший($l(AD), u$)" на " $l(AD) = 24\text{м} \ \& \ \text{уголмежду}(u, \text{вектор}(AB)) \in \{-\arccos(4/5) + \pi\}$ ". Далее выдается ответ на текущую задачу – " $x = 24\text{м}$ ".

1.17 Сокращенный ввод условий физических задач

Условия задач по элементарной физике, приводимые в задачниках, обычно содержат множество фактов, принимаемых по умолчанию. Логическая формализация задачи, необходимая для возможности ее обработки решателем, требует явного указания всех таких фактов. В результате логические формулировки задач оказываются чрезмерно громоздкими. При их создании трудно не ошибиться, пропустив какое-либо "мелкое" обстоятельство. Разумеется, на этапе предварительных исследований, когда нужно было просто изучить на примерах принципы управления рассуждениями при решении задач, сложность ввода формулировки принципиальной роли не играла. Однако, для практического применения ручной ввод полного логического описания сценария задачи едва ли подходит. Это ставит проблему создания каких-то сокращенных условий задач, которые автоматически разворачивались бы в полное логическое описание. Попытка использования такого рода сокращенной формулировки была предпринята для серии несложных задач по статике, взятых из решебника М.Н.Кирсанова "Теоретическая механика".

Рассмотрим сначала полную логическую формулировку задачи на вычисление усилий в простой стержневой системе.

"Плоская шарнирно-стержневая конструкция закреплена на неподвижном основании шарнирами E, D, C и нагружена в шарнире A горизонтальной силой $P = 100\text{кН}$. Даны углы: $\angle DFA = 135^\circ$, $\angle ABD = 60^\circ$, $\angle DCB = 60^\circ$, $\angle BDC = 30^\circ$, $\angle DFE = 30^\circ$. Найти усилия в стержнях."



Список посылок задачи, необходимых для обработки ее решателем, имеет следующий вид:

"твердаясвязь(A, F, a, t)"

"твердаясвязь(A, B, b, t)"

"твердаясвязь(E, F, c, t)"

"твердаясвязь(D, F, d, t)"

"твердаясвязь(B, C, e, t)"

"твердаясвязь(B, D, f, t)"

"внештело(E)"

"внештело(D)"

"внештело(C)"

"Неподв(A, t)"

"Неподв(B, t)"

"Неподв(F, t)"

"Неподв(E, t)"

"Неподв(D, t)"

"Неподв(C, t)"

" $A_1 = \text{Место}(A, t)$ "

" $B_1 = \text{Место}(B, t)$ "

" $C_1 = \text{Место}(C, t)$ "

" $D_1 = \text{Место}(D, t)$ "

" $E_1 = \text{Место}(E, t)$ "

" $F_1 = \text{Место}(F, t)$ "

"прямокоорд(K)"

" $P = \text{вертплоск}(K)$ "

" $\{A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1\} \subseteq P$ "

"воздействие(A, Q, t)"

"вправо(сила(A, Q, t), K)"

"длина(сила(A, Q, t)) = 100000Н"

"вперед(n, K)"

"крд($E_1, K, 3$) = 0"

"крд($D_1, K, 3$) = 0"

"крд($C_1, K, 3$) = 0"

"вправо(вектор(E_1C_1), K)"

" $D_1 \in$ отрезок(E_1C_1)"

"Оругол(F_1, D_1, E_1, n) = $\pi/2$ "

"Оругол(D_1, F_1, A_1, n) = $135\pi/180$ "

"Оругол(A_1, B_1, D_1, n) = $\pi/3$ "

"Оругол(D_1, C_1, B_1, n) = $\pi/3$ "

"Оругол(B_1, D_1, C_1, n) = $\pi/6$ "

"Оругол(D_1, F_1, E_1, n) = $\pi/6$ "

"Точность(0.0001)"

Условия задачи:

" u = усилие(A, F, t)"

" v = усилие(A, B, t)"

" w = усилие(F, E, t)"

" x = усилие(F, D, t)"

" y = усилие(B, D, t)"

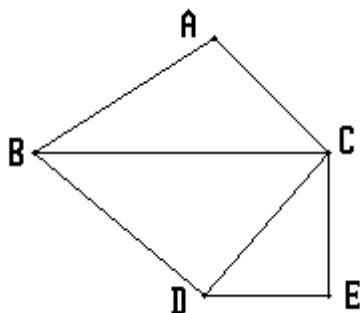
" z = усилие(B, C, t)"

Неизвестные задачи - x, y, z, u, v, w . Целевая установка - обычная: "Выразить значения неизвестных через заданные параметры".

Ответ выдается решателем примерно за полсекунды, что существенно меньше времени ввода задачи: $z = -63398.7267\text{Н}$, $y = 36601.2734\text{Н}$, $x = -26797.4533\text{Н}$, $w = 73202.5467\text{Н}$, $v = -73202.5467\text{Н}$, $u = 51762.5136\text{Н}$.

Первое, что естественно сделать для упрощения ввода посылок - это использовать чертеж. Из него можно было бы извлечь все послылки "твердаясвязь(...)" ; послылку, вводящую прямоугольную систему координат; послылки, обозначающие геометрические положения материальных точек новыми переменными, а также послылку, вводящую необходимый для определения ориентированных углов вектор n нормали к вертикальной плоскости. Посылки, указывающие неподвижность точек, можно соединить в единственный терм "Неподв(все)". Посылку, указывающую, что все точки лежат в вертикальной плоскости, сжимаем в "вертплоск(все)". Вместо ориентированных углов пока указываем обычные. Наконец, в указателях направлений ("вправо", "вперед" и т.п.) придется отбросить ссылку на систему координат, так как она еще не введена. Условия задачи тоже можно объединить в терм " x = усилие(все)". Впрочем, это потребует перенесения в ответ вспомогательных утверждений, обозначающих рассматриваемые усилия.

В качестве примера того, насколько сокращается запись условия при использовании перечисленных средств, рассмотрим упражнение 3 к первому разделу упомянутого задачника. Здесь изменены только чертеж и численные данные:



Посылки задачи:

"воздействие(A, P, t)"

"вправо(сила(A, P, t))"

"длина(сила(A, P, t)) = 3000Н"

"внештело(D)"

"внештело(E)"

"Неподв(все)"

"вертплоск(все)"

"вправо(вектор(DE))"

" $\angle(ACB) = \pi/4$ "

" $\angle(ABC) = \pi/6$ "

" $\angle(BDC) = 120\pi/180$ "

" $\angle(BCD) = \pi/6$ "

" $\angle(CDE) = \pi/6$ "

" $\angle(CED) = \pi/2$ "

"Точность(0.0001)".

Условие задачи - " $x = \text{усилие(все)}$ ".

Неизвестная - x . Целевая установка "Найти значение x при сокращенной формулировке задачи" определяет автоматическую развертку условий в полное логическое описание перед началом решения.

Дальнейшее сокращение текста условия затруднительно, так как все данные существенны. Возможно, при использовании каких-то стандартных заготовок для ввода данных в диалоговом режиме или при расширении возможностей графического редактора можно будет добиться дополнительного ускорения.

Глава 2

Приемы по элементарной химии

Обучение решателя задачам по элементарной химии, в целом, аналогично обучению задачам по элементарной физике. Несколько упрощает дело отсутствие геометрической составляющей. На текущий момент проработана, впрочем, не очень глубоко, лишь неорганическая элементарная химия, и начато рассмотрение задач по органической. Здесь понадобилось создать специальные интерфейсы для работы с графами - структурными химическими формулами. Такая формула хранится в "технических" структурах данных, а ссылка на нее из логического контекста задачи выполняется через вспомогательную переменную.

Уравнения химических реакций частично "растворены" в приемах, но большая их часть хранится в базе теорем решателя, откуда они извлекаются по мере надобности. При этом пока оказывается достаточным лишь обычное древовидное оглавление, в котором сначала перечисляются химические элементы, для каждого элемента - группа закрепленных за ним химических веществ, содержащих данный элемент, и для вещества - группа химических реакций. Разумеется, эта простейшая схема организации библиотеки химических реакций предполагает дальнейшее развитие, но на начальной стадии обучения она никак не замедляет хода решения.

Принцип распределения приемов решателя "по группам тесно связанных между собой понятий" вступил в некоторый конфликт с группировкой задач из использованных задачников: как правило, в задачах, даже самых первых, возникала необходимость пользоваться приемами сразу из многих разделов. Поэтому примеры формулировки задач будут располагаться не в том порядке, как в задачниках, а с привязкой к оглавлению приемов решателя. Именно, возникли следующие разделы:

1. Общие свойства веществ.
2. Химические элементы.
3. Химические вещества.
4. Газовые законы.
5. Строение атома.
6. Химические реакции.
7. Тепловые эффекты химических реакций.
8. Электролитическая диссоциация.

9. Органическая химия.

В качестве основного источника задач по элементарной химии, при обучении решателя использовалась книга "В.В.Еремин, Н.Е.Кузьменко. Сборник задач и упражнений по химии. Школьный курс". Москва, "ОНИКС 21 век", "Мир и Образование", 2003.

Излагаемый далее материал следует рассматривать лишь как стартовый, иллюстрирующий особенности реализации на ГЕНОЛОГе процессов решения задач по элементарной химии. Заполнение справочников и пакетных операторов лишь частичное - соответствующее фактической потребности в них рассмотренных примеров. Представлены даже не все химические элементы, а лишь достаточно большая их часть.

2.1 Общие свойства веществ

2.1.1 Логические символы, используемые решателем для обозначения общих свойств химических веществ

Утверждение "вещество(a, b)" означает, что тело a состоит из вещества b . Возможен также случай, когда a - течение вещества b .

Утверждение "теквещество(a, b, t)" означает, что в момент либо период t тело a состоит из вещества b .

Утверждение "Вещество(a)" означает, что a есть химическое вещество - простое либо сложное, но не смесь.

Утверждение "проствещество(a)" означает, что a есть простое химическое вещество.

Утверждение "сложивещество(a)" означает, что a есть сложное химическое вещество.

Утверждение "типвещества(a)" означает, что a есть тип химического вещества.

Утверждение "извлечение(a, b, c)" означает, что c есть результат извлечения из тела a вещества b .

Утверждение "выпаривание(a, b, c)" означает, что a есть процесс выпаривания раствора b (объекта), причем c - результат выпаривания (объект).

Утверждение "химэлемент(a)" означает, что a есть химический элемент.

Утверждение "атом(a, b)" означает, что a есть атом химического элемента b .

Утверждение "молекула(a, b)" означает, что a есть молекула химического вещества b . Для удобства логической формализации вводятся также абстрактные молекулы, определяемые только типами входящих в них атомов и их количествами. Они задаются молекулярными химическими формулами.

Выражение "атомы(a, n)" обозначает абстрактную молекулу, состоящую из n атомов химического элемента a . Выражения такого типа называем атомными группами.

Выражение "молекулы(a, n)" обозначает абстрактную молекулу, состоящую из n экземпляров абстрактной молекулы a . Выражения такого типа называем молекулярными группами.

Выражение "химсоед(a, b)" обозначает абстрактную молекулу, полученную в результате объединения абстрактных молекул a и b . Операция "химсоед" является ассоциативной и коммутативной. Выражение "химсоед($A_1 \dots A_n$)", где каждое A_i - название химического элемента, либо атомная группа, либо молекулярная группа, представляет собой молекулярную формулу для задания строения молекулы вещества. Введена фиктивная единица операции "химсоед", роль которой играет символ "пусто".

Выражение "химсоедвсех(a)" обозначает абстрактную молекулу, получаемую при объединении всех абстрактных молекул семейства a .

Утверждение "химсостав(a, b)" означает, что строение молекулы вещества a описывается молекулярной формулой b . При вводе данного утверждения формульным редактором молекулярная формула набирается в обычном виде, без явного использования символа "химсоед". Просто перечисляются буквенные обозначения химических элементов и их коэффициенты. Например, "химсостав(a, C_2H_6)". Для ввода коэффициента сначала нажимается "курсор вниз", затем - набирается одна или несколько цифр. Чтобы вернуть курсор в верхнюю строку, однократно нажимается "Enter".

Утверждение "Химэлементы(a, b)" означает, что b есть множество химических элементов, составляющих химическое вещество a .

Утверждение "химЭлементы(a, b)" означает, что b есть множество химических элементов, входящих в абстрактную молекулу a .

Выражение "химэлемент(a)" обозначает множество химических элементов, встречающихся в объектах (телах) множества a .

Утверждение "смесь(a, b)" означает, что вещество a представляет собой смесь веществ множества b . В частности, допускаются сплавы и растворы.

Утверждение "сплав(a, b)" означает, что вещество a представляет собой сплав веществ множества b .

Утверждение "раствор(a, b, c)" означает, что вещество a является раствором веществ множества b в веществе c .

Утверждение "растворимо(a, b)" означает, что химическое вещество a растворимо в химическом веществе b .

Утверждение "растворимы(a, b)" означает, что все объекты множества a растворимы в веществе b .

Утверждение "Растворимы(a, b)" означает, что каждое вещество множества a либо газообразно, либо растворимо в веществе b .

Выражение "растворимость(a, b, c, d)" обозначает коэффициент растворимости твердого вещества a в растворителе (веществе) b при температуре c и давлении d .

Выражение "Смесь(a)" обозначает смесь объектов множества a . В частности, допускаются сплавы и растворы.

Утверждение "составсмеси(a, b)" означает, что b есть множество пар (название химического вещества - массовая доля его в смеси), характеризующее состав смеси a (тела).

Утверждение "Составсмеси(a, b)" означает, что b есть множество пар (название химического вещества - объемная доля его в смеси), характеризующее состав смеси a (тела).

Выражение "Сплав(a)" обозначает сплав объектов множества a .

Утверждение "Раствор(a, b, c)" означает, что объект (жидкое тело) a является раствором объектов множества b в растворителе (объекте) c .

Утверждение "пары(a, b)" означает, что a есть вещество паров вещества b .

Выражение "плотность(a)" обозначает плотность вещества a - масса на единицу объема.

Выражение "относитплотн(a, b)" обозначает относительную плотность вещества a по веществу b , равную отношению плотностей этих веществ.

Выражение "содержание(a, b)" обозначает массовую долю химического вещества a в смеси (сплаве, растворе) b .

Выражение "Содержание(a, b)" обозначает объемную долю химического вещества a в смеси (сплаве, растворе) b .

Выражение "элементарное содержание(a, b)" обозначает массовую долю химического элемента a в химическом веществе b .

Выражение "концентрация(a, b)" обозначает молярную концентрацию вещества a в растворе (веществе) b , т.е. число молей данного вещества в единице объема.

Утверждение "насыщенный раствор(a, b, c, d, e)" означает, что раствор a (объект) твердого вещества b в растворителе (веществе) c при температуре d и давлении e является насыщенным.

Выражение "Концентрация(a, b, t)" обозначает молярную концентрацию химического вещества a в области b в момент либо период t .

Выражение "количества(a, b)" обозначает число молей химического элемента либо химического вещества b в объекте a .

Выражение "молярная масса(a)" обозначает молярную массу химического вещества a .

Выражение "молярная доля(a, b)" обозначает молярную долю химического вещества a в смеси (сплаве, растворе) b .

Утверждение "равносоставы(a, b)" означает, что a и b суть равномолярные множества объектов, состоящих из некоторых (различных в каждом множестве) веществ, причем молярные доли данных веществ в a и b одинаковы.

Выражение "молярный объем(a, t)" обозначает молярный объем газообразного тела a в момент либо промежуток времени t .

Выражение "атомная масса(a)" обозначает относительную атомную массу химического элемента a .

Выражение "молекулярная масса(a)" обозначает относительную молекулярную массу простого либо сложного химического вещества a , либо относительную массу абстрактной молекулы этого вещества.

Выражение "число атомов(a, b)" обозначает число атомов химического элемента b , содержащихся в объекте a .

Выражение "Число атомов(a)" обозначает число атомов в объекте a .

Выражение "число атомов(a, b)" обозначает число атомов химического элемента a в одной молекуле химического вещества b .

Выражение "Количатомов(a)" обозначает общее число атомов, содержащихся в одной молекуле химического вещества a .

Выражение "числомолекул(a, b)" обозначает число молекул химического вещества b , содержащихся в объекте a .

Утверждение "твердый(a)" означает, что вещество a при обычных условиях находится в твердом состоянии.

Утверждение "Твердый(a, t)" означает, что тело a в момент либо период t находится в твердом состоянии.

Утверждение "жидкость(a)" означает, что вещество a при обычных условиях представляет собой жидкость.

Утверждение "Жидкость(a, t)" означает, что тело a в момент либо период t находится в жидком состоянии.

Утверждение "газ(a)" означает, что вещество a при обычных условиях находится в газообразном состоянии.

Утверждение "Газ(a, t)" означает, что тело a в момент либо период t находится в газообразном состоянии.

Утверждение "одноатомный(a)" означает, что вещество a представляет собой одноатомный идеальный газ.

Утверждение "сущгаз(a)" означает, что в множестве веществ a имеется хотя бы одно газообразное.

Утверждение "Сущгаз(a)" означает, что среди множества объектов a имеется хотя бы один газообразный.

Утверждение "металл(a)" означает, что химическое вещество a является металлом.

Выражение "валентность(a, b)" обозначает валентность химического элемента a в химическом соединении b .

Выражение "степокисл(a, b)" обозначает степень окисления элемента a в химическом веществе b .

Утверждение "окислитель(a)" означает, что вещество a является окислителем.

Утверждение "восстановитель(a)" означает, что вещество a является восстановителем.

Утверждение "химотделимо(a, b)" означает, что вещество с молекулярной формулой a , в силу своих физических свойств, легко отделяется от вещества с молекулярной формулой b .

Выражение "химсоли(a)" обозначает подмножество объектов множества a , вещества которых суть соли.

Выражение "диэлпрониц(a)" обозначает диэлектрическую проницаемость вещества a .

Выражение "элхимэкв(a)" обозначает электрохимический эквивалент вещества a .

2.1.2 Интерфейс ввода молекулярных формул

Названия химических элементов вводятся с помощью текстового редактора - через нажатие **Ctrl-Enter**. После ввода названия, как обычно, нажимается **Enter**, и продолжается ввод условия либо посылки задачи формульным редактором.

Молекулярные формулы встречаются в задачах лишь в качестве операндов специальных символов. Например, часто встречается конструкция вида "химсостав(a, b)", где b - молекулярная формула. В таких случаях формульный редактор сам распознает, что нужно перейти в режим ввода молекулярной формулы, и сам из него выходит. Приведем три простых примера, поясняющих, как следует вводить эти формулы.

1. Fe_2O_3 . Последовательно нажимаются клавиши "F", "e", "курсор вниз", "2", "Enter", "O", "курсор вниз", "3", "Enter". Заметим, что предварительно должно было быть введено "химсостав($a,$ ". Поэтому, после указанной последовательности нажатия клавиш, следует ввести закрывающую скобку и нажать "Enter" для завершения ввода утверждения.
2. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Нажимаются клавиши "C", "курсор вниз", "6", "Enter", "H", "курсор вниз", "1", "2", "Enter", "O", "курсор вниз", "6", "Enter".
3. $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Прорисовка молекулярных групп в решателе несколько иная. Фактически будет прорисовано " $\text{Mg} \cdot (2\text{NO}_3)$ ". Здесь последовательно нажимаются клавиши "M", "g", "звездочка", "(", "2", "звездочка", "N", "звездочка", "O", "курсор вниз", "3", "Enter", ")". Заметим, что перед молекулярной группой ставится "звездочка" - знак умножения - и все члены этой группы, включая коэффициент, идущий вначале, отделяются друг от друга таким знаком.

2.1.3 Примеры формулировки задач на общие свойства веществ на языке решателя

Расчет по молекулярным формулам

В образцах оксидов алюминия и магния содержится одинаковое количество атомов кислорода. Масса оксида магния равна 60 г. Рассчитайте массу оксида алюминия.

Посылки задачи:

"вещество(a, b)"

"химсостав($b, \text{Al}_2\text{O}_3$)"

"вещество(c, d)"

"химсостав(d, MgO)"

"масса(c) = 60г"

"числоатомов($a, \text{кислород}$) = числоатомов($c, \text{кислород}$)"

Условие задачи:

" x = масса(a)"

Неизвестная задачи - x

Определение формул веществ

1. Определите простейшую формулу химического соединения, если массовые доли составляющих его элементов равны: Н - 2,04 процента, S - 32,65 процента, О - 65,31 процента.

Посылки задачи:

"Химэлементы(a , водород, сера, кислород)"

"элементсодержание(водород, a) = 0.0204"

"элементсодержание(сера, a) = 0.3265"

"элементсодержание(кислород, a) = 0.6531"

Условие задачи:

"химсостав(a , x)"

Неизвестная задачи - x .

2. Установите молекулярную формулу углеводорода, содержащего 92,31 процента углерода по массе, если его молярная масса равна 104г/моль.

Посылки задачи:

"углеводород(a)"

"элементсодержание(углерод, a) = 0.9231"

"молярная масса(a) = 104г/моль"

Условие задачи:

"химсостав(a , x)"

Неизвестная задачи - x .

Смеси

1. Имелось два разных сплава меди. Процент содержания меди в первом сплаве был на 40 меньше, чем процент содержания меди во втором сплаве. После того, как их сплавили вместе, получили сплав, содержащий 36 процентов меди. Определить процентное содержание меди в первом и во втором сплавах, если известно, что меди в первом сплаве было 6 кг, а во втором 12 кг.

Посылки:

"вещество(a , p)"

"вещество(b , q)"

"содержание(медь, p) = содержание(медь, q) - 40/100"

" $r = \text{Сплав}(\{a, b\})$ "

" $\text{вещество}(r, s)$ "

" $\text{содержание}(\text{медь}, s) = 36/100$ "

" $\text{извлечение}(a, \text{медь}, c)$ "

" $\text{масса}(c) = 6\text{кг}$ "

" $\text{извлечение}(b, \text{медь}, d)$ "

" $\text{масса}(d) = 12\text{кг}$ "

Условия задачи:

" $x = 100\text{содержание}(\text{медь}, p)$ "

" $y = 100\text{содержание}(\text{медь}, q)$ "

Неизвестные задачи - x, y .

2. В смеси оксидов углерода общее число атомов в 2,5 раза больше общего числа молекул. Рассчитайте массовые доли веществ в смеси.

Посылки задачи:

" $\text{вещество}(a, b)$ "

" $\text{смесь}(b, \{c, d\})$ "

" $\text{химсостав}(c, \text{CO})$ "

" $\text{химсостав}(d, \text{CO}_2)$ "

" $\text{числоатомов}(a, \text{углерод}) + \text{числоатомов}(a, \text{кислород}) = 2.5(\text{числомолекул}(a, c) + \text{числомолекул}(a, d))$ "

Условия задачи:

" $x = \text{содержание}(c, b)$ "

" $y = \text{содержание}(d, b)$ "

Неизвестные задачи - x, y .

3. Вычислите массовую долю нитрата натрия в водном растворе, если известно, что в 150 г такого раствора содержится $1.2 \cdot 10^{23}$ атомов азота.

Посылки задачи:

" $\text{вещество}(a, b)$ "

" $\text{раствор}(b, \{c\}, \text{вода})$ "

" $\text{нитрат}(c, \text{натрий})$ "

$$\text{"масса}(a) = 150\text{г"}$$

$$\text{"числоатомов}(a, \text{азот}) = 1.2 \cdot 10^{23}\text{"}$$

Условие задачи:

$$\text{"}x = \text{содержание}(c, b)\text{"}$$

Неизвестная задачи - x .

Растворы

1. Имеется 100 г раствора AgNO_3 , насыщенного при 20 градусах Цельсия. Какую массу AgNO_3 можно дополнительно растворить в этом растворе при нагревании до 80 градусов? Растворимость AgNO_3 составляет 635 г при 80 градусах и 228 г при 20 градусах.

Посылки задачи:

$$\text{"Раствор}(A, \{B\}, C)\text{"}$$

$$\text{"вещество}(B, b)\text{"}$$

$$\text{"химсостав}(b, \text{AgNO}_3)\text{"}$$

$$\text{"масса}(A) = 100\text{г"}$$

$$\text{"вещество}(C, c)\text{"}$$

$$\text{"насыщраствор}(A, b, c, 20\text{градус}, p)\text{"}$$

$$\text{"Раствор}(D, \{E\}, C)\text{"}$$

$$\text{"разбиение}(E, \{B, F\})\text{"}$$

$$\text{"вещество}(F, b)\text{"}$$

$$\text{"насыщраствор}(D, b, c, 80\text{градус}, p)\text{"}$$

$$\text{"растворимость}(b, c, 20\text{градус}, p) = 228\text{г"}$$

$$\text{"растворимость}(b, c, 80\text{градус}, p) = 635\text{г"}$$

Условие задачи:

$$\text{"}x = \text{масса}(F)\text{"}$$

Неизвестная задачи - x .

2. Упарили вдвое (по объему) 2л 10-процентного раствора NaCl (плотность 1.07 г/мл). Определите молярную концентрацию полученного раствора.

Посылки задачи:

$$\text{"Раствор}(C, \{A\}, B)\text{"}$$

"вещество(C, c)"

"вещество(A, a)"

"вещество($B, \text{вода}$)"

"химсостав(a, NaCl)"

"содержание(a, c) = 0.1"

"объем(C) = 2л"

"выпаривание(b, C, D)"

"объем(D) = 1/2 объем(C)"

"плотность(c) = 1.07 г/мл"

"вещество(D, d)"

Условие задачи:

" x = концентрация(a, d)"

Неизвестная задачи - x .

2.1.4 Приемы решателя, связанные с общими свойствами веществ

Приемы, связанные с символами "вещество", "Вещество"

1. Определение вещества подмножества тела.

$$\forall_{abcdn}(a \cup b = \bigcup_{i=1}^n c(i) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(c(i), d)) \rightarrow \text{вещество}(a, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем конечное объединение идентифицируется с обычным объединением, а квантор общности - с группой посылок. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию посылки вида "вещество(x, d)". Переменная c функциональная. Отсутствует посылка вида "вещество(a, y)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abp}(b \subseteq a \ \& \ \text{вещество}(a, p) \rightarrow \text{вещество}(b, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "вещество(b, x)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{bcp}(\text{вещество}(b \cup c, p) \rightarrow \text{вещество}(b, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd}(a = b \cup c \ \& \ \text{вещество}(a, d) \rightarrow \text{вещество}(b, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abc}(\text{вещество}(a, c) \rightarrow \text{вещество}(a \setminus b, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $a \setminus b$ " в посылке задачи на исследование, расположенного внутри выражения "Смесь(...)". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

2. Отождествление веществ одного и того же тела.

$$\forall_{abc}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{вещество}(a, c) \rightarrow b = c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения b, c различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd}(\text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{вещество}(b, d) \ \& \ b \subseteq a \rightarrow c = d)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражения c, d различны. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, у которой точка привязки находится во втором антецеденте. Уровень срабатывания тот же.

3. Определение вещества объединения тел.

$$\forall_{ABCDa}(A = B \setminus D \cup C \ \& \ \text{вещество}(B, a) \ \& \ \text{вещество}(C, a) \rightarrow \text{вещество}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Допускается вырожденное пустое значение D . Уровни срабатывания равны 2 и 4.

$$\forall_{ABCD}(A = B \cup C \cup D \ \& \ \text{вещество}(B, a) \ \& \ \text{вещество}(C, a) \ \& \ \text{вещество}(D, a) \rightarrow \text{вещество}(A, a))$$

Аналогично предыдущему, но все переменные B, C, D имеют невырожденные значения.

$$\forall_{Aabcpr}(\text{Смесь}(\{a \cup b; c\}) = A \ \& \ \text{вещество}(a, p) \rightarrow \text{вещество}(a \cup b, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Элемент $a \cup b$ выбирается на произвольной позиции конечного списка. Уровень срабатывания равен 3.

4. Отбрасывание пустого объекта.

$$\forall_a(\text{вещество}(\emptyset, a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

5. Справочник "Вещество". Этот справочник имеет единственную входную переменную. Если ее значением служит терм - название химического вещества (простого либо сложного, но не смеси), то результату R присваивается 1, иначе - 0. Приемы справочника реализованы на ГЕНОЛОГе. Они имеют заголовок "смсправка(Вещество)". Были созданы лишь те приемы, которые фактически использовались в обучающих примерах:

- (a) "Вещество(азот)"
- (b) "Вещество(кислород)"
- (c) "Вещество(сернаякислота)"
- (d) "Вещество(вода)"
- (e) "Вещество(спирт)"
- (f) "Вещество(золото)"
- (g) "Вещество(серебро)"
- (h) "Вещество(никель)"
- (i) "Вещество(медь)"
- (j) "Вещество(йод)"
- (k) "Вещество(олово)"
- (l) "Вещество(цинк)"
- (m) "Вещество(метан)"
- (n) "Вещество(этан)"

6. Проверочный оператор "усмВещество".

- (a) Элемент смеси.

$$\forall_{ABCb}(A = \text{Смесь}(\{B; C\}) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \rightarrow \text{Вещество}(b))$$

Антеcedенты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

- (b) Использование посылки.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{Вещество}(a))$$

Антеcedент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 2.

- (c) Использование справочника "Вещество".

$$\forall_a(\text{Вещество}(a) \rightarrow \text{Вещество}(a))$$

Антеcedент выделен указателем "справочник". Он организует обращение к справочнику "Вещество", распознающему названия химических веществ. Уровень срабатывания равен 1.

7. Проверочный оператор "усмвещество".

Кроме приема непосредственного усмотрения из посылок, создан лишь единственный прием - про объединение одинаковых веществ:

$$\forall_{abc}(\text{вещество}(a, c) \& \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{вещество}(a \cup b, c))$$

Антеcedенты реализуют рекурсивные обращения. Указатель "дистрибразвертка" определяет одношаговую обработку всех членов объединения.

8. Проверочный оператор "усмтипвещества".

Приемы созданы лишь для немногих типов веществ, встречающихся в примерах:

- (a) "типвещества(руда)"
- (b) "типвещества(сталь)"
- (c) "типвещества(металл)"
- (d) "типвещества(щелочнметалл)"

Приемы, связанные с символом "теквещество"

Создан единственный прием, связанный с разбиением тела на части:

$$\forall_{abcs}(\text{теквещество}(a \cup b, s, c) \leftrightarrow \text{теквещество}(a, s, c) \& \text{теквещество}(b, s, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "проствещество"

Создан проверочный оператор "усмпроствещество". В нем пока всего два приема:

1. Использование справочника "химэлемент".

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \text{проствещество}(a))$$

Антеcedент выделен указателем "справочник". Он обрабатывается реализованным на ГЕНОЛОГе справочником "химэлемент", приемы которого будут приведены ниже. Уровень срабатывания равен 1.

2. Металл

$$\forall_a(\text{металл}(a) \rightarrow \text{проствещество}(a))$$

Заметим, что одноместный предикат "металл" относится только к химическим элементам, являющимся металлами. Сплавы сюда не относятся - для включения их в рассмотрение понадобится другой предикатный символ. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "извлечение"

1. Выражение для объема вещества, извлеченного из смеси.

$$\forall_{abcde}(\text{извлечение}(d, a, b) \& \text{вещество}(d, c) \& e = \text{Содержание}(a, c) \rightarrow \text{объем}(b) = e \cdot \text{объем}(d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антеcedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "идентификатор". Выражение "объем(b)" уже встречается в задаче. Выражение e не содержит символа "Содержание". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcd}(\text{извлечение}(d, a, b) \ \& \ \text{вещество}(d, c) \rightarrow \text{объем}(b) = \text{Содержание}(a, c) \cdot \text{объем}(d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "объем(b)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 6.

2. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{abcde}(\text{вещество}(c, a) \ \& \ \text{извлечение}(c, d, e) \ \& \ \text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается справочником "химсостав". Этот справочник будет описан ниже, в разделе, посвященном химическим веществам. Он определяет молекулярную формулу вещества по его специальному названию (например, "серная кислота", "метан", и т.п.). Уровень срабатывания приема равен 1.

3. Масса химического элемента, содержащегося в заданном количестве вещества.

$$\forall_{abcd}(\text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{извлечение}(a, b, c) \ \& \ \text{химэлемент}(b) \rightarrow \text{масса}(c) = \text{количества}(a, b) \cdot \text{атомнаямасса}(b) \cdot \text{г/моль})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается справочником "химэлемент". Этот справочник будет описан в разделе, посвященном химическим элементам. Он распознает логические символы, являющиеся названиями химических элементов. Выражение "атомнаямасса(b)" обрабатывается нормализатором "норматомнаямасса, определяющим атомную массу химического элемента. Либо оба выражения "масса(a)", "масса(c)" не содержат неизвестных, либо хотя бы одно из них имеет тип "неизв". Задача имеет посылку вида "химсостав(d, x)". Уровни срабатывания равны 2 и 4.

4. Масса химического элемента, выделенного из заданного количества другого химического вещества.

$$\forall_{abcd}(\text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{извлечение}(a, b, c) \rightarrow \text{масса}(c) = \text{количества}(a, b) \cdot \text{молекулярнаямасса}(b) \cdot \text{г/моль})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Прием ориентирован на частный случай, когда выражение b имеет заголовок "вода". Отсутствует посылка вида "смесь(d, x)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABabcp}(\text{смесь}(a, \{b, c\}) \ \& \ \text{содержание}(b, a) = p \ \& \ \text{извлечение}(A, c, B) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \rightarrow \text{масса}(B) = (1 - p) \cdot \text{масса}(A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Хотя бы одно из выражений "масса(A)", "масса(B)" уже встречается в задаче. Выражение p не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcde}(\text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{извлечение}(a, b, c) \ \& \ \text{химсостав}(b, e) \rightarrow \text{масса}(c) = \text{количества}(a, b) \cdot \text{молекулярнаямасса}(b) \cdot \text{г/моль})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение e имеет своим заголовком символ "химсоед" либо "атомы". Отсутствует посылка вида "смесь(d, x)". Уровень срабатывания равен 4.

5. Ввод в рассмотрение части вещества, участвующей в смеси.

$$\forall_{ADabc}(\text{смесь}(a, \{b, c\}) \& \text{вещество}(A, a) \rightarrow \text{извлечение}(A, b, D) \& \text{вещество}(D, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Имеется посылка вида "химпассив(c, p)", указывающая, что вещество c не участвует в химической реакции p . Отсутствует посылка вида "извлечение(A, b, x)". Прием вводит новую переменную D . Уровень срабатывания равен 1.

6. Извлечение химического элемента из смеси веществ.

$$\forall_{abcnpq}(\text{извлечение}(a, b, c) \& a = \text{Смесь}(\{; p\}) \& l(p) = n \& \text{химэлемент}(b) \rightarrow \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{извлечение}(p(i), b, q(i))) \& \sum_{i=1}^n \text{масса}(q(i)) = \text{масса}(c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение p имеет заголовок "набор". Третий антецедент выделен указателем "идентификатор", четвертый - обрабатывается справочником "химэлемент". Прием вводит набор q новых переменных, длина которого равна длине набора p . Указатели "развертка" определяют выписывание квантора общности как конъюнкции, а конечной суммы - как обычной. Уровень срабатывания равен 3.

7. Вещество выделенного подтела.

$$\forall_{abc}(\text{извлечение}(a, b, c) \rightarrow \text{вещество}(c, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

8. Идентификация компоненты смеси.

$$\forall_{AEFefmnp}(\text{извлечение}(A, e, f) \& A = \text{Смесь}(\{E, F\}) \& \text{вещество}(E, e) \& \text{вещество}(F, p) \& \text{химсостав}(e, m) \& \text{химсостав}(p, n) \rightarrow f = E)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения m, n константные, т.е. суть конкретные молекулярные формулы. Эти выражения различны. Уровень срабатывания приема равен 1.

9. Температура части смеси.

$$\forall_{Abct}(\text{извлечение}(A, b, c) \rightarrow \text{температура}(A, t) = \text{температура}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "температура(A, t)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. В посылках встречается выражение вида "Объем(c, t)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Abct}(\text{извлечение}(A, b, c) \rightarrow \text{абстемпература}(A, t) = \text{абстемпература}(c, t))$$

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к подвыражению "абстемпература(A, t)".

10. Давление части смеси.

$$\forall_{Abct}(\text{извлечение}(A, b, c) \rightarrow \text{давление}(A, t) = \text{давление}(c, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "давление(A, t)" в посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. В посылках встречается выражение вида "Объем(c, t)". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "химэлемент"

1. Усмотрение ложного равенства.

$$\forall_{abc}(\text{химэлемент}(a) \rightarrow a = \text{атомы}(b, c) \leftrightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Заменяемое равенство константное. Переменная a идентифицируется с логическим символом. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

2. Справочник "химэлемент". Этот справочник получает на вход логический символ и выдает единицу, если данный символ - название химического элемента. Иначе он выдает 0. Приемы справочника реализованы на ГЕНОЛОГе. Они имеют заголовок "ссправка(химэлемент)". Теорема каждого приема имеет вид "химэлемент(x)". Созданы приемы для следующих элементов: водород, дейтерий, кислород, сера, углерод, железо, азот, серебро, золото, хлор, фтор, кальций, фосфор, калий, натрий, марганец, медь, алюминий, магний, селен, барий, бром, олово, ртуть, свинец, аргон, неон, гелий, бериллий, эйнштейний, бор, нептуний, кремний, радий, актиний, хром, цинк, йод, кобальт. Лишь в этих случаях справочник использовался на обучающих примерах.

3. Проверочный оператор "усмхимэлемент".

- (a) Использование справочника "химэлемент".

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \text{химэлемент}(a))$$

Переменная a идентифицируется с логическим символом. Антецедент обрабатывается справочником "химэлемент". Уровень срабатывания приема равен 1.

- (b) Водородное либо кислородное соединение.

$$\forall_{ab}(\text{водороднсоед}(a, b) \rightarrow \text{химэлемент}(b))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Допускается изменение его заголовка на символы "гидрид", "оксид". Уровень срабатывания приема равен 2.

- (c) Щелочной металл.

$$\forall_a(\text{щелочметалл}(a) \rightarrow \text{химэлемент}(a))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 2.

(d) Металл.

$$\forall_a(\text{металл}(a) \rightarrow \text{химэлемент}(a))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "атомы"

1. Усмотрение ложного равенства.

$$\forall_{abc}(\text{атомы}(a, b) = c \leftrightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Преобразуемое равенство константное. Выражение c имеет заголовок "химсоед". Уровень срабатывания равен 1.

2. Учет единицы.

$$\forall_a(\text{атомы}(a, 1) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

3. Идентификация коэффициентов.

$$\forall_{amn}(\text{атомы}(a, n) = \text{атомы}(a, m) \leftrightarrow m = n)$$

$$\forall_{an}(\text{атомы}(a, n) = a \leftrightarrow n = 1)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

4. Нормализатор общей стандартизации "норматомы".

Имеется единственный прием, связанный с учетом единицы (см. выше).

Приемы, связанные с символом "молекулы"

1. Исключение символа "молекулы".

$$\forall_{amn}(\text{молекулы}(\text{атомы}(a, n), m) = \text{атомы}(a, mn))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с логическим символом. Уровень срабатывания равен 2.

2. Устранение однократной группы.

$$\forall_a(\text{молекулы}(a, 1) = a)$$

Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "химсоед"

1. Устранение вложенных операций.

Прием имеет теорему "коммутативно(химсоед)" и заголовок "спускоперандов". Уровень срабатывания равен 0. Напомним, что символ "химсоед" ассоциативный и коммутативный.

2. Подстановка единицы вместо общего множителя фрагментов молекулярной формулы.

$$\forall_{abmnx}(n - \text{натуральное} \ \& \ x = \text{химсоед}(\text{атомы}(a, mn), b) \rightarrow n = 1)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, имеющей цель "известно". Переменная x идентифицируется с неизвестной, переменная m - с натуральной константой, переменная n - с переменной. Каждый операнд остаточной группы операндов b имеет вид "атомы(x, kn)", где k - натуральная константа, возможно, равная 1. Отсутствуют посылки вида "углеводород(X)", "химсостав(X , химсоед(атомы(a, mn), b))". Уровень срабатывания равен 2.

3. Использование посылки, уточняющей химический состав одного из компонентов.

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсоед}(a, c) = \text{химсоед}(b, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровни срабатывания равны 1 и 3.

4. Усмотрение противоречия.

$$\forall_{ab}(\text{химсоед}(a) = \text{химсоед}(b) \leftrightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменные a, b идентифицируются с константными выражениями. Результаты обработки нормализаторами "стандхимсоед", "стандупорядочение" левой и правой частей равенства различны. Нормализатор "стандхимсоед", описываемый ниже, устраняет дублирования в молекулярной формуле - приводит ее к каноническому виду, в котором перечисляются попарно различные химические элементы со своими коэффициентами. Уровень срабатывания равен 0.

5. Идентификация коэффициентов.

$$\forall_{abcmn}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), b) = \text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), c) \rightarrow n = m)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой. Каждый операнд выражений "химсоед" либо имеет заголовок "атомы", либо является названием химического элемента. Выражения b, c не имеют вхождений подвыражения a . Выражения m, n различны. Уровень срабатывания равен 1.

6. Сокращение равенства.

$$\forall_{abc}(\text{химсоед}(a, b) = \text{химсоед}(a, c) \leftrightarrow b = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

7. Ориентация равенства.

$$\forall_{abc}(\text{химсоед}(a, b) = c \leftrightarrow c = \text{химсоед}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Переменная c идентифицируется с переменной. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 5.

8. Стандартизация обозначений.

Чтобы преобразовать "бесповторную" молекулярную формулу к общепринятому "повторному" виду, нужны специальные приемы. Пока создан единственный такой прием: $N_2H_4O_3 = NH_4NO_3$. Он имеет заголовок "второйтерм" и срабатывает на уровне 1.

9. Нормализатор "стандхимсоед" перехода к бесповторной молекулярной формуле.

Все приемы нормализатора срабатывают на уровне 1.

(a) Устранение вложенных операций.

Теорема приема имеет вид "ассоциативно(химсоед)". Напомним, что операция "химсоед" ассоциативна и коммутативна.

(b) Группировка одинаковых атомов.

$$\forall_{amn}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), \text{атомы}(a, n)) = \text{химсоед}(\text{атомы}(a, m + n)))$$

Допускаются вырожденные единичные значения m, n .

(c) Исключение символа "молекулы".

$$\forall_{abn}(\text{молекулы}(\text{химсоед}(a, b), n) = \text{химсоед}(\text{молекулы}(a, n), \text{молекулы}(b, n)))$$

$$\forall_{amn}(\text{молекулы}(\text{атомы}(a, n), m) = \text{атомы}(a, mn))$$

Переменная a идентифицируется с логическим символом. Допускается вырожденное единичное значение n .

$$\forall_{amn}(\text{молекулы}(\text{молекулы}(a, m), n) = \text{молекулы}(a, mn))$$

(d) Случай единственного операнда.

$$\forall_a(\text{химсоед}(a) = a)$$

Число корневых операндов преобразуемого выражения равно 1.

Приемы, связанные с символом "химсостав"

1. Отождествление формул одного и того же вещества.

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, c) \leftrightarrow b = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

2. Отождествление веществ по одинаковым формулам.

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(a, b) \& \text{химсостав}(c, b) \rightarrow a = c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

3. Идентификация состава.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \leftrightarrow a = b)$$

Выражение a имеет заголовок "химсоед". Уровень срабатывания равен 1.

4. Определение формулы сложного вещества, обозначенного специальным логическим символом.

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(b, c) \rightarrow \text{химсостав}(b, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении посылки задачи на исследование вида "Цепьреакций(a, d, e)". Эта посылка означает, что a - множество химических реакций, позволяющих получить вещество e из веществ множества d (вообще говоря, при использовании дополнительных реагентов). Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию однобуквенного подвыражения b выражения d либо e , представляющего собой логический символ. Не усматривается, что b - название химического элемента. Отсутствует посылка вида "химсостав(b, x)". Антецедент обрабатывается справочником "химсостав", который и определяет молекулярную формулу. Этот справочник будет описан ниже, в разделе, посвященном химическим веществам. Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{abc}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, c) \rightarrow \text{химсостав}(b, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, причем переменная b идентифицируется с логическим символом. Не усматривается, что этот символ - обозначение химического элемента. Отсутствует посылка вида "химсостав(b, x)". Существует посылка с заголовком "Химреакция". Второй антецедент обрабатывается справочником "химсостав". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd}(\text{галогенопроизводное}(a, b, c) \ \& \ \text{химсостав}(a, d) \rightarrow \text{химсостав}(a, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, причем переменная a идентифицируется с логическим символом. Второй антецедент обрабатывается справочником "химсостав". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(\text{смесь}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(\text{вода}, H_2O))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение b содержит символ "вода". Уровень срабатывания равен 2.

5. Рассмотрение химического состава вещества паров.

$$\forall_{abcd}(\text{пары}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(a, c) \rightarrow \text{химсостав}(b, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химсостав(b, x)". Прием вводит новую переменную d . Уровень срабатывания равен 1.

6. Приближенное сокращение пропорций при определении молекулярной формулы.

В связи с тем, что численные данные в задачах обычно бывают приближенными, а коэффициенты в молекулярных формулах - натуральные числа, приходится создавать приемы для округления этих коэффициентов. Чтобы избежать

срабатывания приемов, усматривающих противоречие в утверждениях о целочисленности дробной величины, такое округление делается заблаговременно, до фактического определения коэффициентов.

$$\forall_{kmnpqxy}(k = \text{нодвсех}(\{m, n\}) \ \& \ p = [m/k] \ \& \ q = [n/k] \rightarrow mx - ny = 0 \leftrightarrow px - qy = 0)$$

Здесь линейное уравнение преобразуется так, чтобы заранее обеспечить целочисленность решений. Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Переменные m, n идентифицируются с десятичными константами, переменные x, y - с переменными, входящими одновременно в некоторое встречающееся в посылках выражение с заголовком "химсоед". Существует посылка с заголовком "химсостав". Антецеденты выделены указателем "идентификатор". Правая часть первого антецедента обрабатывается нормализатором "приблизнод". Этот нормализатор, используя вычисления в машинном формате "с плавающей запятой", находит приближенное значение "наибольшего общего делителя" констант m, n . Сам наибольший общий делитель не обязательно целочисленный, но результаты деления на него констант - "почти целочисленные". Правые части второго и третьего антецедентов обрабатываются нормализатором "нормцелаячасть". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{kmnpqrsxy}(k = \text{нодвсех}(\{ms, nr\}) \ \& \ p = [ms/k] \ \& \ q = [nr/k] \rightarrow mx/r = ny/s \leftrightarrow px - qy = 0)$$

Аналогично предыдущему, но обе части уравнения ненулевые. При этом рассматривается случай дробных коэффициентов. Переменные r, s идентифицируются с десятичными константами; любые из переменных m, n, r, s могут принимать вырожденное единичное значение.

7. Округление до целого числа константы, указывающей число атомов в молекулярной формуле.

$$\forall_{abc}(0 < b \ \& \ b < 0.5 \ \& \ a - \text{целое} \rightarrow c = a + b \leftrightarrow c = a)$$

$$\forall_{abc}(0.5 < b \ \& \ b < 1 \ \& \ a - \text{целое} \rightarrow c = a + b \leftrightarrow c = a + 1)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются к посылке задачи на исследование. Переменная a идентифицируется с десятичным числом, переменная b - с константным выражением, переменная c - с неконстантным. В задаче встречается выражение "химсоед(...)", внутри которого располагается подвыражение вида "атомы(x, c)" либо "молекулы(x, c)". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами.

8. Округление до целого в уравнении для коэффициентов химической формулы.

$$\forall_{abcdpq}(d = c \ \& \ a - \text{целое} \ \& \ b - \text{целое} \rightarrow a + c = b \leftrightarrow a + d = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Переменная c идентифицируется с десятичной константой, содержащей запятую. Первый антецедент выделен указателем "идентификатор". Его

правая часть обрабатывается оператором "ближцелое", определяющим ближайшее к s целочисленное значение d . Второй и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Перед применением приема проверяется наличие посылки с заголовком "химсостав". Уровень срабатывания равен 0.

9. Использование справочника "химсостав".

$$\forall_{abc}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, c) \rightarrow \text{химсостав}(b, c))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, причем b - логический символ. Второй антецедент обрабатывается справочником "химсостав", который будет описан в разделе, посвященном химическим веществам. Уровень срабатывания равен 1.

10. Проверочный оператор "усмхимсостав".

Оператор имеет всего два приема. Первый усматривает наличие в контексте проверяемого утверждения "химсостав(a, b)". Второй - усматривает истинность утверждения "химсостав(a, a)". По умолчанию, здесь a - атомарная формула. Заметим, что во многих случаях удобно использовать для обозначения вещества тот же символ, что и для химического элемента, образующего данное вещество. Например, в задаче может встречаться исходная посылка "вещество(A , медь)". Чтобы избежать ненужных усложнений, связанных с отдельным обозначением вещества "медь" и его атомарной формулы "медь", допускается указанная сокращенная запись. Естественно, она потребовала создания некоторого количества дополнительных приемов.

Приемы, связанные с символами "Химэлементы", "химЭлементы"

1. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы с натуральным параметром.

$$\forall_{abmnx}(\text{Химэлементы}(a, \{\lambda_i(b(i), i \in \{1, \dots, n\})\}) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow \\ x = \text{химсоед}(\lambda_i(\text{атомы}(b(i), m(i)), i \in \{1, \dots, n\})) \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow m(i) - \text{натуральное}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатели "развертка" определяют идентификацию описателя "отображение" с конечным списком. Точно так же, описатель "отображение" в выводимых утверждениях выписывается как конечный список, а квантор общности - как конъюнкция. Переменная x идентифицируется с неизвестной. Отсутствует посылка вида " $x = d$ ". Прием вводит набор m новых переменных, имеющих длину n . Они регистрируются в качестве неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

2. Инициализация определения молекулярной формулы вещества, участвующего в химической реакции.

$$\forall_{ABCPax}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{Химэлементы}(a, P) \rightarrow \\ \text{химсостав}(a, x))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Прием вводит новую переменную x , регистрируя ее в качестве неизвестной. Уровень срабатывания равен 1.

3. Определение множества химических элементов по молекулярной формуле.

$$\forall_{abc}(\text{Химэлементы}(a, b) \rightarrow \text{Химэлементы}(a, c) \leftrightarrow c = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Существует посылка вида "химсостав(a, p)", где p - константное выражение. Антецедент обрабатывается пакетным синтезатором "Химэлементы", определяющим множество химических элементов в химическом веществе и описываемым ниже. Уровень срабатывания равен 2.

4. Синтезатор "химЭлементы" определения множества химических элементов в абстрактной молекуле.

Синтезатор реализует утверждение "химЭлементы(a, b)". Входным данным служит молекулярная формула a . Выходной переменной b присваивается множество (конечный перечень) названий химических элементов, присутствующих в формуле a .

- (а) Атом.

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \text{химЭлементы}(a, \{a\}))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Переменная a идентифицируется с логическим символом. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Группа атомов.

$$\forall_{an}(\text{химЭлементы}(a, n), \{a\})$$

Уровень срабатывания равен 1.

- (с) Шаг рекурсии.

$$\forall_{abcd}(\text{химЭлементы}(a, c) \& \text{химЭлементы}(b, d) \rightarrow \text{химЭлементы}(\text{химсоед}(a, b), c \cup d))$$

Антецеденты реализуют рекурсивные обращения. Уровень срабатывания равен 2.

5. Синтезатор "Химэлементы" определения множества химических элементов в химическом веществе.

Синтезатор реализует утверждение "Химэлементы(a, b)". Входным данным служит обозначение a химического вещества (обычно - переменная). Выходной переменной b присваивается множество (конечный перечень) названий химических элементов, присутствующих в веществе a .

- (а) Использование посылки "химсостав".

$$\forall_{abcd}(\text{химсостав}(a, b) \& \text{химЭлементы}(b, c) \rightarrow \text{Химэлементы}(a, c))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается пакетным синтезатором "химЭлементы". Уровень срабатывания приема равен 1.

- (b) Использование справочника "химсостав".

$$\forall_{abcd}(\text{химсостав}(a, b) \& \text{химЭлементы}(b, c) \rightarrow \text{Химэлементы}(a, c))$$

Первый антецедент обрабатывается справочником "химсостав", второй - пакетным синтезатором. Уровень срабатывания равен 2.

(с) Химический элемент.

$$\forall_{abcd}(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \text{Химэлементы}(a, \{a\}))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символами "смесь", "Смесь"

1. Объем смеси.

$$\forall_{abnt}(b = \text{Смесь}(\{; a\}) \& l(a) = n \rightarrow \text{Объем}(b, t) = \sum_{i=1}^n \text{Объем}(a(i), t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "Объем(b, t)". Первый антецедент выделен указателем "возмравно". Это означает, что либо b само имеет требуемый вид, либо для него имеется соответствующее равенство в посылках. Выражение a имеет заголовок "набор". Вторым антецедент выделен указателем "идентификатор". Существует посылка с заголовком "Химреакция". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abn}(b = \text{Смесь}(\{; a\}) \& l(a) = n \rightarrow \text{объем}(b) = \sum_{i=1}^n \text{объем}(a(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Все выражения "объем($a(i)$)" уже встречаются в задаче. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abcdef}(a = \text{Смесь}(\{b, c\}) \& \text{вещество}(b, d) \& \text{вещество}(c, e) \& \text{Вещество}(d) \& \text{Вещество}(e) \& \text{вещество}(a, f) \rightarrow \text{объем}(b) = \text{Содержание}(d, f)\text{объем}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и последний антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и пятый антецедент обрабатываются справочником "Вещество". Выражение "Содержание(d, f)", а также хотя бы одно из выражений "объем(a)", "объем(b)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 5.

2. Масса смеси.

$$\forall_{abn}(b = \text{Смесь}(\{; a\}) \& l(a) = n \rightarrow \text{масса}(b) = \sum_{i=1}^n \text{масса}(a(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Хотя бы одно из выражений "масса($a(i)$)" уже встречается в задаче. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровни срабатывания равны 2 и 5.

3. Вещество смеси.

$$\forall_{abc}(a = \text{Смесь}(b) \rightarrow \text{вещество}(a, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей также цель "текстоваязадача". Такие задачи

используются при анализе текстов естественного языка. Отсутствует посылка вида "вещество(a, x)". Прием вводит новую переменную c . Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 5 в произвольной задаче на исследование. Как и в первой версии, требуется отсутствие посылки вида "вещество(a, x)". Дополнительно требуется, чтобы выражение вида "давление(a, t)" уже встречалось в задаче. Вводится новая переменная c , которая регистрируется в качестве неизвестной.

4. Содержание по объему.

$$\forall_{abcdef} (a = \text{Смесь}(\{b, c\}) \ \& \ \text{вещество}(b, e) \ \& \ \text{Вещество}(e) \ \& \ \text{вещество}(c, f) \ \& \ \text{Вещество}(f) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \rightarrow \\ \text{Содержание}(e, d) = \text{объем}(b) / (\text{объем}(b) + \text{объем}(c)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме третьего и пятого, обрабатываемых справочником "Вещество", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Хотя бы одно из выражений "объем(b)", "объем(c)" уже встречается в задаче. Выражения e, f различны. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcdemn} (a = \text{Смесь}(\{b, c\}) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{вещество}(b, m) \ \& \ \text{вещество}(c, n) \rightarrow \text{Содержание}(e, d) = \\ (\text{Содержание}(e, m)\text{объем}(b) + \text{Содержание}(e, n)\text{объем}(c)) / (\text{объем}(b) + \text{объем}(c)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "Содержание(e, m)". Antecedents идентифицируются с посылками. Нормализатор "норСодержание" преобразует выражения "Содержание(e, m)" и "Содержание(e, n)" к виду, в котором символ "Содержание" исключен. Уровень срабатывания равен 5.

5. Содержание по массе.

$$\forall_{Cdefgmp} (\text{Смесь}(\{f, g\}) = C \ \& \ \text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{смесь}(c, \{d, e\}) \ \& \ \text{вещество}(f, d) \ \& \ \text{вещество}(g, e) \ \& \ \text{содержание}(d, c) = p \ \& \ \text{масса}(C) = m \rightarrow \\ \text{масса}(f) = mp)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражения m, p не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdenp} (b = \text{Смесь}(\{; a\}) \ \& \ l(a) = n \ \& \ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), c(i))) \ \& \ p = \lambda_i (\text{содержание}(d, c(i)), i \in \{1, \dots, n\}) \ \& \ \text{вещество}(b, e) \rightarrow \text{содержание}(d, e) = \\ \sum_{i=1}^n p(i)\text{масса}(a(i)) / \text{масса}(b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подвыражению посылки задачи на исследование. Первый antecedent идентифицируется с посылкой, третий выделен указателем "развертка" и идентифицируется с группой посылок. Вторым и четвертым antecedents выделены указателем "идентификатор". Описатель "отображение" в четвертом antecedente выписывается как набор, конечная сумма - как обычная. Символ "содержание" не встречается в выражении p . Хотя бы одно из выражений "масса($a(i)$)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABacd}(\text{вещество}(\text{Смесь}(\{A, B\}), c) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{содержание}(a, c) = d \ \& \ 0 < 1 - d \rightarrow \text{масса}(A) = d\text{масса}(B)/(1 - d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение d не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcden}(b = \text{Смесь}(\{; a\}) \ \& \ l(a) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), c(i))) \ \& \ \text{вещество}(b, e) \rightarrow \text{содержание}(d, e) = \sum_{i=1}^n (\text{содержание}(d, c(i))\text{масса}(a(i)))/\text{масса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "содержание(d, e)", имеющего тип "неизв". Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками. Третий антецедент выделен указателем "развертка" и идентифицируется с группой посылок. Вторым антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражение "масса(b)" уже встречается в задаче. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 5. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 7. Она отличается тем, что выражение "содержание(d, e)" (как и выше, после обработки нормализатором общей стандартизации) не содержит неизвестных. Дополнительно требуется, чтобы хотя бы одно из выражений "масса($a(i)$)" имело тип "неизв".

6. Количество атомов химического элемента в смеси.

$$\forall_{Aabnp}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{смесь}(a, \{; b\}) \ \& \ l(b) = n \ \& \ \text{химэлемент}(p) \rightarrow \text{количества}(A, p) = \sum_{i=1}^n (\text{количества}(A, b(i))\text{количатомов}(p, b(i))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "количества(A, p)". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "идентификатор". Переменная p идентифицируется с логическим символом. Четвертый антецедент обрабатывается справочником "химэлемент". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

7. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы для элемента смеси.

$$\forall_{Aabcd}(\text{смесь}(c, \{a; d\}) \ \& \ \text{вещество}(A, c) \ \& \ \text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "числоатомов(A, e)". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается справочником "химсостав". Уровень срабатывания равен 1.

8. Ввод в рассмотрение объектов смеси.

$$\forall_{abmpq}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{смесь}(b, \{; p\}) \ \& \ l(p) = n \rightarrow \text{Смесь}(\{; q\}) = a \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(q(i), p(i))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "идентификатор". Выражение p имеет заголовок "набор". Выражение a не имеет заголовка "Смесь". Отсутствует посылка вида " $a = \text{Смесь}(x)$ ". Имеется либо посылка вида "извлечение(a, x, y)", либо посылка вида "Химреакция(x, y, z)", у которой a встречается в списке реагентов y . Для кадого элемента c набора p имеется посылка вида "химсостав(c, x)". Прием вводит набор q новых переменных, имеющий длину n . Эти переменные регистрируются в качестве неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abnpq}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{сплав}(b, \{; p\}) \ \& \ l(p) = n \rightarrow \text{Смесь}(\{; q\}) = a \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(q(i), p(i))))$$

Аналогично предыдущему.

9. Ввод в рассмотрение веществ смеси.

$$\forall_{ABabn}(A = \text{Смесь}(\{; B\}) \ \& \ l(B) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(B(i), b(i))) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \rightarrow \text{смесь}(a, \{; b\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и четвертый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение B имеет заголовок "набор". Третий антецедент, выделенный указателем "развертка", идентифицируется с группой посылок. Второй антецедент выделен указателем "идентификатор". Отсутствуют посылки вида "смесь(a, x)", "сплав(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

10. Объем газообразной смеси.

$$\forall_{Aabcdpt}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{смесь}(a, \{b; c\}) \ \& \ \text{извлечение}(A, b, d) \ \& \ \text{Содержание}(b, a) = p \rightarrow \text{Объем}(d, t) = p\text{Объем}(A, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "Объем(A, t)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

11. Количество вещества в смеси.

$$\forall_{abns}(s = \text{Смесь}(\{; a\}) \ \& \ l(a) = n \rightarrow \text{количества}(s, b) = \sum_{i=1}^n \text{количества}(a(i), b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "количества(s, b)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Либо выражение "количества(s, b)" после обработки нормализатором общей стандартизации, имеет тип "неизв", либо оно не содержит неизвестных, либо в задаче встречается хотя бы одно из выражений "количества($a(i), b$)". Отсутствует посылка вида "вещество(s, b)". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

$$\begin{aligned} & \forall_{Sabns}(S = \text{Смесь}(\{; a\}) \ \& \ l(a) = n \ \& \ \text{вещество}(S, s) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), b(i))) \rightarrow \text{количества}(S, s) = \\ & \sum_{i=1}^n \text{количества}(a(i), b(i)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "количества(S, s)". Первый и третий antecedentes идентифицируются с посылками, четвертый - выделен указателем "развертка" и идентифицируется с группой посылок. Второй antecedent выделен указателем "идентификатор". Переменная b функциональная. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

12. Температура элементов смеси.

$$\forall_{abct}(a = \text{Смесь}(\{b; c\}) \rightarrow \text{температура}(a, t) = \text{температура}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "температура(b, t)". Antecedent идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

13. Давление элементов смеси.

$$\forall_{abct}(a = \text{Смесь}(\{b; c\}) \rightarrow \text{давление}(a, t) = \text{давление}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "давление(b, t)". Antecedent идентифицируется с посылкой. Выражение "давление(a, t)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{bcmt}(\text{давление}(\text{Смесь}(\{b; c\}), t) = m \rightarrow \text{давление}(b, t) = m)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "давление(b, t)". Antecedent идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 3.

14. Одноэлементное множество.

$$\forall_a(\text{Смесь}(\{a\}) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(a = \{b\} \rightarrow \text{Смесь}(a) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Antecedent идентифицируется с посылкой, причем точка привязки располагается в нем. Существует посылка с заголовком "Химреакция". Уровень срабатывания равен 2.

15. Объединение одинаковых веществ.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcmnp}(\text{вещество}(a, p) \ \& \ \text{вещество}(b, p) \rightarrow \text{Смесь}(\{a \cup m, b \cup n; c\}) = \\ & \text{Смесь}(\{a \cup m \cup b \cup n; c\})) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 3.

16. Смесь смесей.

$$\forall_{ABCDPQab}(P = \text{Смесь}(\{A, B\}) \& Q = \text{Смесь}(\{C, D\}) \& \text{непересек}(P, Q) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{вещество}(C, a) \& \text{вещество}(D, b) \rightarrow \text{Смесь}(\{P, Q\}) = \text{Смесь}(\{A \cup C, B \cup D\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. В дополнение к преобразованию терма, происходит вывод посылок: "непересек(A, C)", "непересек(B, D)", "вещество($A \cup C, a$)", "вещество($B \cup D, b$)". Уровень срабатывания равен 1.

17. Растворение кристаллогидрата в воде.

$$\forall_{ABCDEabdmn}(\text{вещество}(A, a) \& \text{вещество}(B, \text{вода}) \& \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, \text{молекулы}(H_2O, m))) \& \text{молекулярнаямасса}(\text{химсоед}(b)) = n \rightarrow C = \text{Смесь}(\{A, B\}) \leftrightarrow \text{Смесь}(\{D, E\}) = C \& \text{вещество}(D, d) \& \text{химсостав}(d, \text{химсоед}(b)) \& \text{масса}(D) = n \cdot \text{масса}(A)/(18m + n) \& \text{масса}(E) = \text{масса}(B) + 18m \cdot \text{масса}(A)/(18m + n) \& \text{вещество}(E, \text{вода}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Прием вводит новые переменные d, D, E , которые регистрирует в качестве неизвестных. Уровень срабатывания равен 1.

18. Равенство масс компонент смеси при равенстве масс смесей, имеющих одинаковые составы.

$$\forall_{ABabcdpq}(\text{Смесь}(\{a; b\}) = A \& \text{Смесь}(\{c; d\}) = B \& \text{масса}(A) = \text{масса}(B) \& \text{вещество}(A, p) \& \text{вещество}(B, p) \& \text{вещество}(a, q) \& \text{вещество}(c, q) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{масса}(c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

19. Ориентация равенства.

$$\forall_{ab}(a = \text{Смесь}(b) \leftrightarrow \text{Смесь}(b) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Переменная a идентифицируется с переменной. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

20. Исключение вспомогательного обозначения для множества компонент смеси.

$$\forall_{abc}(c = \text{Смесь}(b) \& \{; a\} = b \& b - \text{set} \leftrightarrow c = \text{Смесь}(\{; a\}))$$

Прием имеет заголовок "заменатермов(второйтерм)". Он применяется к группе посылок задачи на исследование. Переменная b не входит в остальные посылки. Уровень срабатывания равен 3.

21. Учет сплава.

$$\forall_a(\text{Сплав}(a) = \text{Смесь}(a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Существует посылка с заголовком "Химреакция". Уровень срабатывания приема равен 1.

22. Нормализатор общей стандартизации "нормСмесь".

Создан единственный прием, для случая одноэлементного множества компонент: $\forall_a(\text{Смесь}(\{a\}) = a)$.

Приемы, связанные с символами "раствор", "Раствор"

1. Переформулировка через смесь.

$$\forall_{abc}(\text{раствор}(a, b, c) \leftrightarrow \text{смесь}(a, b \cup \{c\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abc}(\text{Раствор}(a, b, c) \rightarrow \text{Смесь}(b \cup \{c\}) = a)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $a = \text{Смесь}(x)$ ". Если b имеет вид " $\{d\}$ ", то отсутствует посылка вида " $d = \text{Смесь}(x)$ ". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd}(b = \text{Смесь}(\{d\}) \& \text{Раствор}(a, \{b\}, c) \rightarrow \text{Смесь}(\{c; d\}) = a)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $a = \text{Смесь}(x)$ ". Уровень срабатывания равен 1.

2. Ввод в рассмотрение вещества растворителя.

$$\forall_{abcd}(\text{Раствор}(a, b, c) \rightarrow \text{вещество}(c, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $\text{вещество}(c, x)$ ". Прием вводит новую переменную d . Уровень срабатывания равен 1.

3. Вещество растворителя не совпадает с растворенным веществом.

$$\forall_{ABCDbcd}(\text{Раствор}(A, \{B; C\}, D) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{вещество}(D, d) \rightarrow \neg(b = d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Либо b , либо d неконстантное, и для него отсутствует посылка "химсостав(...)", определяющая молекулярную формулу. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символами "растворимо", "Растворимы"

1. Идентификация вещества с помощью растворимости.

$$\forall_{Aabcx}(x \in \{a, b\} \ \& \ \text{химсостав}(c, x) \ \& \ \text{вещество}(A, c) \ \& \ \text{растворимо}(a, \text{вода}) \ \& \ \neg(\text{растворимо}(b, \text{вода})) \rightarrow x = (a \text{ при растворимы}(\{A\}, \text{вода}), \text{ иначе } b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, имеющей цель "разделить".

Такая цель используется в задачах на описание либо на исследование, в которых требуется идентифицировать неизвестный объект x , относительно которого известна принадлежность его заданному конечному списку. Ответом задачи служит группа утверждений $D_1, \dots, D_n, x = t$, где D_1, \dots, D_n - некоторые вспомогательные действия (например, химические реакции, и т.п.), в зависимости от результатов которых условное выражение t определяет значение неизвестной.

Два последних антецедента обрабатываются проверочными операторами. Переменная x - неизвестная, причем отсутствует посылка вида $x = t$. Выведенная посылка снабжается комментарием "ответ". Уровень срабатывания равен 2.

2. Определение растворимости группы веществ.

Напомним, что предикат "Растворимы(a, b)" означает, что каждое вещество множества a - либо газообразно, либо растворимо в веществе b .

$$\forall_{abc}(\neg(\text{растворимо}(a, c)) \rightarrow \neg(\text{Растворимы}(\{a; b\}, c)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_a(\text{Растворимы}(\emptyset, a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{abc}(\text{растворимо}(a, c) \rightarrow \text{Растворимы}(\{a; b\}, c) \leftrightarrow \text{Растворимы}(\{; b\}, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abc}(\text{газ}(a) \rightarrow \text{Растворимы}(\{a; b\}, c) \leftrightarrow \text{Растворимы}(\{; b\}, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

3. Проверочный оператор "усмрастворимо".

В операторе представлены приемы, указывающие на растворимость в воде следующих веществ: $KNO_3, NaNO_3, AgNO_3, Ba(NO_3)_2, Pb(NO_3)_2, Al(NO_3)_3, K_2S, Na_2S, Na_2SO_3, Na_2SO_4, FeSO_4, CuCl_2, AlCl_3, NaCl, BaBr_2, NaBr, NaF, Na_2CO_3, NaOH, Ba(OH)_2, H_2O, Ca(HCO_3)_2, KAl(OH)_4$. Разумеется, этот список отражает лишь те случаи растворимости, которые возникали в разобранных примерах. Чтобы избежать чрезмерно большой программы данного проверочного оператора, целесообразно редкие случаи растворимости устанавливать

через базу теорем. В разделе этой базы, связанным с соответствующим веществом, можно указывать краткий перечень основных его физико - химических свойств, включая растворимость. Поиск раздела по молекулярной формуле вещества можно быстро выполнять непосредственно через оглавление базы теорем, не создавая никаких дополнительных приемов.

4. Проверочный оператор "усмнерастворимо".

Аналогично предыдущему, созданы приемы, указывающие нерастворимость в воде лишь тех веществ, для которых ее требовалось установить в рассмотренных примерах. Именно, PbS , $Cu(OH)_2$, $AgCl$, $AgBr$, AgI , $BaCO_3$, $BaSO_4$, Si , $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$. Кроме того, указана нерастворимость кремния в соляной кислоте. Чтобы расширить формат обращения к оператору, добавлен прием " $\forall_a(\neg(\text{растворимо}(a, \text{вода})) \rightarrow \neg(\text{растворимо}(a, H_2O)))$ ". Антецедент реализует рекурсивное обращение.

Приемы, связанные с символом "выпаривание"

Создан единственный прием, усматривающий, что после частичного выпаривания остается раствор тех же веществ в том же растворителе:

$$\forall_{BCDEFae}(\text{выпаривание}(a, B, C) \ \& \ \text{Раствор}(B, D, E) \ \& \ \text{вещество}(E, e) \rightarrow \text{Раствор}(C, D, F) \ \& \ \text{вещество}(F, e))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $\text{Раствор}(C, x, y)$ ". Прием вводит новую переменную F . Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "концентрация"

1. Концентрация раствора.

$$\forall_{ABCab}(\text{Раствор}(B, \{A\}, C) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \rightarrow \text{концентрация}(a, b) = \text{количества}(A, a) / \text{объем}(B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида " $\text{концентрация}(a, b)$ ". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCab}(B = \text{Смесь}(\{A; C\}) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \rightarrow \text{концентрация}(a, b) = \text{количества}(A, a) / \text{объем}(B))$$

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 7.

2. Определение количеств веществ раствора по его объему и концентрации.

$$\forall_{ABCabp}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{Смесь}(\{B, C\}) = A \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{вещество}(C, \text{вода}) \ \& \ \text{концентрация}(b, a) = p \rightarrow \text{количества}(B, b) = \text{объем}(A) \cdot p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение p не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "растворимость"

1. Масса растворенного вещества в насыщенном растворе.

$$\forall_{ABCbcpst}(\text{насыщраствор}(A, b, c, t, s) \ \& \ \text{Раствор}(A, \{B\}, C) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{вещество}(C, c) \rightarrow \text{масса}(B) \cdot 100\text{г} = \text{растворимость}(b, c, t, s) \cdot \text{масса}(C))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "растворимость(b, c, t, s)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема. В ней указатель "контрольвывода" отсутствует, но требуется, чтобы пара подвыражений вида "вещество(A, x)", "содержание(b, x)" уже встречалась в задаче. Уровень срабатывания тот же.

2. Закон Генри.

$$\forall_{abpqt}(\text{газ}(a) \ \& \ \text{жидкость}(b) \rightarrow q \cdot \text{растворимость}(a, b, t, p) = p \cdot \text{растворимость}(a, b, t, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "растворимость(a, b, t, p)". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения вида "растворимость(a, b, t, q)". Выражения p, q различны. Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символами "составсмеси", "Составсмеси"

1. Определение состава смеси по известным объемам ее частей.

$$\begin{aligned} &\forall_{Aabcdnptx}(\text{Составсмеси}(A, x) \ \& \ A = \text{Смесь}(\{; a\}) \ \& \ l(a) = n \ \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), b(i))) \ \& \ \text{Объем}(A, t) = d \ \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Объем}(a(i), t) = c(i)) \ \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(b(i), p(i))) \rightarrow \\ &x = \{; \lambda_i((p(i), c(i)/d), i \in \{1, \dots, n\})\} \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "развертка" определяет идентификацию четвертого, шестого и седьмого антецедентов с группами посылок. Точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Переменные b, c функциональные. Описатель "отображение" выписывается как конечный набор. Уровень срабатывания равен 3.

2. Определение состава газовой смеси по отношению количеств веществ.

$$\begin{aligned} &\forall_{Aabcdnpx}(\text{Составсмеси}(A, x) \ \& \ A = \text{Смесь}(\{; a\}) \ \& \ l(a) = n \ \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), b(i))) \ \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(b(i), p(i))) \ \& \\ &c = \sum_{i=1}^n \text{количества}(a(i), b(i)) \rightarrow \\ &x = \{; \lambda_i((p(i), \text{количества}(a(i), b(i))/c), i \in \{1, \dots, n\})\} \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего и шестого, выделенных указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение a имеет заголовок "набор". Выражение

x содержит неизвестные. Указатель "развертка" определяет идентификацию четвертого и пятого antecedентов с группами посылок. Конечная сумма выписывается как обычная, а описатель "отображение" - как конечный набор. Переменные b, p функциональные. Для каждого элемента e набора a в посылках встречается выражение вида "количества(e, y)". Для некоторого $p(i)$ усматривается, что оно газообразное. Выводимое равенство не содержит символа "количества". Уровни срабатывания равны 5 и 9.

3. Определение состава смеси по массам.

$$\forall_{Aabcn}(\text{Смесь}(\{; a\}) = A \ \& \ l(a) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), b(i))) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(b(i), c(i))) \rightarrow \text{составсмеси}(A) = \{; \lambda_i((c(i), \text{масса}(a(i))/\text{масса}(A)), i \in \{1, \dots, n\})\})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedенты, кроме второго, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "развертка" определяет идентификацию третьего antecedента с группой посылок. Описатель "отображение" выписывается как конечный набор. Выражение "составсмеси(A)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

4. Вырожденная смесь.

$$\forall_{ab}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, c) \rightarrow \text{составсмеси}(a) = \{(c, 1)\})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "составсмеси(a)". Уровень срабатывания равен 5.

Приемы, связанные с символом "пары"

Создан единственный прием, определяющий молекулярную формулу паров по молекулярной формуле исходного вещества:

$$\forall_{abcden}(\text{пары}(a, b) \ \& \ \text{молярнмасса}(a) = c \ \& \ \text{химсостав}(b, d) \ \& \ \text{молярнмасса}(b) = e \ \& \ n = c/e \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{молекулы}(d, n)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем. Последние два antecedента выделены указателем "идентификатор". Выражения c, e константные. Правая часть последнего antecedента обрабатывается оператором "приближцелое", округляющим значение до ближайшего целого. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символами "плотность", "Плотность"

1. Отношение плотностей газов равно отношению молярных масс.

$$\forall_{abcdpq}(\text{газ}(a) \ \& \ \text{газ}(b) \rightarrow \text{плотность}(a)c/p = \text{плотность}(b)d/q \leftrightarrow \text{молярнмасса}(a)c/p = \text{молярнмасса}(b)d/e)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Допускаются вырожденные единичные значения c, d, p, q . Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd}(\text{газ}(a) \ \& \ \text{газ}(b) \rightarrow \text{плотность}(a)/(\text{дплотность}(b)) = \text{смолярнмасса}(a)/(\text{дмолярнмасса}(b)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Aabcdpqt}(\text{газ}(A, t) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(b) \rightarrow \text{плотность}(a)c/p = \text{плотность}(b)d/q \leftrightarrow \text{молярнмасса}(a)c/p = \text{молярнмасса}(b)d/e)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Второй антецедент идентифицируется с посылкой. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "температура(A, t)". Первый и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 4.

2. Подстановка численного значения плотности.

$$\forall_{ab}(\text{плотность}(a) = b \rightarrow \text{плотность}(a) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Выражение b константное и не имеет заголовка "плотность". Уровень срабатывания равен 1. Хотя имеется общий прием для подстановки значения, определенного равенством из контекста, но на момент попытки его применения заменяемый терм мог еще отсутствовать. Данный прием обеспечивает возможность подстановки после его появления.

3. Выражение плотности газа через молярную массу, температуру и давление.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \rightarrow \text{Плотность}(a, t) = \text{давление}(a, t)\text{молярнмасса}(b)/(\text{газконст} \cdot \text{абстемпература}(a, t)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "Плотность(a, t)" в заменяющем терме не встречается. Уровень срабатывания равен 6.

4. Ориентация равенства.

$$\forall_{ab}(a = \text{плотность}(b) \leftrightarrow \text{плотность}(b) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке. Выражение a не имеет заголовка "плотность". Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

5. Значения плотности конкретных веществ.

Пока созданы всего два приема - для воды и ртути.

6. Нормализатор общей стандартизации "нормплотность".

Кроме приема, использующего равенство из посылок, выражающее плотность через известные параметры, созданы всего два приема - для плотности воды ($1\text{г}/\text{см}^3$) и ртути ($13.6\text{г}/\text{см}^3$).

Приемы, связанные с символом "относитплотн"

Создан единственный прием, выражающий относительную плотность через отношение плотностей:

$$\forall_{ab}(\text{относитплотн}(a, b) = \text{плотность}(a)/\text{плотность}(b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символами "содержание", "Содержание"

1. Нулевое содержание одного чистого вещества в другом.

$$\forall_{acd}(\text{химэлемент}(a) \ \& \ \text{химсостав}(c, d) \rightarrow \text{содержание}(a, c) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Второй антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, первый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение d имеет заголовок "атомы" либо "химсоед". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(c, d) \rightarrow \text{содержание}(a, c) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Второй антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, первый - обрабатывается справочником "химсостав". Выражения b, d константные и различны. Каждое из них имеет заголовок "атомы" либо "химсоед". Уровень срабатывания равен 1. Созданы еще две версии приема, имеющие тот же уровень срабатывания. Первая из них отличается от исходной только тем, что первый антецедент идентифицируется с посылкой, а второй - обрабатывается справочником "химсостав". У второй версии оба антецедента идентифицируются с посылками, причем для каждого из выражений b, d , не имеющего ни заголовка "атомы", ни заголовка "химсоед", усматривается, что оно является названием химического элемента.

$$\forall_{ab}(\text{Вещество}(a) \ \& \ \text{Вещество}(b) \ \& \ \neg(a = b) \rightarrow \text{содержание}(a, b) = 0)$$

$$\forall_{ab}(\text{Вещество}(a) \ \& \ \text{Вещество}(b) \ \& \ \neg(a = b) \rightarrow \text{Содержание}(a, b) = 0)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Первые два антецедента обрабатываются справочником "Вещество", третий - обрабатывается проверочным оператором "различимы". Последний является простейшим оператором проверки различия объектов. Например, он усматривает различие объектов из различия их имен.

2. Содержание вещества в себе самом.

$$\forall_a(\text{содержание}(a, a) = 1)$$

$$\forall_a(\text{Содержание}(a, a) = 1)$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

3. Выражение через отношение масс.

$$\forall_{abcd}(\text{вещество}(c, b) \ \& \ \text{извлечение}(c, a, d) \rightarrow \text{содержание}(a, b) = \text{масса}(d)/\text{масса}(c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "содержание(a, b)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Выводимое утверждение, после обработки нормализаторами общей стандартизации, содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 3. В ней не требуется, чтобы выводимое утверждение содержало неизвестные.

$$\forall_{ABac}(\text{вещество}(\{A, B\}, c) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \rightarrow \text{содержание}(a, c) = \text{масса}(A)/(\text{масса}(A) + \text{масса}(B)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "содержание(a, c)" некоторой посылки. Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

4. Содержание остаточного вещества в смеси двух веществ.

$$\forall_{abcp}(\text{смесь}(a, \{b, c\}) \ \& \ \text{содержание}(c, a) = p \rightarrow \text{содержание}(b, a) = 1 - p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Задача имеет пару посылок вида "вещество(x, a)", "извлечение(x, b, y)". Уровень срабатывания равен 3.

5. Связь с количеством вещества.

$$\forall_{abp}(\text{вещество}(p, a) \rightarrow \text{количества}(p, b) \text{молярная масса}(b) = \text{содержание}(b, a) \text{масса}(p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "содержание(b, a)". Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение "количества(p, b)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

6. Сумма всех массовых долей веществ, образующих смесь либо сплав, равна 1.

$$\forall_{abn}(\text{смесь}(a, \{; b\}) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{содержание}(b(i), a) = 1)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор". Для каждого элемента $b(i)$ набора b в задаче встречается выражение "содержание($b(i), a$)". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abn}(\text{сплав}(a, \{; b\}) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{содержание}(b(i), a) = 1)$$

Аналогично предыдущему; дополнительно разрешается срабатывание приема, если условие на элементы набора b не выполнено, но существует посылка вида "вещество(A, a)", такая, что в задаче встречается подвыражение вида "количества(A, c)", для которого не встречается подвыражение "содержание(c, a)".

7. Сумма всех объемных долей вещества, образующих смесь, равна 1.

$$\forall_{abn}(\text{смесь}(a, \{; b\}) \& l(b) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{Содержание}(b(i), a) = 1)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "Содержание(f, a)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор". Для каждого элемента $b(i)$ набора b в задаче встречается выражение "Содержание($b(i), a$)". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

8. Выражение массовой доли смеси через молярную долю и молярные массы.

$$\forall_{abc}(\text{смесь}(a, \{b; c\}) \rightarrow \text{молярнмасса}(a)\text{содержание}(b, a) = \text{молярндоля}(b, a)\text{молярнмасса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "молярнмасса(a)". Антецедент идентифицируется с посылкой. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "содержание(b, a)" в некоторой посылке. Выражение "молярндоля(b, a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abc}(\text{молярнмасса}(a)\text{содержание}(b, a) = \text{молярндоля}(b, a)\text{молярнмасса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "молярндоля(b, a)". Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "содержание(b, a)" в некоторой посылке. Уровень срабатывания равен 6.

9. Кристаллогидрат.

$$\forall_{abcmn}(\text{кристаллогидрат}(a, b) \& \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(c, \text{молекулы}(H_2O, m))) \rightarrow \text{содержание}(b, a) = 1 - m \cdot \text{молекулярнмасса}(\text{вода})/\text{молекулярнмасса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "содержание(b, a)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 4.

10. Нормализатор общей стандартизации "нормсодержание".

- (а) Различные вещества.

$$\forall_{ab}(\text{Вещество}(a) \& \text{Вещество}(b) \& \neg(a = b) \rightarrow \text{содержание}(a, b) = 0)$$

Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(a, b) \& \text{содержание}(b, c) = 0 \rightarrow \text{содержание}(a, c) = 0)$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(c, b) \ \& \ \text{содержание}(a, b) = 0 \rightarrow \text{содержание}(a, c) = 0)$$

Первый антецедент обрабатывается справочником "химсостав", второй - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(\text{содержание}(a, b) = 0)$$

Выражения a, b константные и различные. Каждое из них имеет заголовок "атомы" либо "химсоед", либо является названием химического элемента. Уровень срабатывания равен 2.

- (b) Одинаковые вещества.

$$\forall_a(\text{содержание}(a, a) = 1)$$

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(b, a) \rightarrow \text{содержание}(a, b) = 1)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровни срабатывания равны 1.

- (c) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение a имеет заголовок "содержание", причем не является подвыражением выражения b . Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Уровень срабатывания равен 1.

11. Нормализатор общей стандартизации "нормСодержание".

Все приемы срабатывают на уровне 1.

- (a) Различные вещества.

$$\forall_{ab}(\text{Вещество}(a) \ \& \ \text{Вещество}(b) \ \& \ \neg(a = b) \rightarrow \text{Содержание}(a, b) = 0)$$

Первые два антецедента обрабатываются справочником "Вещество", последний - обрабатывается проверочным оператором.

- (b) Одинаковые вещества.

$$\forall_a(\text{Содержание}(a, a) = 1)$$

- (c) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение a имеет заголовок "Содержание", причем не является подвыражением выражения b . Перестановка частей равенства при идентификации не допускается.

Приемы, связанные с символом "элементсодержание"

1. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения вида "элементсодержание(c, a)". Антецедент обрабатывается справочником "химсостав". Уровень срабатывания равен 2.

2. Использование молекулярной формулы.

$$\forall_{abcdnp}(\text{химсостав}(b, a) \ \& \ a = \text{химсоед}(\text{атомы}(c, n), d) \ \& \ p = n \cdot \text{атомнаямасса}(c) \rightarrow \text{элементсодержание}(c, b) = p / (p + \text{молекулярнаямасса}(d)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, остальные - выделены указателем "идентификатор". Выражение a обрабатывается нормализатором "стандхимсоед". Выражения c, d константные, n - натуральная константа. Уровень срабатывания приема равен 2. Созданы еще две его версии. Первая из них срабатывает на уровне 4. В ней не требуется, чтобы n было натуральной константой, а d - константным. Однако, c и все химические элементы в d должны быть явно обозначены логическими символами. При этом преобразуемый терм не должен являться левой частью посылки - равенства десятичной константе. Вторая версия срабатывает на уровне 5. В ней дополнительные ограничения отброшены: допускаются неизвестные химические элементы в молекулярной формуле. Строго говоря, следовало бы добавить проверку различия всех химических элементов в формуле. В рассмотренных примерах она выполняется без труда, однако обычно избыточна ввиду предыстории возникновения молекулярной формулы. Поэтому оставляем ее добавление к описанию приема в качестве самостоятельного упражнения читателю.

$$\forall_{bcdmnp}(\text{химсостав}(b, \text{химсоед}(\text{атомы}(c, n), \text{атомы}(d, m))) \ \& \ \text{элементсодержание}(c, b) = p \rightarrow \text{элементсодержание}(d, b) = 1 - p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение p константное. Выражения c, d суть обозначения различных химических элементов. Отсутствует посылка вида "элементсодержание(d, b) = q ", где q - константное выражение. Уровень срабатывания равен 3.

3. Использование численных значений массовых долей элементов для нахождения коэффициентов молекулярной формулы.

$$\forall_{abcdekmp}(\text{химсостав}(a, p) \ \& \ p = \text{химсоед}(\lambda_i(\text{атомы}(b(i), m(i)), i \in \{1, \dots, n\})) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{элементсодержание}(b(i), a) = c(i)) \ \& \ e = \lambda_i(c(i)/\text{атомнаямасса}(b(i)), i \in \{1, \dots, n\}) \ \& \ d = \text{нодвсех}(\{; e\}) \rightarrow k - \text{натуральное} \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow m(i) = (e(i)/d) \cdot k))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем третий выделен указателем "развертка" и идентифицируется с группой посылок. Все выражения $c(i)$ - десятичные константы. Второй, четвертый и пятый антецеденты выделены указателем "идентификатор". До их обработки выражение p обрабатывается нормализатором "стандхимсоед". Переменные b, c, m функциональные. Набор m содержит неизвестные. Описатели "отображение" выписываются как конечные наборы, квантор общности в выводимом утверждении - как конъюнкция. Дробь в четвертом антецеденте обрабатывается нормализатором "приблизнач", вычисляющим значение константного численного выражения с помощью арифметики "с плавающей запятой". Выражение "нодвсех(...)" обрабатывается нормализатором "приблизнод", также использующим арифметику "с плавающей

запятой". Результат не обязательно целочисленный. Наконец, дроби в выводимом терме обрабатываются нормализатором "приблизцелое", округляющим до ближайшего целого. Прием вводит новую переменную k . Уровень срабатывания равен 3.

4. Определение массовых долей элементов по массам.

$$\begin{aligned} & \forall_{Mabmnpq}(\text{вещество}(b, a) \ \& \ \text{Химэлементы}(a, \{\lambda_i(p(i), i \in \{1, \dots, n\})\})) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{извлечение}(b, p(i), q(i))) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{масса}(q(i)) = m(i)) \ \& \ \sum_{i=1}^n m(i) = M \rightarrow \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{элементсодержание}(p(i), a) = m(i)/M)) \end{aligned}$$

Первые четыре antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем указатели "развертка" определяют идентификацию описателя "отображение" с конечным набором, а кванторов общности - с группами посылок. Переменные m, p, q функциональные. Пятый antecedent выделен указателем "идентификатор". Конечная сумма выписывается как обычная; квантор общности в выводимом утверждении - как конъюнкция. Задача имеет посылку вида "химсостав(a, x)", где x содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

5. Усмотрение нулевого содержания.

$$\forall_{ab}(\text{химэлемент}(a) \ \& \ \text{химэлемент}(b) \rightarrow \text{элементсодержание}(a, b) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменные a, b идентифицируются с различными логическими символами. Antecedents обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \text{элементсодержание}(a, b) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с логическим символом, переменная b - с константным термом, имеющим своим заголовком один из символов "химсоед", "атомы", "молекулы". Логический символ a в этом терме не встречается. Antecedent обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "Концентрация"

Создан единственный прием, обеспечивающий переход в выражении "Концентрация(...)" от вещества к его молекулярной формуле:

$$\forall_{abcd}(\text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{Концентрация}(a, c, d) = \text{Концентрация}(b, c, d))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Antecedent идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "количества"

1. Выражение числа молекул через количество вещества.

$$\forall_{ab}(\text{числомолекул}(a, b) = \text{числоАвогадро} \cdot \text{количества}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

2. Связь количества вещества с массой и молярной массой.

$$\forall_{ab}(\text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{количества}(a, b)\text{молярнмасса}(b) = \text{масса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в задаче на исследование либо на доказательство подвыражения вида "количества(a, b)". Антецедент идентифицируется с посылкой. Либо в задаче присутствует одно из выражений "масса(a)", "объем(a)", либо встречается утверждение "Раствор(x, y, z)", где a - подвыражение выражения y . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abt}(\text{теквещество}(a, b, t) \rightarrow \text{количества}(a, b)\text{молярнмасса}(b) = \text{масса}(a))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{abp}(\text{количества}(a, b) = p \ \& \ \text{вещество}(a, b) \rightarrow p \cdot \text{молярнмасса}(b) = \text{масса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в задаче на исследование либо на доказательство подвыражения вида "масса(a)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение p не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

3. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{abc}(\text{вещество}(c, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "количества(c, d)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается справочником "химсостав". Выражения a, d различны. Уровень срабатывания равен 1.

4. Связь количеств атомарного и молекулярного вещества.

$$\forall_{abcdnp}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, p) \ \& \ p = \text{химсоед}(\text{атомы}(c, n), d) \rightarrow \text{количества}(a, c) = n \cdot \text{количества}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "количества(a, c)". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "идентификатор". Выражения b, c различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdp}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, p) \ \& \ p = \text{химсоед}(c, d) \rightarrow \text{количества}(a, c) = \text{количества}(a, b))$$

Аналогично предыдущему.

5. Количество воды в кристаллогидрате.

$$\forall_{abcdmn}(\text{извлечение}(a, \text{вода}, d) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, \text{химсоед}(\text{молекулы}(H_2O, m), c)) \rightarrow \text{количества}(a, \text{вода}) = \text{количества}(a, b) \cdot m)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "количества(a , вода)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 4.

6. Усмотрение нулевого содержания для различных веществ.

$$\forall_{abcde}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, c) \ \& \ \text{химсостав}(d, e) \rightarrow \text{количества}(a, d) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражения c, e константные и (после обработки нормализатором "стандхимсоед") различные. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcd}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, c) \ \& \ \text{химэлемент}(d) \rightarrow \text{количества}(a, d) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражения c, d константные, причем название химического элемента d не встречается в c . Уровень срабатывания равен 2.

7. Объединение объектов.

$$\forall_{abcd}(a \cup b = c \ \& \ \text{непересек}(a, b) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{вещество}(b, d) \rightarrow \text{количества}(c, d) = \text{количества}(a, d) + \text{количества}(b, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "количества(a, d)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "количества(b, d)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdh}(a \cup b \cup h = c \ \& \ \text{непересек}(a, b) \ \& \ \text{непересек}(a, h) \ \& \ \text{непересек}(b, h) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{вещество}(b, d) \ \& \ \text{вещество}(h, d) \rightarrow \text{количества}(c, d) = \text{количества}(a, d) + \text{количества}(h, d) + \text{количества}(b, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "количества($, d$)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, остальные - обрабатываются проверочными операторами. Выражение "количества(b, d)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания приема равен 3.

$$\forall_{abcde}(a \cup b \setminus e = c \ \& \ \text{непересек}(a, b) \ \& \ e \subseteq b \ \& \ \text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{вещество}(b, d) \rightarrow \text{количества}(c, d) = \text{количества}(a, d) + \text{количества}(b, d) - \text{количества}(e, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "количества($, d$)". Первый антецедент, а также два последних

антецедента идентифицируются с посылками, второй и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Допускается вырожденное пустое значение e . Уровни срабатывания равны 3 и 5.

$$\forall_{abmnp}(\text{количества}(a, p) = m \ \& \ \text{количества}(b, p) = n \ \& \ \text{непересек}(a, b) \rightarrow \text{количества}(a \cup b, p) = m + n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подутверждения "вещество($a \cup b, p$)". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражения m, n не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 4.

8. Часть тела.

$$\forall_{ABa}(A \subseteq B \ \& \ \text{вещество}(B, a) \rightarrow \text{количества}(B \setminus A, a) = \text{количества}(B, a) - \text{количества}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "количества($B \setminus A, a$)". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

9. Выражение из линейного уравнения.

$$\forall_{abcdp}(\neg(p = 0) \rightarrow p \cdot \text{количества}(a, b) + c = d \leftrightarrow \text{количества}(a, b) = (d - c)/p)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Выражение d не имеет своим заголовком символ "количества". Выражение "количества(a, b)" не является подвыражением выражений c, d . Либо $c \neq 0$ либо $p \neq 1$. Уровень срабатывания равен 6.

10. Переход от пара к воде.

$$\forall_a(\text{количества}(a, \text{пар}) = \text{количества}(a, \text{вода}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

11. Усмотрение противоречия при разборе случаев.

$$\forall_{ab}(\text{вещество}(a, b) \rightarrow \neg(\text{количества}(a, b) = 0))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к равенству - посылке задачи на исследование, имеющей цель "контроль". Антецедент идентифицируется с другой посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abc}(\text{количества}(a, b) = -c \ \& \ 0 < c \rightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цель "контроль", второй - обрабатывается проверочным оператором.. Уровень срабатывания равен 1.

12. Нормализатор общей стандартизации "нормколичества".

- (a) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение a имеет заголовок "количества" и не является подвыражением выражения b . Перестановка частей равенства при идентификации не допускается.

- (b) Пустое множество.

$$\forall_a(\text{количества}(\emptyset, a) = 0)$$

Приемы, связанные с символом "молярная масса"

1. Выражение молярной массы через относительную молекулярную.

$$\forall_{abm}(\text{химэлемент}(a) \ \& \ \text{молекулярная}(a) = m \rightarrow \text{молярная}(a) = m \cdot \text{г/моль})$$

Прием имеет заголовок "второй терм". Первый антецедент обрабатывается справочником "химэлемент", второй - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором общей стандартизации, определяющим молекулярную массу m химического элемента a . Проверяется, что ее действительно удалось определить, т.е. что выражение m не содержит символа "молекулярная". Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, имеющая тот же уровень срабатывания. В ней первый антецедент обрабатывается не справочником, а проверочным оператором.

$$\forall_{abm}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{молекулярная}(b) = m \rightarrow \text{молярная}(a) = m \cdot \text{г/моль})$$

Прием имеет заголовок "второй терм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет своим заголовком символ "химсоед" либо "атомы", либо является названием химического элемента. Выражение m не содержит символа "молекулярная". Уровни срабатывания равны 1 и 3.

$$\forall_{abm}(a = b \ \& \ \text{молекулярная}(b) = m \rightarrow \text{молярная}(a) = m \cdot \text{г/моль})$$

Прием имеет заголовок "второй терм". Первый антецедент идентифицируется с равенством из контекста, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет своим заголовком символ "химсоед" либо "атомы". Выражение m не содержит символа "молекулярная". Уровни срабатывания приема равны 1 и 3.

$$\forall_{abcm}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ b = c \ \& \ \text{молекулярная}(c) = m \rightarrow \text{молярная}(a) = m \cdot \text{г/моль})$$

Прием имеет заголовок "второй терм". Первые два антецедента идентифицируются с утверждением из контекста, третий - выделен указателем "идентификатор". Выражение c имеет своим заголовком символ "химсоед" либо "атомы". Выражение m не содержит символа "молекулярная". Уровни срабатывания равны 1, 3 и 4.

2. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в задаче на исследование либо на доказательство подвыражения "молярнмасса(a)". Антецедент обрабатывается справочником "химсостав". Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что указатель "контрольвывода" в ней относится к подвыражению "количества(c, a)".

3. Связь молярной массы с массой одной молекулы.

$$\forall_{ab}(\text{молекула}(a, b) \rightarrow \text{масса}(a) \cdot \text{числоАвогадро} = \text{молярнмасса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение "масса(m)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ab}(\text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{массамолекулы}(a) \cdot \text{числоАвогадро} = \text{молярнмасса}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "массамолекулы(a)". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 3.

4. Молярная масса смеси.

$$\forall_{abn}(\text{смесь}(a, \{; b\}) \& l(b) = n \rightarrow \text{молярнмасса}(a) = \sum_{i=1}^n \text{молярндоля}(b(i), a) \text{молярнмасса}(b(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "молярндоля(c, a)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор". Отсутствует посылка вида "вещество(d, a)". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcn}(\text{смесь}(a, \{; b\}) \& l(b) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{молярнмасса}(b(i)) = c(i)) \rightarrow \text{молярнмасса}(a) = \sum_{i=1}^n \text{молярндоля}(b(i), a) c(i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "молярнмасса(a)". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй и третий - выделены указателем "идентификатор". Переменная c функциональная; значением $c(i)$ становится результат обработки выражения "молярнмасса($b(i)$)" нормализатором "норммолярнмасса". Выражение "молярнмасса(a)", после обработки таким нормализатором, не содержит неизвестных. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{Aabcn}(\text{Составсмеси}(A, \{; \lambda_i((a(i), b(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}) \& \text{вещество}(A, c) \rightarrow \text{молярнмасса}(c) = \sum_{i=1}^n \text{молекулярнмасса}(a(i)) b(i) \cdot \text{г/моль})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "развертка" определяет идентификацию описателя "отображение" с конечным набором. Переменные a, b функциональные. Выражение "плотность(c)" уже встречается в задаче. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcnP}(\text{вещество}(P, a) \ \& \ P = \text{Смесь}(\{; b\}) \ \& \ l(b) = n \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(b(i), c(i))) \rightarrow \text{молярнмасса}(a) = \\ \sum_{i=1}^n \text{молярнодоля}(c(i), a) \text{молярнмасса}(c(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "молярнмасса(a)". Первые два antecedента и четвертый antecedent идентифицируются с посылками, причем указатель "развертка" определяет идентификацию квантора общности с группой посылок. Третий antecedent выделен указателем "идентификатор". Выражение b имеет заголовок "набор". Выражение "молярнмасса(a)", после обработки нормализатором общей стандартизации, либо не содержит неизвестных, либо имеет тип "неизв". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 5.

5. Молярная масса смеси газов.

$$\forall_{abnp}(\text{смесь}(a, \{; b\}) \ \& \ l(b) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{газ}(b(i))) \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Содержание}(b(i), a) = p(i)) \rightarrow \text{молярнмасса}(a) = \\ \sum_{i=1}^n p(i) \text{молярнмасса}(b(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "молярнмасса(a)". Первый и четвертый antecedенты идентифицируются с посылками, причем указатель "развертка" определяет идентификацию квантора общности с группой посылок. Выражение b имеет заголовок "набор". Второй antecedent выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Переменная p функциональная. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 4.

6. Идентификация водорода.

$$\forall_{ab}(\text{молярнмасса}(a) = b \ \& \ 0 < 4\text{г/моль} - b \ \& \ \text{Вещество}(a) \rightarrow \text{химсостав}(a, H_2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый antecedent идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение a не константное. Второй и третий antecedенты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)", где выражение x константное. Уровень срабатывания равен 2.

7. Молярная масса воздуха.

$$\text{молярнмасса}(\text{воздух}) = 29\text{г/моль}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

8. Молярная масса водяного пара.

$$\text{молярнмасса}(\text{пар}) = \text{молярнмасса}(\text{вода})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

9. Нормализатор общей стандартизации "норммолярнмасса".

- (a) Использование равенства из посылок.

$$\forall ab(a = b \rightarrow a = b)$$

Выражение a имеет заголовок "молярная масса" и не является подвыражением выражения b . Антецедент идентифицируется с посылкой. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Выражение молярной массы через относительную молекулярную.

$$\forall abm(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{молекулярная масса}(b) = m \rightarrow \text{молярная масса}(a) = m \cdot \text{г/моль})$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором общей стандартизации. Выражение m не содержит символа "молекулярная масса". Выражение b либо имеет своим заголовком один из символов "химсоед", "атомы", либо является названием химического элемента.

Приемы, связанные с символом "молярная доля"

1. Использование молекулярной формулы.

$$\forall abcjmnop(\text{химсостав}(a, p) \ \& \ p = \text{химсоед}(\lambda_i(\text{атомы}(b(i), m(i)), i \in \{1, \dots, n\})) \ \& \ j \in \{1, \dots, n\} \ \& \ c = b(j) \rightarrow \text{молярная доля}(c, a) = m(j) / \sum_{i=1}^n m(i))$$

Прием имеет заголовок "второй терм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Второй и четвертый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Левая часть второго антецедента обрабатывается нормализатором "стандхимсоед", указатель "развертка" определяет идентификацию описателя "отображение" в его правой части с конечным набором. Третий антецедент выделен указателем "программа". Он перечисляет элементы j целочисленного промежутка $\{1, \dots, n\}$. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

2. Молярная доля вещества в смеси.

$$\forall acdejnprq(a = \text{Смесь}(\{; p\}) \ \& \ l(p) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(p(i), q(i))) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{вещество}(c, e) \ \& \ c = p(j) \ \& \ j \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{молярная доля}(e, d) = \text{количества}(c, e) / \sum_{i=1}^n \text{количества}(p(i), q(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения "молярная доля(e, d)". Первый антецедент, а также антецеденты с третьего по пятый идентифицируются с посылками. При этом указатель "развертка" определяет идентификацию квантора общности с группой посылок. Выражение p имеет заголовок "набор". Второй и шестой антецеденты выделены указателем "идентификатор". Последний антецедент выделен указателем "программа". Он перечисляет целочисленные значения j из списка $\{1, \dots, n\}$. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 5.

3. Сумма всех молярных долей веществ смеси равна 1.

$$\forall abn(\text{смесь}(a, \{; b\}) \ \& \ l(b) = n \rightarrow \sum_{i=1}^n \text{молярная доля}(b(i), a) = 1)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, причем выражение b имеет заголовок "набор". Второй антецеденты выделен указателем "идентификатор". Все выражения "молярндоля($b(i), a$)" уже встречаются в задаче. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 3.

4. Нормализатор общей стандартизации "норммолярндоля".

Нормализатор имеет единственный прием, использующий равенство из посылок, задающее значение молярной доли.

Приемы, связанные с символом "атомнаямасса"

1. Выражение массы атома через относительную атомную массу.

$$\forall_{abc}(\text{атом}(a, b) \ \& \ \text{атомнаямасса}(b) = c \rightarrow \text{масса}(a) = c \cdot \text{а.е.м.})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "нормаатомнаямасса". Уровень срабатывания равен 2.

2. Округление константного значения атомной массы.

$$\forall_{abc}(b = c \rightarrow \text{атомнаямасса}(a) = b \leftrightarrow \text{атомнаямасса}(a) = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Выражение b константное и имеет заголовок "дробь". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается оператором "округлзнач", находящим приближенную десятичную запись c для выражения b , вычисленную с точностью до 3 знаков после запятой. Уровень срабатывания равен 2.

3. Определение химического элемента по его атомной массе.

$$\forall_{abcx}(\text{атомнаямасса}(b) = a \ \& \ \text{атомнаямасса}(b) = c \ \& \ |a - c| < 0.4 \rightarrow \text{атомнаямасса}(x) = a \leftrightarrow x = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с десятичной константой, выражение x содержит неизвестные. Первый антецедент обрабатывается справочником "атомнымемассы", позволяющим определять химический элемент b , атомная масса которого - ближайшая к a .

Здесь используется специальная общая процедура "числтабл" определения объектов, имеющих численную характеристику, ближайшую к заданной. По десятичной константе a определяется тройка $t_1t_2t_3$ первых значащих цифр ее записи. Пропускаются идущие вначале знак числа, нули и запятая, и далее, с пропуском запятой, выписываются имеющиеся цифры, не более трех. Если их меньше трех, в конце добавляются нули. Затем определяется логический символ s , номером которого служит число $t_1t_2t_3$. Для каждого логического символа s' из промежутка $s - 10, s + 10$ предпринимается обращение к соответствующему справочнику (в данном случае - "атомнымемассы"). Заблаговременно десятичная запись m атомной массы химического элемента b была обработана указанным выше образом, т.е. по ней была определена тройка $t_1t_2t_3$, и для символа

s был создан прием справочника "атомнымасса", выдающий пару (атомная масса m - название элемента b) по символу обращения s . Если в промежутке $s - 10, s + 10$ сработали несколько приемов справочника "атомнымасса", то процедура "числтабл" выбирает тот химический элемент, чья атомная масса - ближайшая к a .

Второй антецедент выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "норматомнаямасса", вычисляющим фактическую атомную массу элемента b . Третий антецедент, обрабатываемый проверочным оператором, убеждается, что она не слишком отличается от исходного значения a . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abx}(\text{атомнаямасса}(x) = a \leftrightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с десятичной константой, выражение x содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 4. Данный прием срабатывает, если не сработал предыдущий прием. Он делает вывод об отсутствии элемента с подходящей атомной массой, что может быть необходимо при разборе случаев.

4. Вывод о положительности выражения с неизвестным числовым параметром, равного атомной массе.

$$\forall_{ab}(a = \text{атомнаямасса}(b) \rightarrow 0 < a)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение a содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 3.

5. Определение атомной массы элемента с помощью справочника "атомнаямасса".

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{атомнаямасса}(b) = c \rightarrow \text{атомнаямасса}(a) = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Переменная b идентифицируется с названием химического элемента. Второй антецедент обрабатывается справочником "атомнаямасса", определяющим атомную массу c элемента b . Уровень срабатывания равен 1.

6. Нормализатор общей стандартизации "норматомнаямасса".

Нормализатор имеет единственный прием, обращающийся к справочнику "атомнаямасса":

$$\forall_{ab}(\text{атомнаямасса}(a) = b \rightarrow \text{атомнаямасса}(a) = b)$$

Антецедент обрабатывается справочником.

7. Справочник "атомнаямасса".

Справочник получает в качестве входного данного название химического элемента и выдает десятичную запись его атомной массы. Приемы справочника реализованы на ГЕНОЛОГе. Предусмотрен прием для вырожденного случая: "атомнаямасса(\emptyset) = 0". Далее идут: "атомнаямасса(водород)=1", "атомнаямасса(дейтерий) = 2", "атомнаямасса(кислород) = 16", и т.д. Приемы созданы

только для тех химических элементов, которые встречались в рассмотренных упражнениях. Именно(кроме указанных выше): сера, азот, углерод, железо, серебро, золото, натрий, хлор, калий, марганец, фтор, фосфор, кальций, медь, алюминий, кремний, магний, литий, селен, барий, цинк, бром, олово, ртуть, свинец, аргон, неон, гелий, бериллий, плутоний, эйнштейний, бор, нептуний, радий, актиний, хром, кобальт, йод.

8. Справочник "атомные массы".

Справочник используется процедурой "числтабл" (см. пояснения к приведенному выше приему, использующему данный справочник). Он получает в качестве входных данных: логический символ s , номер $t_1 t_2 t_3$ которого определяется по заданному значению m атомной массы неизвестного химического элемента, а также одноэлементный набор, состоящий из пустого накопителя результатов - пар (значение атомной массы элемента - название элемента). Заметим, что s играет роль хэша. Ему могут соответствовать несколько различных химических элементов. Выбор из накопителя нужного элемента, чья атомная масса - ближайшая к m , выполняется процедурой "числтабл". Дополнительный контроль осуществляется приемом, использующим справочник "атомные массы". Приемы справочника реализованы на ГЕНОЛОГе. Их теоремы имеют такой же вид, как для справочника "атомная масса", причем охватывают приблизительно тот же список химических элементов.

Приемы, связанные с символом "молекулярная масса"

1. Обращение к нормализатору "норммолекулярная масса".

$$\forall_{abm}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{молекулярная масса}(b) = m \rightarrow \text{молекулярная масса}(a) = m)$$

Прием имеет заголовок "второй терм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "норммолекулярная масса". Выражение b либо имеет своим заголовком один из символов "химсоед", "атомы", либо является названием химического элемента. Выражение m не содержит символа "молекулярная масса". Уровни срабатывания равны 1 и 3. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что первый антецедент обрабатывается справочником "химсостав".

2. Нормализатор общей стандартизации "норммолекулярная масса".

(a) Атом.

$$\forall_a(\text{молекулярная масса}(a) = \text{атомная масса}(a))$$

Переменная a идентифицируется с логическим символом. Заменяющий терм обрабатывается нормализатором "норматомная масса".

(b) Атомная группа.

$$\forall_{an}(\text{молекулярная масса}(\text{атомы}(a, n)) = \text{атомная масса}(a) \cdot n)$$

Используется обращение к нормализатору "норматомная масса".

(c) Соединение.

$$\forall_{ab}(\text{молекулярная масса}(\text{химсоед}(a, b)) = \text{молекулярная масса}(a) + \text{молекулярная масса}(b))$$

Используются рекурсивные обращения к нормализатору.

(d) Молекулярная группа.

$$\forall_{an}(\text{молекулярная масса}(\text{молекулы}(a, n)) = \text{молекулярная масса}(a) \cdot n)$$

Используется рекурсивное обращение к нормализатору.

(e) Химический элемент.

$$\forall_a(\text{химический элемент}(a) \rightarrow \text{молекулярная масса}(a) = \text{атомная масса}(a))$$

Выражение a идентифицируется с переменной. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Прием применяется в задачах на идентификацию неизвестного химического элемента.

Приемы, связанные с символом "числоатомов", "Числоатомов"

1. Выражение через количество вещества.

$$\forall_{ab}(\text{числоатомов}(a, b) = \text{количество вещества}(a, b) \cdot \text{число Авогадро})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послышке задачи на исследование подвыражения "числоатомов(a, b)". Уровень срабатывания равен 2.

2. Суммирование по числу атомов различных элементов.

$$\forall_{abcdn}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{Химические элементы}(b, c) \ \& \ c = \{; d\} \ \& \ l(d) = n \rightarrow \text{Числоатомов}(a) = \sum_{i=1}^n \text{числоатомов}(a, d(i)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с послышкой, второй - обрабатывается пакетным синтезатором, третий и четвертый - выделены указателем "идентификатор". Выражение d имеет заголовок "набор". Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символами "количатомов", "Количатомов"

1. Определение общего числа атомов по молекулярной формуле.

$$\forall_{abcnp}(\text{химический состав}(p, c) \ \& \ c = \text{химический состав}(\lambda_i(\text{атомы}(a(i), b(i)), i \in \{1, \dots, n\})) \rightarrow \text{Количатомов}(p) = \sum_{i=1}^n b(i))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - выделен указателем "идентификатор". Описатель "отображение" идентифицируется с конечным набором. Переменные a, b функциональные. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровни срабатывания равны 2 и 4.

2. Обращение к нормализатору "нормколичатомов".

$$\forall_{abn}(n = \text{количатомов}(a, b) \rightarrow \text{количатомов}(a, b) = n)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент выделен указателем "идентификатор", его правая часть обрабатывается нормализатором "нормколичатомов". Выражение n не имеет своим заголовком символ "количатомов". Уровни срабатывания равны 2 и 3.

3. Нормализатор общей стандартизации "нормколичатов".

(a) Использование формулы для состава вещества.

$$\forall_{abcnp}(\text{химсостав}(a, p) \ \& \ p = \text{химсоед}(\text{атомы}(b, n), c) \rightarrow \text{количатов}(b, a) = n)$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Допускается косвенная идентификация выражения p через равенство в посылках, причем это выражение обрабатывается нормализатором "стандхимсоед". Выражение b идентифицируется с логическим символом, не входящим в c .

$$\forall_{abcn}(a = \text{химсоед}(\text{атомы}(b, n), c) \rightarrow \text{количатов}(b, a) = n)$$

Антецедент выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "стандхимсоед". Выражение b идентифицируется с логическим символом, не входящим в c .

(b) Атом отсутствует в молекуле.

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(a, c) \rightarrow \text{количатов}(b, a) = 0)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение c константное и либо имеет своим заголовком один из символов "химсоед", "молекулы", "атомы", либо имеет длину 1. b - логический символ, не входящий в c .

$$\forall_{bc}(\text{количатов}(b, c) = 0)$$

Выражение c константное и либо имеет своим заголовком один из символов "химсоед", "молекулы", "атомы", либо имеет длину 1. b - логический символ, не входящий в c .

$$\forall_{abcd}(a = \text{химсоед}(c, d) \rightarrow \text{количатов}(b, a) = \text{количатов}(b, d))$$

$$\forall_{abcde}(a = \text{химсоед}(\text{атомы}(c, d), e) \rightarrow \text{количатов}(b, a) = \text{количатов}(b, e))$$

Антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражение a обрабатывается нормализатором "стандхимсоед". b, c - различные логические символы.

$$\forall_{bcd}(\text{количатов}(b, \text{атомы}(c, d)) = 0)$$

Переменные b, c идентифицируются с различными логическими символами.

Приемы, связанные с символом "твердый"

1. Сокращение списка возможных веществ.

$$\forall_{abcde}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{твердый}(b) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{жидкость}(d) \rightarrow a \in \{c; e\} \leftrightarrow a \in \{; e\})$$

$$\forall_{abcde}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{твердый}(b) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{газ}(d) \rightarrow a \in \{c; e\} \leftrightarrow a \in \{; e\})$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задаче на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с посылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

2. Проверочный оператор "усмтвердый".

Созданы приемы лишь для тех веществ, которые встречались в рассмотренных примерах. По-видимому, в данный и аналогичные проверочные операторы целесообразно заносить приемы лишь для достаточно часто встречающихся в задачах веществ. Для остальных веществ их физико-химические свойства должны быть зарегистрированы в базе теорем. Извлекать их оттуда придется с помощью специальных приемов, реализованных на ЛОСе.

- (a) Использование посылки, определяющей химический состав.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{твердый}(b) \rightarrow \text{твердый}(a))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение к проверочному оператору. Уровень срабатывания равен 2. Нижеследующие приемы срабатывают на уровне 1.

- (b) Нитраты. Созданы приемы "твердый(
- CuN_2O_6
-)", "твердый(
- $Cu(NO_3)_2$
-)", "твердый(
- FeN_3O_9
-)", "твердый(
- $Fe(NO_3)_3$
-)", "твердый(
- $AgNO_3$
-)", "твердый(
- KNO_3
-)", "твердый(
- $NaNO_3$
-)", "твердый(
- FeN_2O_6
-)", "твердый(
- $Fe(NO_3)_2$
-)".

- (c) Галогениды. Приемы для
- $FeCl_2$
- ,
- $NaCl$
- ,
- KCl
- ,
- $AgCl$
- ,
- $NaBr$
- ,
- KBr
- ,
- $AgBr$
- ,
- $AlCl_3$
- .

- (d) Сульфаты. Приемы для
- $Fe_2S_3O_{12}$
- ,
- $Fe_2(SO_4)_3$
- ,
- Na_2SO_4
- ,
- K_2SO_4
- ,
- $BaSO_4$
- ,
- $CaSO_4$
- .

- (e) Сульфиты. Приемы для
- Na_2SO_3
- ,
- K_2SO_3
- .

- (f) Карбонаты. Приемы для
- $CaCO_3$
- ,
- $BaCO_3$
- . Кроме того, прием:

$$\forall_a(\text{металл}(a) \rightarrow \text{твердый}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, 2), C, O_3)))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором.

- (g) Медь, железо, цинк, серебро, алюминий, углерод, сера, кремний.

- (h) Оксиды металлов. Приемы для
- CuO
- ,
- ZnO
- ,
- Fe_2O_3
- ,
- Al_2O_3
- ,
- Cr_2O_3
- .

- (i) Фосфор. Приемы "твердый(фосфор)", "твердый(белфосфор)", "твердый(чернфосфор)".

- (j) Лед.

- (k) Сульфиды. Приемы для
- Al_2S_3
- ,
- Na_2S
- ,
- K_2S
- ,
- PbS
- ,
- FeS

- (l) Гидроксиды. Приемы для
- KOH
- ,
- $NaOH$
- ,
- $Zn(OH)_2$
- ,
- $Al(OH)_3$
- .

- (m) Аллюминаты. Приемы для
- $KAl(OH)_4$
- ,
- $NaAl(OH)_4$
- .

- (n) Метааллюминаты. Прием для
- $KAlO_2$
- .

Приемы, связанные с символами "жидкость", "Жидкость"

1. Использование проверочного оператора.

$$\forall_{at}(\text{Жидкость}(a, t) \rightarrow \text{Жидкость}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подутверждению условия задачи. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровни срабатывания равны 2 и 5.

2. Ввод вспомогательного параметра для плотности жидкости.

$$\forall_{abcdt}(\text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{жидкость}(c) \rightarrow \text{плотность}(c) = d)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в посылке задачи на исследование подвыражения "длина(сила(a, b, t))". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "плотность(c)", после обработки нормализатором общей стандартизации, содержит неизвестные, но не имеет типа "неизв". Прием вводит новую переменную d , регистрируя ее как вспомогательный параметр. Выводимое равенство сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания приема равен 3.

3. Проверочный оператор "усмжидкость".

Те же замечания, что и для оператора "усмтвердый".

- (a) Использование посылки, определяющей химический состав.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \rightarrow \text{жидкость}(a))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение к проверочному оператору. Уровень срабатывания равен 2. Нижеследующие приемы срабатывают на уровне 1.

- (b) Вода. Созданы приемы "жидкость(вода)" и "жидкость(H_2O)".
 (c) Пероксид водорода. Прием для H_2O_2 .
 (d) Азотная кислота. Прием для HNO_3 .
 (e) Соляная кислота. Прием для HCl .
 (f) Серная кислота. Прием для H_2SO_4 .
 (g) Нефть. Прием "жидкость(нефть)".
 (h) Ртуть. Прием "жидкость(ртуть)".
 (i) Триоксид серы. Прием для SO_3 .
 (j) Спирт. Прием "жидкость(спирт)".

4. Проверочный оператор "усмЖидкость".

- (a) Усмотрение жидкости по умолчанию о внешних условиях.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{жидкость}(b) \rightarrow \text{Жидкость}(a, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "повтор" разрешает повторное использование первого антецедента в проверочном операторе "усмжидкость". Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Составная жидкость.

$$\forall_{ABKbht}(\text{верхняячасть}(b, h, K, t) = A \ \& \ \text{нижняячасть}(b, h, K, t) = B \ \& \ \text{Жидкость}(A, t) \ \& \ \text{Жидкость}(B, t) \rightarrow \text{Жидкость}(b, t))$$

Прием используется в задачах, где в сосуде находятся две различные расщепившиеся жидкости. Первые два антецедента идентифицируются с посылками и выделены указателем "повтор". Последние два антецедента обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символами "газ", "Газ"

1. Идентификация газа по верхней оценке молярной массы.

$$\forall_{abc}(\text{молярнмасса}(a) \leq b \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ b \cdot \text{моль/г} < 14 \ \& \ \text{химсостав}(a, c) \rightarrow c \in \{H_2, \text{гелий}, D_2\})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении в послылке задачи на исследование подвыражения "молярнмасса(a)". Последний антецедент идентифицируется с послылкой, первый - обрабатывается синтезатором "верхняяоценка". Второй и третий антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Выражение с содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 7.

2. Отбрасывание негазообразных веществ списка.

$$\forall_{ABCab}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \neg(\text{газ}(b)) \rightarrow A \in \{B; C\} \leftrightarrow A \in \{; C\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с послылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Задача имеет послылку с заголовком "газ". Уровень срабатывания равен 1.

3. Усмотрение существования газообразного вещества в списке.

$$\forall_{abc}(\text{газ}(a) \rightarrow \text{сущгаз}(\{a; b\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 0.

$$\text{сущгаз}(\emptyset)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{ab}(\neg(\text{газ}(a)) \rightarrow \text{сущгаз}(\{a; b\}) \leftrightarrow \text{сущгаз}(\{; b\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

4. Проверочный оператор усмотрения газообразного в "обычном" состоянии вещества "усмгаз".

Как и в предыдущих случаях, приемы создавались лишь по мере надобности, при проработке обучающих задач.

- (a) Использование послылки, определяющей химический состав.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{газ}(a) \rightarrow \text{газ}(b))$$

Антецеденты идентифицируются с послылками.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \rightarrow \text{газ}(a))$$

Первый антецедент идентифицируется с послылкой, второй - реализует рекурсивное обращение. Уровни срабатывания приемов равны 2.

(b) Смесь газов.

$$\forall_{abn}(\text{смесь}(a, \{; b\}) \& l(b) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{газ}(b(i))) \rightarrow \text{газ}(a))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, причем выражение b имеет заголовок "набор". Второй антецедент выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{Pabcn}(\text{вещество}(P, a) \& P = \text{Смесь}(\{; b\}) \& l(b) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(b(i), c(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{газ}(c(i))) \rightarrow \text{газ}(a))$$

Первые два антецедента, а также четвертый антецедент идентифицируются с посылками. Квантор общности при этом идентифицируется с группой посылок. Выражение b имеет заголовок "набор". Третий антецедент выделен указателем "идентификатор", пятый - обрабатывается проверочным оператором. Переменная c функциональная. Уровень срабатывания приема равен 2.

Далее идут приемы с уровнем срабатывания 1:

(c) Углекислый газ. Созданы приемы "газ(углекислыйгаз)", "газ(CO_2)".

(d) Монооксид углерода. Прием для CO .

(e) Азот. Приемы для N , N_2 .

(f) Кислород. Приемы для O_2 .

(g) Озон. Прием для O_3 .

(h) Водород. Приемы для H , H_2 .

(i) Метан. Приемы "газ(метан)", "газ(CH_4)".

(j) Хлороводород. Прием для HCl .

(k) Оксиды азота. Приемы для NO , NO_2 .

(l) Пропан. Приемы "газ(пропан)", "газ(C_3H_8)".

(m) Этан. Приемы "газ(этан)", "газ(C_2H_6)".

(n) Пропен. Прием для C_3H_6 .

(o) Воздух. Прием "газ(воздух)".

(p) Аргон. Прием "газ(аргон)".

(q) Аммиак. Приемы "газ(аммиак)", "газ(NH_3)".

(r) Оксид серы. Приемы "газ(сернистыйгаз)", "газ(SO_2)".

(s) Гелий. Прием "газ(гелий)".

(t) Ацетилен. Приемы "газ(ацетилен)", "газ(C_2H_2)".

(u) Хлор. Прием для Cl_2 .

(v) Сероводород. Прием для H_2S .

(w) Этилен. Прием для C_2H_4 .

(x) Пар. Прием "газ(пар)".

(y) Пары вещества.

$$\forall_{ab}(\text{пары}(a, b) \rightarrow \text{газ}(a))$$

(z) Гидрид кремния. Прием для SiH_4 .

5. Проверочный оператор "усмнегаз".

(a) Твердое вещество.

$$\forall_a(\text{твердый}(a) \rightarrow \neg(\text{газ}(a)))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором.

(b) Жидкость.

$$\forall_a(\text{жидкость}(a) \rightarrow \neg(\text{газ}(a)))$$

Аналогично предыдущему.

6. Проверочный оператор усмотрения газообразного состояния вещества "усм-Газ".

(a) Газообразное в обычном состоянии вещество.

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \& \text{газ}(b) \rightarrow \text{Газ}(a, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abct}(\text{вещество}(a, b) \& \text{химсостав}(b, c) \& \text{газ}(c) \rightarrow \text{Газ}(a, t))$$

Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Сразу заметим, что приведенные два приема требуют доработки, хотя и достаточны для рассмотренных при обучении решателя примеров. Обычно в задачах, где речь идет о газообразных веществах, внешние условия явно не оговариваются - по умолчанию считаются нормальными. Иногда можно усмотреть, что текущая температура выше "нормальной", и тогда вещества по-прежнему будут газообразными. По-видимому, целесообразно создать специальный проверочный оператор (например, назвать его "умолчнорм"), который будет истинен при отсутствии явных указаний на внешние условия либо в ситуациях, когда температура выше нормальной. Обращение к нему следует добавить к антецедентам приведенных двух приемов. Это упражнение мы предоставляем читателю.

(b) Сера при температуре свыше 300 градусов.

$$\forall_{abmt}(\text{температура}(a, t) = m \& \text{вещество}(a, b) \& \text{химсостав}(b,) \& 0 \leq m - 800\text{градус} \rightarrow \text{Газ}(a, t))$$

Второй и третий антецеденты идентифицируются с посылками, первый - выделен указателем "идентификатор", четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

(c) Триоксид серы при температуре свыше 45 градусов.

$$\forall_{abmt}(\text{температура}(a, t) = m \& \text{вещество}(a, b) \& \text{химсостав}(b, SO_3) \& 0 \leq m - 45\text{градус} \rightarrow \text{Газ}(a, t))$$

Аналогично предыдущему.

(d) Смесь газообразных веществ.

$$\forall_{Ant}(A = \text{Смесь}(\{a\}) \ \& \ l(a) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Газ}(a(i), t)) \rightarrow \text{Газ}(A, t))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, причем выражение a имеет заголовок "набор". Второй антецедент выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

(e) Пары воды.

$$\forall_{ABCat}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ A = \text{Смесь}(\{B, C\}) \ \& \ \text{вещество}(B, \text{воздух}) \ \& \ \text{теквещество}(C, \text{пар}, t) \rightarrow \text{Газ}(A, t))$$

Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "одноатомный"

Создан проверочный оператор "усмодноатомный":

1. Гелий. Теорема приема имеет вид "одноатомный(гелий)". Уровень срабатывания равен 1.
2. Использование посылки "химсостав".

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{одноатомный}(b) \rightarrow \text{одноатомный}(a))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "валентность"

1. Валентности химических элементов.

Все приемы этого подраздела имеют заголовок "второйтерм".

(a) Кислород.

$$\forall_a(\text{валентность}(\text{кислород}, a) = 2)$$

Уровень срабатывания равен 0.

(b) Водород.

$$\forall_a(\text{валентность}(\text{водород}, a) = 1)$$

Уровень срабатывания равен 0.

(c) Медь.

$$\forall_a(\text{нитрат}(a, \text{медь}) \rightarrow \text{валентность}(\text{медь}, a) = 2)$$

Прием применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

(d) Кальций.

$$\forall_a(\text{карбонат}(a, \text{кальций}) \rightarrow \text{валентность}(\text{кальций}, a) = 2)$$

Аналогично предыдущему.

(e) Натрий.

$$\forall_a(\text{валентность}(\text{натрий}, a) = 1)$$

Уровень срабатывания равен 0.

(f) Калий.

$$\forall_a(\text{валентность}(\text{калий}, a) = 1)$$

Уровень срабатывания равен 0.

(g) Литий.

$$\forall_a(\text{валентность}(\text{литий}, a) = 1)$$

Уровень срабатывания равен 0.

2. Учет валентности в химической формуле.

$$\forall_{abckmn}(\text{химсостав}(a, \text{химсоед}(\text{атомы}(b, m), \text{атомы}(c, n))) \& \\ k = \text{валентность}(b, a) \rightarrow km = n \cdot \text{валентность}(c, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "степокисл"

1. Простые вещества.

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \text{степокисл}(a, \text{атомы}(a, n)) = 0)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

2. Обращение к нормализатору "нормстепокисл".

$$\forall_{abn}(\text{степокисл}(a, b) = n \rightarrow \text{степокисл}(a, b) = n)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "нормстепокисл". Выражение n константное. Прием блокируется, если текущее выражение является левой частью посылки - равенства десятичному числу. Уровень срабатывания равен 1.

3. Нормализатор общей стандартизации "нормстепокисл".

(a) Простые вещества.

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \text{степокисл}(a, \text{атомы}(a, n)) = 0)$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Фтор.

$$\forall_{an}(\text{степокисл}(\text{фтор}, \text{химсоед}(\text{атомы}(\text{фтор}, n), a)) = -1)$$

Уровень срабатывания равен 1.

(c) Кислород.

$$\forall_{an}(\text{степокисл}(\text{кислород}, \text{химсоед}(\text{атомы}(\text{кислород}, n), a)) = -2)$$

Выражение a не имеет вида "атомы(фтор,2)" либо "химсоед(атомы(водород, n), b)". Уровень срабатывания равен 1.

(d) Водород.

$$\forall_{an}(\text{степокисл}(\text{водород}, \text{химсоед}(\text{атомы}(\text{водород}, n), a)) = 1)$$

Выражение a имеет вид "химсоед(атомы(b , n), c)", где b - металл. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{an}(\text{степокисл}(\text{водород}, \text{химсоед}(\text{атомы}(\text{водород}, n), a)) = -1)$$

Выражение a не имеет указанного выше вида. Уровень срабатывания равен 1.

(e) Группа атомов.

$$\forall_{abn}(\text{степокисл}(\text{атомы}(a, n), b) = n \cdot \text{степокисл}(a, b))$$

Для обработки выражения "степокисл(a , b)" применяется рекурсивное обращение к нормализатору. Уровень срабатывания равен 1.

(f) Соединение нескольких веществ.

$$\forall_{abc}(\text{степокисл}(\text{химсоед}(a, b), c) = \text{степокисл}(a, c) + \text{степокисл}(b, c))$$

Уровень срабатывания равен 1.

(g) Остаточное определение степени окисления.

$$\forall_{abcdn}(c = \text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), b) \ \& \ \text{степокисл}(b, c) = d \rightarrow \text{степокисл}(a, c) = -d/n)$$

Антецеденты выделены указателем "идентификатор". Комментарий "химостаток" блокирует применение приема, причем это комментарий передается нормализатору "нормстепокисл" при обработке второго антецедента. Выражение d не содержит символа "степокисл". Уровень срабатывания равен 2.

(h) Металлы главной подгруппы.

$$\forall_{abmn}(\text{металл}(a) \ \& \ \text{химподгруппа}(a) = 0 \ \& \ \text{химгруппа}(a) = m \rightarrow \text{степокисл}(a, \text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), b)) = m)$$

Первые два антецедента обрабатываются справочниками "металл" и "химподгруппа" (будут описаны ниже). Третий антецедент выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "нормхимгруппа". Переменная m идентифицируется с целочисленной константой. Уровень срабатывания равен 1.

(i) Кислотный остаток.

$$\forall_{ab}(\text{степокисл}(\text{сера}, \text{химсоед}(a, \text{молекулы}(SO_4, b))) = 6)$$

Уровень срабатывания равен 1.

(j) Соединения серы с металлами.

$$\forall_{amn}(\text{металл}(a) \rightarrow \text{степокисл}(\text{сера}, \text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), \text{атомы}(\text{сера}, n))) = -2)$$

Антецедент обрабатывается справочником. Уровень срабатывания приема равен 1.

Приемы, связанные с символом "окислитель"

Создан проверочный оператор "усмокситель". Уровни срабатывания его приемов равны 1:

1. Кислород.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, O_2) \rightarrow \text{окислитель}(a))$$

Антецедент выделен указателем "возмравно", т.е. либо он идентифицируется с посылкой, либо a уже имеет вид O_2 . Нижеследующие приемы устроены аналогичным образом.

2. Озон.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, O_3) \rightarrow \text{окислитель}(a))$$

3. Фтор.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, F_2) \rightarrow \text{окислитель}(a))$$

4. Хлор.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, Cl_2) \rightarrow \text{окислитель}(a))$$

5. Перманганат калия.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, KMnO_4) \rightarrow \text{окислитель}(a))$$

6. Дихромат калия.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, K_2Cr_2O_7) \rightarrow \text{окислитель}(a))$$

7. Азотная кислота.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, HNO_3) \rightarrow \text{окислитель}(a))$$

8. Пероксид водорода.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, H_2O_2) \rightarrow \text{окислитель}(a))$$

Приемы, связанные с символом "восстановитель"

Создан проверочный оператор "усмвосстановитель". Его приемы аналогичны приемам оператора "усмокситель":

1. Углерод.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, C) \rightarrow \text{восстановитель}(a))$$

2. Водород.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, H_2) \rightarrow \text{восстановитель}(a))$$

3. Щелочные металлы.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{щелочнметалл}(b) \rightarrow \text{восстановитель}(a))$$

Первый антецедент выделен указателем "возмравно", второй - обрабатывается проверочным оператором.

4. Алюминий.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, Al) \rightarrow \text{восстановитель}(a))$$

5. Сероводород.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, H_2S) \rightarrow \text{восстановитель}(a))$$

6. Йодоводородная кислота.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, HI) \rightarrow \text{восстановитель}(a))$$

Приемы, связанные с символом "химсоли"

1. Усмотрение соли.

$$\forall_{ABabcd}(\text{вещество}(A, a) \& \text{химсостав}(a, b) \& \text{химсоль}(b, c, d) \rightarrow \text{химсоли}(\{A; B\}) = \{A\} \cup \text{химсоли}(\{; B\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два antecedentes идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается пакетным синтезатором "химсоль", определяющим по молекулярной формуле соли ее металл (либо аммоний) и кислоту. Этот синтезатор будет описан ниже, в подразделе "Кислоты" раздела "Химические вещества". Уровень срабатывания равен 2.

2. Отбрасывание воды.

$$\forall_{ABC}(\text{вещество}(A, \text{вода}) \rightarrow \text{химсоли}(\{A \cup B; C\}) = \text{химсоли}(\{; C\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Antecedent идентифицируется с посылкой. Уровни срабатывания равны 2 и 4.

3. Использование проверочного оператора "неХимсоль".

$$\forall_{ABCa}(\text{вещество}(A, a) \& \neg(\text{Химсоль}(a)) \rightarrow \text{химсоли}(\{A \cup B; C\}) = \text{химсоли}(\{; C\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

4. Отбрасывание остатка реагентов.

Если среди реагентов химической реакции нет солей, то остатки этих реагентов могут быть отброшены при формировании результирующего списка солей:

$$\forall_{ABbnr}(\text{химреакция}(r, \{; b\}, A) \& l(B) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \neg(\text{Химсоль}(b(i)(1)))) \rightarrow \text{химсоли}(B \cup \text{химостаток}(r)) = \text{химсоли}(B))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражение b имеет заголовок "набор". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "химотделимо"

Создан проверочный оператор "усмхимотделимо":

1. Отделимость нерастворимого вещества от растворимого.

$$\forall_{ab}(\text{растворимо}(a, \text{вода}) \ \& \ \neg(\text{растворимо}(b, \text{вода})) \rightarrow \text{химотделимо}(a, b))$$

Антеcedенты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(\neg(\text{растворимо}(b, \text{вода})) \rightarrow \text{химотделимо}(\text{вода}, b))$$

Антеcedент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

2. Отделимость нерастворимого вещества от жидкости.

$$\forall_{ab}(\text{жидкость}(a) \ \& \ \neg(\text{растворимо}(b, a)) \rightarrow \text{химотделимо}(a, b))$$

Антеcedенты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

3. Отделимость твердого вещества от газообразного.

$$\forall_{ab}(\text{газ}(a) \ \& \ \text{твердый}(b) \rightarrow \text{химотделимо}(a, b))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "диэлпрониц"

Создан нормализатор общей стандартизации "нормдиэлпрониц", имеющий единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее значение диэлектрической проницаемости.

Приемы, связанные с символом "элхимэкв"

Создан нормализатор общей стандартизации "нормэлхимэкв", имеющий единственный прием, использующий равенство из посылок, дающее значение электрохимического эквивалента.

2.2 Химические элементы

2.2.1 Логические символы, используемые решателем для обозначения химических элементов и их типов

Для обозначения химических элементов на текущий момент были введены следующие логические символы: кислород, водород, дейтерий, сера, азот, золото, серебро, никель, медь, йод, олово, цинк, углерод, железо, хлор, натрий, калий, литий, марганец, алюминий, кремний, фтор, фосфор, кальций, магний, селен, барий, бром, ртуть, свинец, аргон, неон, гелий, торий, уран, висмут, калифорний, дубний, бериллий, плутоний, эйнштейний, бор, нептуний, радий, актиний, хром, кобальт. Эти символы располагаются в случайном порядке, определяемом их первым появлением в обучающих примерах.

Утверждение "металл(a)" означает, что вещество a является металлом.

Утверждение "щелочметалл(a)" означает, что вещество a есть щелочной металл.

Утверждение "основнойметалл(a)" означает, что металл a порождает основание.

Чтобы можно было вводить стандартные обозначения химических элементов, состоящие из одной либо двух латинских букв (первая - большая, вторая - маленькая), формульный редактор использует справочники "химназвание" и "химобознач".

Справочник "химназвание" имеет своим символом обращения код заглавной буквы обозначения элемента. Этим кодом служит тот логический символ, который выдается оператором ЛОСа "клавиатура" при нажатии соответствующей клавиши. Его легко определить, если в текстовом редакторе нажать сначала F8, а затем соответствующую клавишу. Автоматически будет прорисован символ для данного кода. Кроме символа обращения, справочник "химназвание" получает входное данное x_1 , равное 0, если обозначение однобуквенное, и равное коду второй (маленькой) буквы в противном случае. Результатом обращения к справочнику служит логический символ, обозначающий химический элемент. Приемы справочника "химназвание" реализованы на ГЕНОЛОГе. Теорема приема имеет вид "химназвание(k_1, k_2, s)", где k_1 - код первой буквы, k_2 - 0 либо код второй буквы, s - название элемента.

Справочник "химобознач" имеет своим символом обращения название s химического элемента. Результатом обращения является пара (k_1, k_2) кодов клавиш, соответствующих буквам обозначения элемента. Теорема приема - та же, что для справочника "химназвание".

2.2.2 Приемы, используемые решателем в связи с конкретными химическими элементами и их типами

Приемы, связанные с символом "металл"

1. Обращение к справочнику "металл" для усмотрения металлов.

$$\forall_a(\text{металл}(a) \rightarrow \text{металл}(a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается справочником "металл", который будет приведен ниже. Уровень срабатывания равен 0.

2. Обращение к проверочному оператору "усмнеметалл" для усмотрения неметаллов.

$$\forall_a(\neg(\text{металл}(a)) \rightarrow \neg(\text{металл}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

3. Справочник "металл".

Приемы справочника имеют вид "металл(s)", где s - один из следующих символов: медь, железо, натрий, калий, серебро, золото, магний, алюминий, марганец, свинец, барий, литий, бериллий, кальций, цинк, ртуть, олово, хром, никель, кобальт, радий.

4. Проверочный оператор "усмнеметалл".

- (a) Составное вещество.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \rightarrow \neg(\text{металл}(a)))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение b имеет своим заголовком один из символов "химсоед", "атомы", "молекулы".

$$\forall_a(\neg(\text{металл}(a)))$$

Выражение a имеет своим заголовком один из символов "химсоед", "атомы", "молекулы".

- (b) Элемент, не являющийся металлом.

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{металл}(a)))$$

Антецедент обрабатывается справочником "химэлемент". Результат обращения к справочнику "металл" для символа a дает 0. Уровень срабатывания равен 2.

5. Справочник "основнойметалл".

Приемы справочника имеют вид "основнойметалл(s)", где s - один из символов "натрий", "калий", "кальций", "литий", "магний".

6. Проверочный оператор "усмметалл".

- (a) Использование справочника "металл".

$$\forall_a(\text{металл}(a) \rightarrow \text{металл}(a))$$

Антецедент обрабатывается справочником "металл".

- (b) Использование посылки.

$$\forall_a(\text{металл}(a) \rightarrow \text{металл}(a))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой, причем допускается ее альтернативный заголовок "щелочнметалл".

Приемы, связанные с символом "щелочнметалл"

1. Валентность.

$$\forall_{ab}(\text{щелочнметалл}(a) \rightarrow \text{валентность}(a, b) = 1)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

2. Усмотрение не щелочного металла.

$$\forall_{ab}(\text{химгруппа}(a) = b \ \& \ \neg(b - 1 = 0) \rightarrow \neg(\text{щелочнметалл}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с логическим символом. Первый антецедент выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "нормхимгруппа". Второй антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

3. Проверочный оператор "усмщелочнметалл".

Созданы приемы для лития, натрия и калия.

Приемы для конкретных химических элементов создавались редко, так как обычно достаточно было общих правил и справочных данных.

Приемы, связанные с символом "водород"

1. Валентность соединений с водородом элементов 6-й группы.

$$\forall_{abc}(a = \text{химсоед}(b, H_c) \ \& \ \text{химгруппа}(b) = 6 \rightarrow c = 2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение воды в продуктах реакции.

$$\forall_{abcdprx}(\text{химреагенты}(r, p) \ \& \ p = \{a; c\} \ \& \ p = \{b; d\} \ \& \ \text{степокисл}(\text{кислород}, a) = -2 \ \& \ \text{степокисл}(\text{водород}, b) = 1 \ \& \ \text{химпродукты}(r, x) \rightarrow H_2O \in x \ \& \ \text{химизвл}(r, \text{водород}, b, H_2O) \ \& \ \text{химизвл}(r, \text{кислород}, a, H_2O))$$

Утверждение "химреагенты(r, p)" означает, что p есть множество исходных веществ химической реакции r , утверждение "химпродукты(r, x)" - что x есть множество веществ продуктов реакции r . Выражение "степокисл(u, v)" обозначает степень окисления элемента u в веществе v . Утверждение "химизвл(r, u, v, w)" означает, что в химической реакции r продукт w получает атомы элемента u из реагента v .

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго и третьего, выделенных указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Существуют посылки вида "химизвл(r, f, a, g)" и "химизвл(r, m, b, n)". Посылки вида "химизвл($r, \text{кислород}, a, i$)" и "химизвл($r, \text{водород}, b, j$)" отсутствуют. Переменная x идентифицируется с неизвестной. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "калий"

1. Переход калия в продукты реакции.

$$\forall_{Aabprx}(\text{химреагенты}(r, p) \ \& \ p = \{a; b\} \ \& \ \text{степокисл}(\text{калий}, a) = 1 \ \& \ \text{химпродукты}(r, x) \rightarrow \text{степокисл}(\text{калий}, A) = 1 \ \& \ A \in x \ \& \ \text{химизвл}(r, \text{калий}, a, A))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x идентифицируется с неизвестной. Отсутствует посылка вида "химизвл($r, \text{калий}, a, c$)". Прием вводит новую переменную A . Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение сернокислого калия в продуктах реакции.

$$\forall_{Aabrxx}(\text{химреагенты}(r, \{a; b\}) \ \& \ a = H_2SO_4 \ \& \ \text{химпродукты}(r, x) \ \& \ A \in x \ \& \ \text{степокисл}(\text{калий}, A) = 1 \rightarrow A = K_2SO_4)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Переменная A идентифицируется с переменной. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "марганец"

1. Восстановление марганца в кислой среде.

$\forall_{Aabprx}(\text{химреагенты}(r, p) \ \& \ p = \{a; b\} \ \& \ \text{степокисл}(\text{марганец}, a) = 7 \ \& \ \text{кислсреда}(r) \ \& \ \text{химпродукты}(r, x) \rightarrow \text{степокисл}(\text{марганец}, A) = 2 \ \& \ A \in x \ \& \ \text{химизвл}(r, \text{марганец}, a, A))$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме второго, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x идентифицируется с неизвестной. Отсутствует посылка вида "химизвл(r , марганец, a , c)". Прием вводит новую переменную A . Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение сернокислого марганца в продуктах реакции.

$\forall_{Aabrx}(\text{химреагенты}(r, \{a; b\}) \ \& \ a = H_2SO_4 \ \& \ \text{химпродукты}(r, x) \ \& \ A \in x \ \& \ \text{степокисл}(\text{марганец}, A) = 2 \rightarrow A = MnSO_4)$

Аналогично приему про сернокислый калий.

Приемы, связанные с символом "фосфор"

1. Окисление фосфора в окислительно - восстановительной реакции.

$\forall_{Aabcdmprx}(\text{химреагенты}(r, p) \ \& \ p = \{a; b\} \ \& \ p = \{c; d\} \ \& \ \text{степокисл}(\text{фосфор}, a) = m \ \& \ m < 5 \ \& \ \text{окислитель}(c) \ \& \ \text{химпродукты}(r, x) \rightarrow \text{степокисл}(\text{фосфор}, A) = 5 \ \& \ A \in x \ \& \ \text{химизвл}(r, \text{фосфор}, a, A))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый, четвертый и седьмой antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Вторым и третьим antecedentes выделены указателем "идентификатор", пятый и шестой - обрабатываются проверочными операторами. Переменная x идентифицируется с неизвестной. Отсутствует посылка вида "химизвл(r , фосфор, a , f)". Прием вводит новую переменную A . Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение фосфорной кислоты в продуктах реакции.

$\forall_{Arx}(\text{кислсреда}(r) \ \& \ \text{химпродукты}(r, x) \ \& \ A \in x \ \& \ \text{степокисл}(\text{фосфор}, A) = 5 \rightarrow A = H_3PO_4)$

Утверждение "кислсреда(r)" означает, что химическая реакция r протекает в кислой среде.

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в четвертом из них. Переменная A идентифицируется с переменной. Уровень срабатывания равен 3.

2.3 Химические вещества**2.3.1 Логические символы, используемые решателем для обозначения химических веществ и их типов**

Для обозначения конкретных химических веществ используются логические символы "вода", "аммиак", "углекислый газ", "сернистый газ", "сероводород", "этанол",

"метан", "этан", "пропан", "ацетилен", "черный фосфор", "белый фосфор", "глюкоза", "сахароза", "пропен", "пар", "лед", "бутан", "пентан", "гексан", "гептан", "октан", "нонан", "декан", "ундекан", "эйкозан", "серная кислота", "соляная кислота", "азотная кислота", "уксусная кислота".

Для обозначения веществ смесей используются логические символы "воздух", "нефть".

Утверждение "Воздух(a)" означает, что газообразное тело a представляет собой воздух.

Для обозначения радикалов используются логические символы "метил", "этил", "бутил", "пропил", "изопропил", "вторбутил", "изобутил", "третбутил".

Утверждение "оксид(a, b)" означает, что a есть оксид элемента b .

Утверждение "основной оксид(a)" означает, что a есть оксид металла, которому соответствует основание.

Утверждение "кислотный оксид(a)" означает, что a есть кислотный оксид.

Утверждение "высший оксид(a, b)" означает, что a есть высший оксид химического элемента b .

Утверждение "диоксид(a, b)" означает, что a есть диоксид элемента b .

Утверждение "пероксид(a, b)" означает, что a есть пероксид химического элемента b .

Утверждение "гидрид(a, b)" означает, что a есть гидрид элемента b .

Утверждение "водородное соединение(a, b)" означает, что a есть водородное соединение элемента b .

Утверждение "сульфид(a, b)" означает, что a есть сульфид элемента b .

Утверждение "карбид(a, b)" означает, что a есть карбид элемента b .

Утверждение "сульфат(a, b)" означает, что a есть сульфат элемента b .

Утверждение "галогенопроизводное(a, b, c)" означает, что вещество c получено из углеводорода a путем замещения нескольких атомов водорода на атомы галогена b .

Утверждение "кислота(a)" означает, что химическое вещество a является кислотой.

Выражение "основность(a)" обозначает основность кислоты a .

Утверждение "химическая соль(a, b, c)" означает, что вещество a представляет собой соль металла либо аммония b , производную от кислоты c . В случае кислой соли a есть условное вещество "металл - водород".

Утверждение "Химическая соль(a)" означает, что вещество a представляет собой соль некоторой кислоты.

Утверждение "нитрат(a, b)" означает, что a есть нитрат вещества b .

Утверждение "хлорид(a, b)" означает, что a есть хлорид вещества b .

Утверждение "карбонат(a, b)" означает, что a есть карбонат вещества b .

Утверждение "гидрокарбонат(a, b)" означает, что a есть гидрокарбонат вещества b .

Утверждение "щелочь(a)" означает, что химическое вещество a является щелочью.

Утверждение "гидроксид(a, b)" означает, что a есть гидроксид металла b .

Утверждение "кристаллогидрат(a, b)" означает, что a есть кристаллогидрат вещества b .

2.3.2 Приемы, используемые решателем в связи с конкретными химическими веществами и их типами

Приемы, связанные с символом "оксид"

1. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{abmn}(n = 2m \rightarrow \text{оксид}(a, b) \ \& \ \text{валентность}(b, a) = n \leftrightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, O_m)))$$

Прием имеет заголовок "заменатермов(второйтерм)" и применяется к группе посылок задачи на исследование. Переменная n идентифицируется с натуральной константой, выражение b константное. Антецедент выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abnx}(\text{оксид}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow n - \text{натуральное} \ \& \ x = \text{химсоед}(O_n, \text{атомы}(b, 2)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x идентифицируется с неизвестной. Выражение b - не "углерод" (для углерода см. ниже отдельный прием). Отсутствует посылка вида " $x = c$ ". Прием вводит новую переменную n , которую регистрирует в качестве неизвестной. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{anx}(\text{оксид}(a, \text{углерод}) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow n - \text{натуральное} \ \& \ n \in \{1, 2\} \ \& \ x = CO_n)$$

Аналогично предыдущему.

2. Сокращение на общий множитель.

$$\forall_{akmnpq}(m = kp \ \& \ n = kq \rightarrow \text{химсоед}(O_n, \text{атомы}(a, m)) = \text{химсоед}(O_q, \text{атомы}(a, p)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменные m, n идентифицируются с натуральными константами. Указатель "модификатор" блокирует возможность наличия дополнительных операндов у символа "химсоед". Антецеденты выделены указателем "идентификатор". Величина k отлична от 1. Отсутствует посылка с заголовком "химреакция". Либо m , либо n отлична от 2. Уровень срабатывания равен 2.

3. Усмотрение вещества, оксидом которого служит данное вещество.

$$\forall_{Amnx}(\text{оксид}(\text{химсоед}(\text{атомы}(A, n), O_m), x) \leftrightarrow x = A)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

4. Усмотрение не оксида.

$$\forall_{anb}(\neg(\text{оксид}(\text{атомы}(a, n), b)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{оксид}(a, b)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ab}(\neg(\text{оксид}(\text{химсоед}(b))))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Число операндов в списке b не менее 3. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcnm}(\text{химэлемент}(a) \ \& \ \text{химэлемент}(b) \rightarrow \neg(\text{оксид}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), \text{атомы}(b, m), c))))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Переменные a, b идентифицируются с логическими символами, отличными от символа "кислород". Уровень срабатывания равен 1.

5. Пакетный синтезатор "опредоксид". Синтезатор реализует утверждение "оксид(a, b)". Входным данным a служит молекулярная формула оксида. Выходной переменной b присваивается название элемента, чьим оксидом служит a . Синтезатор имеет единственный прием:

$$\forall_{an}(\text{оксид}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), O_m), a))$$

Приемы, связанные с символом "диоксид"

Создан единственный прием, выводящий молекулярную формулу диоксида:

$$\forall_{ab}(\text{диоксид}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, O_2)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

Прием, связанные с символом "пероксид"

Созданы приемы, вводящие молекулярную формулу пероксида:

$$\forall_{ab}(\text{пероксид}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(\text{атомы}(b, 2), O_2)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Выражение b - один из символов "водород", "натрий", "литий", "калий". Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания приема равен 2.

$$\forall_{ab}(\text{пероксид}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, O_2)))$$

Аналогично предыдущему, но b есть символ "барий".

$$\forall_{ab}(\text{щелочнметалл}(b) \ \& \ \text{пероксид}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(\text{атомы}(b, 2), O_2)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "основнойоксид"

1. Усмотрение основного оксида.

$$\forall_{ab}(\text{оксид}(a, b) \ \& \ \text{основнойметалл}(b) \rightarrow \text{основнойоксид}(a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент обрабатывается пакетным синтезатором, второй - справочником. Уровень срабатывания равен 1.

2. Усмотрение вещества, не являющегося основным оксидом.

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{основнойоксид}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{an}(\neg(\text{основнойоксид}(\text{атомы}(a, n))))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_a \neg(\text{основнойоксид}(\text{химсоед}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Число операндов в наборе a не менее 3. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abmn}(\text{химэлемент}(a) \ \& \ \text{химэлемент}(b) \rightarrow \neg(\text{основнойоксид}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), \text{атомы}(b, m))))))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Переменные a, b идентифицируются с логическими символами, отличными от символа "кислород". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abmn}(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{основнойоксид}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), O_m))))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Переменная a идентифицируется с логическим символом, на котором справочник "основнойметалл" выдает ноль. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "кислотныйоксид"

1. Усмотрение кислотного оксида с помощью проверочного оператора.

$$\forall_a(\text{кислотныйоксид}(a) \rightarrow \text{кислотныйоксид}(a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

2. Усмотрение вещества, не являющегося кислотным оксидом.

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{кислотныйоксид}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{an}(\neg(\text{кислотныйоксид}(\text{атомы}(a, n))))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_a \neg(\text{кислотныйоксид}(\text{химсоед}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Число операндов в наборе a не менее 3. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abmn}(\text{химэлемент}(a) \ \& \ \text{химэлемент}(b) \rightarrow \neg(\text{кислотныйоксид}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), \text{атомы}(b, m))))))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Переменные a, b идентифицируются с логическими символами, отличными от символа "кислород". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abmn}(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{кислотныйоксид}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), O_m))))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Переменная a идентифицируется с логическим символом, на котором справочник "основнойметалл" выдает единицу. Уровень срабатывания равен 1.

3. Проверочный оператор "усмкислотныйоксид".

Пока созданы лишь четыре приема, усматривающие кислотные оксиды SO_2 , SO_3 , Mn_2O_7 и CrO_3 .

Приемы, связанные с символом "высшийоксид"

Создан прием, определяющий молекулярную формулу по номеру группы:

$$\forall_{abkmn}(\text{химгруппа}(a) = n \ \& \ n/2 = m/k \ \& \ \text{высшийоксид}(b, a) \rightarrow \text{химсостав}(b, \text{химсоед}(\text{атомы}(a, k), O_m)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Последний антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, первые два - выделены указателем "идентификатор". Переменная a идентифицируется с логическим символом. Левая часть первого антецедента обрабатывается нормализатором "нормхимгруппа", который будет описан в последующих разделах. В результате переменная n должна быть идентифицирована с десятичным числом. Левая часть второго антецедента обрабатывается нормализатором "нормдробь". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "гидрид"

1. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{abnx}(\text{гидрид}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow n - \text{натуральное} \ \& \ x = \text{химсоед}(H_n, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x - неизвестная. Отсутствует посылка вида " $x = c$ ". Прием вводит новую переменную n . Уровень срабатывания равен 3.

2. Определение формулы по номеру группы.

$$\forall_{abn}(\text{химгруппа}(a) = n \ \& \ 4 \leq n \ \& \ \text{гидрид}(b, a) \rightarrow \text{химсостав}(b, \text{химсоед}(a, H_{8-n})))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Последний антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, причем a - логический символ. Первый антецедент выделен указателем "идентификатор", второй - обрабатывается проверочным оператором. Переменная n идентифицирована с натуральным числом. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abn}(\text{химгруппа}(a) = n \ \& \ n = 2 \ \& \ \text{гидрид}(b, a) \rightarrow \text{химсостав}(b, \text{химсоед}(a, H_2)))$$

Аналогично предыдущему, но второй антецедент выделен указателем "идентификатор".

$$\forall_{abn}(\text{химгруппа}(a) = n \ \& \ n = 1 \ \& \ \text{гидрид}(b, a) \rightarrow \text{химсостав}(b, \text{химсоед}(a, H)))$$

Аналогично предыдущему, но не требуется, чтобы переменная a идентифицировалась с логическим символом. Номер 1 химической группы можно определить и по переменной, например, зная, что ее значением является щелочной металл.

3. Ограничение на число атомов водорода.

$$\forall_{abn}(\text{гидрид}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, H_n)) \rightarrow n = 1 \vee n = 2 \vee n = 3 \vee n = 4)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение n содержит неизвестные. Выведенная дизъюнкция сопровождается комментарием "разборслучаев". Уровень срабатывания равен 5.

Приемы, связанные с символом "водородсоед"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение молекулярную формулу:

$$\forall_{abnx}(\text{водородсоед}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow n\text{-натуральное} \ \& \ x = \text{химсостав}(H_n, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x - неизвестная. Отсутствует посылка вида " $x = c$ ". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "сульфид"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение молекулярную формулу:

$$\forall_{ab}(\text{сульфид}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(\text{атомы}(b, 2), \text{сера})))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, причем b - символ "натрий" либо "калий". Отсутствует посылка вида " $\text{химсостав}(a \text{ химсоед}(\dots))$ ". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "карбид"

Созданы два приема:

$$\forall_a(\text{карбид}(a, \text{алюминий}) \rightarrow \text{химсостав}(a, Al_4C_3))$$

$$\forall_a(\text{карбид}(a, \text{кальций}) \rightarrow \text{химсостав}(a, CaC_2))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида " $\text{химсостав}(a, \text{химсоед}(\dots))$ ". Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "гидроксид"

1. Гидроксиды элементов первой группы.

$$\forall_{ab}(\text{химгруппа}(a) = 1 \ \& \ \text{гидроксид}(b, a) \rightarrow \text{химсостав}(b, \text{химсоед}(a, O, H)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, первый - выделен указателем "идентификатор". Переменная a идентифицируется с логическим символом. Отсутствует посылка вида "химсостав(b , химсоед(...))". Уровень срабатывания равен 2.

2. Гидроксиды элементов второй группы.

$$\forall_{ab}(\text{химгруппа}(a) = 2 \ \& \ \text{гидроксид}(b, a) \rightarrow \text{химсостав}(b, \text{химсоед}(a, O_2, H_2)))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "щелочь"

Создан проверочный оператор "усмщелочь", которой пока имеет единственный прием, усматривающий посылку "щелочь(...)".

Приемы, связанные с символом "кислота"

1. Число атомов водорода равно основности кислоты.

$$\forall_{anp}(\text{кислота}(a) \ \& \ \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(H_n, p)) \rightarrow n = \text{основность}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение n содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 4.

2. Учет химической группы при определении молекулярной формулы.

$$\forall_{abkmn}(\text{кислота}(a) \ \& \ \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(H_m, O_n, \text{атомы}(b, k))) \rightarrow 2n - m \leq k \cdot \text{химгруппа}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение k содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 3.

3. Усмотрение кислоты при помощи оператора "усмкислота".

$$\forall_a(\text{кислота}(a) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

4. Усмотрение вещества, не являющегося кислотой.

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{кислота}(a)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{an}(\neg(\text{кислота}(\text{атомы}(a, n))))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

5. Проверочный оператор "усмкислота".

Все приемы срабатывают на уровне 1.

(a) Серная кислота.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, H_2SO_4) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Указатель "возмравно" означает, что эта посылка может отсутствовать, но само a имеет вид H_2SO_4 .

(b) Галогеноводородная кислота.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, \text{водород})) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

Переменная b идентифицируется с одним из символов "хлор", "фтор", "бром", "йод". Антецедент идентифицируется с посылкой, причем выделен указателем "возмравно".

(c) Азотная кислота.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, HNO_3) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

Аналогично серной кислоте.

(d) Марганцовая кислота.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, HMnO_4) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

Аналогично предыдущему.

(e) Фосфорные кислоты.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, H_3PO_3) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, H_3PO_4) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, HPO_3) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

Аналогично предыдущему.

(f) Угольная кислота.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, H_2CO_3) \rightarrow \text{кислота}(a))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "нитрат"

Созданы приемы, вводящие молекулярную формулу:

$$\forall_{abn}(\text{нитрат}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, \text{молекулы}(NO_3, 2))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Переменная b идентифицируется с символом "свинец". Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abnx}(\text{нитрат}(a, b) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow n - \text{натуральное} \ \& \ x = \text{химсоед}(b, \text{молекулы}(NO_3, n)) \ \& \ n = \text{валентность}(b, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x - неизвестная. Отсутствует посылка вида " $x = c$ ". Прием вводит новую переменную n . Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{abn} (нитрат(a, b) $\rightarrow n$ – натуральное & химсостав(a , химсоед(b , молекулы(NO_3, n))) & n = валентность(b, a))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, c)". Прием вводит новую переменную n . Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "карбонат"

1. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

\forall_a (карбонат(a , кальций) \rightarrow химсостав($a, CaCO_3$))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{abmnx} (карбонат(a, b) & химсостав(a, x) $\rightarrow n$ – натуральное & m – натуральное & x = химсоед(O_{3n}, C_n , атомы(b, m))) & $2n = m \cdot$ валентность(b, a))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x - неизвестная. Отсутствует посылка вида " $x = c$ ". Прием вводит новые переменные m, n . Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{abmnx} (карбонат(a, b) $\rightarrow n$ – натуральное & m – натуральное & химсостав(a , химсоед(O_{3n}, C_n , атомы(b, m))) & $2n = m \cdot$ валентность(b, a))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Прием вводит новые переменные m, n . Уровень срабатывания равен 3.

2. Растворимые карбонаты металлов.

\forall_{ab} (карбонат(a, b) & металл(b) & растворимо(a , вода) \rightarrow щелочнметалл(b))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Карбонат щелочного металла.

\forall_{ab} (щелочнметалл(b) & карбонат(a, b) \rightarrow химсостав(a , химсоед(атомы($b, 2$), углерод, O_3)))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "гидрокарбонат"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение молекулярную формулу:

\forall_a (гидрокарбонат(a , натрий) \rightarrow химсостав($a, NaHCO_3$))

Прием имеет заголовок "вывод". Допускается замена символа "натрий" на "калий". Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "хлорид"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение молекулярную формулу:

$$\forall_{ab}(\text{хлорид}(a, b) \ \& \ n = \text{химгруппа}(b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, Cl_n)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "сульфат"

Созданы приемы, вводящие в рассмотрение молекулярную формулу:

$$\forall_{ab}(\text{сульфат}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(b, \text{сера}, O_4)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Переменная b идентифицируется при этом с одним из символов "медь", "магний", "кальций", "барий". Отсутствует посылка вида "химсостав($a, \text{химсоед}(\dots)$)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ab}(\text{сульфат}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(\text{атомы}(b, 2), \text{сера}, O_4)))$$

Аналогично предыдущему, но b - один из символов "натрий", "калий", "литий".

Приемы, связанные с символом "химсоль"

1. Стандартизация обозначения соли.

$$\forall_{ab}(\text{химсоед}(a, H_2, \text{атомы}(b, 2), O_6) = \text{химсоед}(a, \text{молекулы}(\text{водород}, b, O_3), 2))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

2. Обращение к синтезатору "химсоль".

$$\forall_{abcxy}(\text{химсоль}(a, b, c) \rightarrow \text{химсоль}(a, x, y) \leftrightarrow x = b \ \& \ y = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается пакетным синтезатором "химсоль" (см. ниже). Выражение b константное. Уровень срабатывания равен 1.

3. Усмотрение вещества, не являющегося солью.

$$\forall_{abc}(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{химсоль}(a, b, c)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Выражение a константное. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{abcn}(\neg(\text{химсоль}(\text{атомы}(a, n), b, c)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall_{abc}(\neg(\text{химсоль}(a, b, c)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Выражение a константное и имеет заголовок "химсоед". Оно не содержит ни символа "азот", ни обозначения какого-либо металла. Уровень срабатывания равен 0.

Синтезатор "химсоль" определения компонент соли

Все приемы синтезатора срабатывают на уровне 1.

1. Соли галогеноводородных кислот.

$$\forall_{abmn}(\text{металл}(a) \rightarrow \text{химсоль}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), \text{атомы}(b, n)), a, \text{химсоед}(\text{водород}, b)))$$

Переменная a идентифицируется с логическим символом, причем первый антецедент обрабатывается справочником "металл". Переменная b идентифицируется с одним из символов "хлор", "фтор", "бром", "йод".

$$\forall_b(\text{химсоль}(\text{химсоед}(\text{азот}, H_4, b), NH_4, \text{химсоед}(\text{водород}, b)))$$

Переменная b идентифицируется с одним из символов "хлор", "фтор", "бром", "йод".

2. Серная кислота.

$$\forall_{amn}(\text{металл}(a) \rightarrow \text{химсоль}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), \text{молекулы}(SO_4, n)), a, H_2SO_4))$$

Переменная a идентифицируется с логическим символом. Антецедент обрабатывается справочником.

$$\text{химсоль}((2NH_4)SO_4, NH_4, H_2SO_4)$$

3. Азотная кислота.

$$\forall_{amn}(\text{металл}(a) \rightarrow \text{химсоль}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), \text{молекулы}(NO_3, n)), a, HNO_3))$$

Переменная a идентифицируется с логическим символом. Антецедент обрабатывается справочником.

$$\text{химсоль}(NH_4NO_3, NH_4, HNO_3)$$

4. Азотистая кислота.

$$\forall_{amn}(\text{металл}(a) \rightarrow \text{химсоль}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), \text{молекулы}(NO_2, n)), a, HNO_2))$$

Переменная a идентифицируется с логическим символом. Антецедент обрабатывается справочником.

5. Угольная кислота.

$$\forall_{amn}(\text{металл}(a) \rightarrow \text{химсоль}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), \text{молекулы}(CO_3, n)), a, H_2CO_3))$$

$$\forall_{amn}(\text{металл}(a) \rightarrow \text{химсоль}(\text{химсоед}(a, \text{водород}, \text{углерод}, O_3), \text{атомы}(a, \text{водород}), H_2CO_3))$$

Аналогично предыдущему.

Проверочный оператор "усмнехимсоль"

(a) Кислота.

$$\forall_a(\text{кислота}(a) \rightarrow \neg(\text{Химсоль}(a)))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Химический элемент.

$$\forall_a(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \neg(\text{Химсоль}(a)))$$

Аналогично предыдущему.

(c) Вода.

$$\neg(\text{Химсоль}(\text{вода}))$$

(d) Оксид.

$$\forall_{amn}(\neg(\text{Химсоль}(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), O_n))))$$

Уровень срабатывания равен 2.

(e) Посылка "химсостав".

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \& \neg(\text{Химсоль}(b)) \rightarrow \neg(\text{Химсоль}(a)))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "кристаллогидрат"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение молекулярную формулу:

$$\forall_{abnx}(\text{кристаллогидрат}(a, b) \& \text{химсостав}(a, x) \rightarrow \\ n - \text{натуральное} \& x = \text{химсоед}(b, \text{молекулы}(H_2O, n)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x - неизвестная. Отсутствует посылка вида " $x = c$ ". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "галогенопроизводное"

Создан единственный прием, вводящий в рассмотрение молекулярную формулу:

$$\forall_{abckmn}(\text{галогенопроизводное}(a, b, c) \& \text{химсостав}(a, C_m H_n) \rightarrow k - \text{натуральное} \& \\ k \leq n \& \text{химсоед}(c, \text{химсоед}(C_m, H_{n-k}, \text{атомы}(b, k))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "химсостав(c , химсоед(...))". Уровень срабатывания приема равен 2.

Справочник "химсостав"

1. Вода.

$$\text{химсостав}(\text{вода}, H_2O)$$

2. Аммиак.

$$\text{химсостав}(\text{аммиак}, NH_3)$$

3. Серная кислота.

$$\text{химсостав}(\text{сернаякислота}, H_2SO_4)$$

4. Углекислый газ.

$$\text{химсостав}(\text{углекислыйгаз}, CO_2)$$

5. Азотная кислота.
химсостав(серная кислота, HNO_3)
6. Сероводород.
химсостав(сероводород, H_2S)
7. Соляная кислота.
химсостав(соляная кислота, HCl)
8. Уксусная кислота.
химсостав(уксусная кислота, CH_3COOH)
9. Этанол.
химсостав(этанол, C_2H_5OH)
10. Метан.
химсостав(метан, CH_4)
11. Этан.
химсостав(этан, C_2H_6)
12. Пропан.
химсостав(пропан, C_3H_8)
13. Сернистый газ.
химсостав(сернистый газ, SO_2)
14. Ацетилен.
химсостав(ацетилен, C_2H_2)
15. Пропен.
химсостав(пропен, C_3H_6)
16. Гексан.
химсостав(гексан, C_6H_{14})
17. Глюкоза.
химсостав(глюкоза, $C_6H_{12}O_6$)

Проверочный оператор "разные вещества"

Оператор используется для установления различия двух химических веществ a, b . Фактически, это равносильно проверке утверждения " $\neg(a = b)$ ". Однако, создание единого проверочного оператора для усмотрения отрицания равенства объектов произвольных типов нежелательно. Приемов в таком операторе оказалось бы слишком много. Поэтому он разгруппирован на серию проверочных операторов, устанавливающих различие объектов конкретных типов. Например, в геометрии были созданы операторы "разные точки" и "разные прямые".

1. Твердое и газообразное вещества.

$$\forall_{ab}(\text{газ}(a) \ \& \ \text{твердый}(b) \rightarrow \text{разные вещества}(a, b))$$

Антеcedенты обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 2.

2. Различные формулы веществ.

$$\forall_{abpq}(\text{химсостав}(a, p) \ \& \ \text{химсостав}(b, q) \rightarrow \text{разные вещества}(a, b))$$

Выражения p, q константные. После обработки нормализаторами "стандхимсоед" и "стандупорядочение" они не совпадают. Уровень срабатывания приема равен 1.

3. Различные смеси.

$$\forall_{abcd}(\text{смесь}(a, \{; b\}) \ \& \ \text{смесь}(c, \{; d\}) \ \& \ \neg(l(b) - l(d) = 0) \rightarrow \text{разные вещества}(a, c))$$

Первые два антеcedента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражения b, d имеют заголовок "набор". Уровень срабатывания равен 1.

2.4 Газовые законы

В разделе "Молекулярная физика. Газовые законы", относящемся к приемам решателя по элементарной физике, уже приводился перечень логических символов, возникающих в связи с газовыми законами. Поэтому здесь мы ограничимся лишь примерами логической формализации задач на газовые законы, взятых из задачника по элементарной химии.

2.4.1 Примеры формулировки задач по газовым законам на языке решателя

1. Найдите среднюю молярную массу и плотность (при нормальных условиях) воздуха, имеющего объемный состав: 20 процентов O_2 , 79 процентов N_2 , 1 процент аргона.

Посылки задачи:

"смесь($a, \{b, c, d\}$)"

"химсостав(b, O_2)"

"химсостав(c, N_2)"

"химсостав(d, Ar)"

"Содержание(b, a) = 0.2"

"Содержание(c, a) = 0.79"

"Содержание(d, a) = 0.01"

"вещество(A, a)"

"нормусловия(A, t)"

Условия задачи:

" $x = \text{молярная масса}(a)$ "

" $y = \text{Плотность}(A, t)$ "

Неизвестные задачи - x, y .

2. Рассчитайте объем газа (при нормальных условиях), который выделится при растворении 22.4 г железа по уравнению $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$.

Посылки задачи:

"Химреакция($r, \{A, C\}, B$)"

"химреакция($r, Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$)"

Заметим, что символы "Химреакция", "химреакция" будут введены ниже, в разделе, посвященном химическим реакциям. Первый из них указывает реагенты A, C и продукты B химической реакции r (не вещества, а тела), второй - задает уравнение этой реакции.

"масса(C) = 22.4г"

"вещество(C , железо)"

"газообразность(D, B)"

Символ "газообразность" тоже будет введен ниже - для обозначения газообразной составляющей продуктов химической реакции.

"нормусловия(D, t)"

"точнорасход(C, r)".

Символ "точнорасход" указывает, что реагент C израсходован полностью.

Условия задачи:

" $x = \text{Объем}(D, t)$ "

Неизвестные задачи - x .

3. В сосуде объемом 20 л находится оксид серы (IV) при давлении 105 кПа и температуре 20 градусов. Рассчитайте массу газа.

Посылки задачи:

"вещество(a, b)"

"химсостав(b, SO_2)"

"Объем(a, t) = 20л"

"температура(a, t) = 20градус"

"давление(a, t) = 105кПа"

Условие задачи:

" x = масса(a)"

Неизвестные задачи - x

4. При сгорании 25 л углеводорода образовалось 75 л оксида углерода (IV) и 100 л паров воды. Определите формулу углеводорода.

Посылки задачи:

"Химреакция($r, \{A, B\}, \{D, E\}$)"

"горение(r)"

"Период(r) = [t, p]"

"вещество(B, b)"

"химсостав(b, O_2)"

"вещество(A, a)"

"точнрасход(A, r)"

"углеводород(a)"

"газ(a)"

"Объем(A, t) = 25л"

"вещество(D, d)"

"химсостав(d, CO_2)"

"вещество($E, \text{вода}$)"

"Газ(E, p)"

"Объем(D, p) = 75л"

"Объем(E, p) = 100л"

"давление(A, t) = давление(D, p)"

Условия задачи:

"химсостав(a, x)"

Неизвестные задачи - x

5. Смесь азота и углекислого газа имеет плотность по водороду 18. К 100л этой смеси добавили 100л углекислого газа. Рассчитайте плотность по водороду конечной смеси.

Посылки задачи:

" $S = \text{Смесь}(\{A, B\})$ "

"вещество(A, a)"

"вещество(B, b)"

"вещество(S, s)"

"химсостав(c, H_2)"

"относитплотн(s, c) = 18"

"химсостав(a, N_2)"

"химсостав(b, CO_2)"

"Объем(S, t) = 100л"

"вещество(D, b)"

"Объем(D, t) = 100л"

" $Q = \text{Смесь}(\{S, D\})$ "

"вещество(Q, q)"

Условие задачи:

" $x = \text{относитплотн}(q, c)$ "

Неизвестная задачи - x

6. Смесь оксида серы (IV) и кислорода в молярном соотношении 2 : 1 пропустили над катализатором при температуре 400 градусов Цельсия, при этом реакция прошла с выходов 80 процентов. Определите объемные доли веществ в полученной смеси и плотность смеси по воздуху.

Посылки задачи:

"вещество(a, b)"

"смесь($b, \{c, d\}$)"

"химсостав(c, SO_2)"

"химсостав(d, O_2)"

"молярндоля(c, b)/молярндоля(d, b) = 2"

"Химреакция($r, \{a\}, C$)"

"практиквход(r) = 0.8"

"Период(r) = [t, p]"

"температура(a, t) = 400градус"

" D = Смесь(C)"

"вещество(D, e)"

"температура(D, p) = температура(a, t)"

Условия задачи:

" x = плотность(e)/плотность(воздух)"

"Составсмеси(D, y)"

Неизвестные задачи - x, y

2.4.2 Приемы решателя, связанные с газовыми законами

Напоминаем, что здесь приводится лишь вторая часть таких приемов. Первая часть была указана в аналогичном разделе приемов решателя по элементарной физике. В данном разделе нам будет удобнее отступить от стандартного принципа распределения приемов "по логическим символам".

Уравнение Клапейрона - Менделеева

\forall_{abt} (вещество(a, b) & газ(b) \rightarrow давление(a, t)Объем(a, t) = газконст \cdot количества(a, b)абтемпература(a, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Объем(a, t)" посылки задачи на исследование, не связанного внешним квантором или описателем. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "нормусловия(a, t)". Отсутствует посылка вида "Химреакция(r, A, B)", такая, что либо a является ее подвыражением, либо в нее входит переменная x , для которой имеется посылка " $a \in x$ ". Отсутствует посылка вида " $d = a \cup e$ ", такая, что выражение вида "давление(d, u)" встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2. Созданы также вторая и третья версии приема. Вторая версия срабатывает на уровне 2. Как и выше, требуется отсутствие посылки "нормусловия(a, t)". При этом должна иметься посылка вида "давление(a, t) = c ", где выражение c не содержит символа "давление". Должна иметься посылка вида "Химреакция(r, A, B)", такая, что либо a является ее подвыражением, либо в нее входит переменная x , для которой имеется посылка " $a \in x$ ". Хотя бы одно из выражений "температура(a, t)" и "абтемпература(a, t)" должно присутствовать в задаче. Наконец, требуется отсутствие комментария (Объем химреакция a). Такой комментарий вводится приемом, указывающим, что отношения объемов газообразных реагентов равно отношению коэффициентов уравнения реакции. Тогда использование уравнения Клапейрона-Менделеева может оказаться избыточным. Третья версия срабатывает на уровне 5. Указатель "контрольвывода" в ней относится к подвыражению

"давление(a, t)". Условия на отсутствие посылок "нормусловия" и "Химреакция" - те же, что и выше. Дополнительно требуется отсутствие посылки вида "атмосфера(a)".

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{Газ}(a, t) \rightarrow \text{давление}(a, t) \cdot \text{Объем}(a, t) = \text{газконст} \cdot \text{количества}(a, b) \cdot \text{абтемпература}(a, t))$$

Созданы пять версий приема. Первая версия полностью аналогична первой версии предыдущего приема. Вторая версия срабатывает на уровне 2, а в остальном аналогична третьей версии предыдущего приема. Третья версия срабатывает на уровне 5, а в остальном аналогична второй версии предыдущего приема. Четвертая версия срабатывает на уровне 5. Указатель "контрольвывода" в ней относится к подвыражению "давление(a, t)". Отсутствует посылка вида "нормусловия(a, t)", но имеется посылка вида "Химреакция(r, A, B)", такая, что либо a является ее подвыражением, либо в нее входит переменная x , для которой имеется посылка " $a \in x$ ". Отсутствует комментарий (Объем химреакция a). Пятая версия отличается от четвертой лишь тем, что вместо отсутствия указанного комментария в ней требуется, чтобы выражение "давление(a, t)" имело тип "неизв".

Связь объема газа и количества вещества при нормальных условиях

$$\forall_{abt}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{нормусловия}(a, t) \rightarrow \text{Объем}(a, t) = 22.4 \cdot \text{количества}(a, b) \cdot \text{л/моль})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "количества(a, b)" в посылке задачи на исследование. Первый и третий antecedentes идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что указатель "контрольвывода" в ней относится к подвыражению "Объем(a, t)".

Выражение плотности газа при нормальных условиях через молярную массу

$$\forall_{Aat}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \text{нормусловия}(A, t) \rightarrow \text{Плотность}(A, t) = \text{молярнмасса}(a) / \text{молярнобъемгаза})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Плотность(A, t)" в посылке задачи на исследование. Первый и третий antecedentes идентифицируются с посылками, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

Связь молярной массы смеси газов с отношением плотностей и молярной массой элемента смеси

$$\forall_{abc}(\text{газ}(a) \ \& \ \text{смесь}(a, \{b; c\}) \rightarrow \text{молярнмасса}(a) \cdot \text{плотность}(b) = \text{молярнмасса}(b) \cdot \text{плотность}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "молярнмасса(a)" в посылке задачи на исследование. Первый antecedent обрабатывается проверочным оператором, второй - идентифицируется с посылкой. Выражения "плотность(a)", "плотность(b)" уже встречаются в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

Равенство объемной и молярной долей для смеси газов

$$\forall_{abc}(\text{газ}(a) \ \& \ \text{смесь}(a, \{b; c\}) \rightarrow \text{Содержание}(b, a) = \text{молярнодоля}(b, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "молярномасса(b, a)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Второй антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение "Содержание(b, a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abp}(\text{газ}(a) \ \& \ p = \text{Содержание}(b, a) \rightarrow \text{молярнодоля}(b, a) = p)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Вторым антецедентом идентифицируется с посылкой задачи на исследование, первый - обрабатывается проверочным оператором. Выражение p не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 4.

Величина молярного объема газа

$$\forall_{abt}(\text{газ}(b) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \rightarrow \text{молярнообъем}(a, t) = \text{газконст} \cdot \text{абстемпература}(a, t) / \text{давление}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "молярнообъем(a, t)" в посылке задачи на исследование. Вторым антецедентом идентифицируется с посылкой, первый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

Равенство температур и давлений составляющих газовой смеси

$$\forall_{ABnt}(A = \text{Смесь}(\{; B\}) \ \& \ l(B) = n \rightarrow \forall_i(i \in \{2, \dots, n\} \rightarrow \text{температура}(B(i), t) = \text{температура}(B(1), t)) \ \& \ \forall_i(i \in \{2, \dots, n\} \rightarrow \text{давление}(B(i), t) = \text{давление}(B(1), t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Объем(b, t)" в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение b является подвыражением выражения B . Имеется посылка вида "вещество(b, c)", причем усматривается, что c - газ. Отсутствует посылка вида "нормусловия(b, t)". Кванторы общности в выводимом утверждении выписываются как конъюнкции. Уровень срабатывания равен 2.

Отношение объемных долей в смеси газов

$$\forall_{ABCSabs}(S = \text{Смесь}(\{A, B; C\}) \ \& \ \text{вещество}(S, s) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{газ}(s) \rightarrow \text{количества}(S, b) \text{Содержание}(a, s) = \text{количества}(S, a) \text{Содержание}(b, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Содержание(a, s)" в посылке задачи на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, пятый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 6.

Нормальные условия для смеси газов

$$\forall_{abst}(s = \text{Смесь}(\{a; b\}) \ \& \ \text{нормусловия}(s, t) \rightarrow \text{нормусловия}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом. Уровни срабатывания равны 1 и 3.

$$\forall_{abt}(\text{нормусловия}(\text{химобъединение}(a, b), t) \rightarrow \text{нормусловия}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровни срабатывания равны 1 и 3.

Равенство объемов одной и той же газообразной субстанции при равенстве температур и давлений

$$\forall_{apt}(\text{температура}(a, t) = \text{температура}(a, p) \ \& \ \text{давление}(a, t) = \text{давление}(a, p) \rightarrow \text{Объем}(a, t) = \text{Объем}(a, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Объем(a, t)" в посылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Объем(a, p)". Выражения p, t различны. Антецеденты выделены указателем "равно", т.е. каждый из них идентифицируется с одной либо двумя посылками. Уровень срабатывания равен 3.

Равенство объемов газообразных составляющих при равенстве областей реакций и составов смесей

$$\forall_{ABCDEFabrs}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \ \& \ \text{Химреакция}(s, \{D, E\}, F) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{вещество}(D, a) \ \& \ \text{вещество}(E, b) \ \& \ \text{газ}(a) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{равнсоставы}(\{A, B\}, \{D, E\}) \ \& \ \text{облреакции}(r) = \text{облреакции}(s) \rightarrow \text{Объем}(A, \text{Период}(r)) = \text{Объем}(D, \text{Период}(s)) \ \& \ \text{Объем}(B, \text{Период}(r)) = \text{Объем}(E, \text{Период}(s)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме седьмого и восьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 5.

Усмотрение газообразного состояния вещества

Создан единственный прием - про воду:

$$\forall_{abt}(\text{химсостав}(b, H_2O) \ \& \ \text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{температура}(a, t) = m \ \& \ 0 < m - 100\text{градус} \rightarrow \text{Газ}(a, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем. Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

Соотношение для парциальных давлений

$\forall_{ABCDEst}(B = \text{Смесь}(\{A; D\}) \ \& \ C = \text{Смесь}(\{A; E\}) \rightarrow$
 парцдавление(A, B, t)Объем(B, t)абстемпература(C, s) =
 парцдавление(A, C, s)Объем(C, s)абстемпература(B, t))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "парцдавление(A, B, t)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послылки "Объем(C, s)". Выражения s, t различны. Антецеденты идентифицируются с послылками. Выражение "Объем(B, t)" уже встречается в задаче. Кроме того, в задаче встречается хотя бы одно из выражений "температура(C, s)", "абстемпература(C, s)" и хотя бы одно из выражений "температура(B, t)", "абстемпература(B, t)". Уровень срабатывания равен 2.

Объем смеси продуктов реакции

$\forall_{abt}(\text{Объем}(\text{химобъединение}(a, b), t) = \text{Объем}(a, t) + \text{Объем}(b, t))$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 3.

Отношение объемов газов при равных условиях равно отношению количеств веществ

$\forall_{abcdmpqst}(\text{вещество}(a, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{газ}(d) \ \& \ \text{температура}(a, t) = \text{температура}(c, s) \ \& \ \text{давление}(a, t) = \text{давление}(c, s) \ \& \ \text{количества}(a, b) = p \ \& \ \text{количества}(c, d) = q \ \& \ m = p/q \rightarrow$
 $\text{Объем}(a, t)/\text{Объем}(c, s) = m)$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Объем(a, t)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения послылки "Объем(c, s)", где выражения a, c различны. Второй, четвертый и девятый антецеденты выделены указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с послылками, причем пятый и шестой выделены указателем "равно". Выражение m не содержит невырожденных числовых атомов. Уровень срабатывания равен 6.

2.5 Строение атома**2.5.1 Логические символы, используемые решателем при рассмотрении строения атома**

Логические символы "электрон", "нейтрон", "протон", "альфачастица" обозначают типы элементарных частиц.

Утверждение "элчастица(a, b)" означает, что a есть элементарная частица типа b .

Выражение "массовоечисло(a)" обозначает число нуклонов в ядре атома a .

Утверждение "изотоп(a, b, c)" означает, что a есть изотоп (атом) химического элемента b , имеющий массовое число c .

Выражение "Изотоп(a, b)" обозначает абстрактный изотоп химического элемента a , имеющий массовое число b .

Выражение "числопротонов(a)" обозначает число протонов в ядре атома a .

Выражение "числонейтронов(a)" обозначает число нейтронов в ядре атома a .

Выражение "числэлектронов(a)" обозначает число электронов в атоме a .

Выражение "атомныйномер(a)" обозначает атомный номер химического элемента a .

Утверждение "электрконфиг(a, b)" означает, что b есть электронная конфигурация абстрактного атома a . Представляет собой отображение, определенное на парах (номер энергетического уровня - орбитальное число) и принимающее в качестве значения ненулевое количество электронов, находящихся на орбиталях соответствующего типа. Те пары, где значение нулевое, из области определения отбрасываются (ниже действует такое же соглашение).

Утверждение "электрпары(a, b)" означает, что b есть характеристика множества электронных пар абстрактного атома a . Представляет собой отображение, определенное на парах (номер энергетического уровня - орбитальное число) и принимающее в качестве значения ненулевое количество орбиталей соответствующего типа, занятых электронными парами.

Утверждение "неспарэлектр(a, b)" означает, что b есть характеристика неспаренных электронов абстрактного атома a . Представляет собой отображение, определенное на парах (номер энергетического уровня - орбитальное число) и принимающее в качестве значения ненулевое количество неспаренных электронов на орбиталях соответствующего типа.

Утверждение "Электрконфиг(a, b, c)" означает, что c есть фрагмент электронной конфигурации, начинающийся с орбитали типа a и обеспечивающий размещение b электронов. a - пара (номер энергетического уровня - орбитальное число).

Утверждение "валентнэлектр(a, b, c)" означает, что b есть номер максимального энергетического уровня абстрактного атома a , c - характеристика валентных электронов этого атома. Представляет собой отображение, определенное на орбитальных числах и принимающее в качестве значения количество валентных электронов на орбиталях соответствующего типа.

Выражение "ион(a, b)" обозначает ион атома химического элемента a либо молекулы химического вещества a , имеющий заряд в b э.з. (напомним, что э.з. - единица измерения электрического заряда, равная модулю заряда электрона).

Выражение "химгруппа(a)" обозначает номер группы, к которой относится химический элемент a .

Выражение "химпериод(a)" обозначает номер периода химического элемента a .

Выражение "химподгруппа(a)" обозначает указатель подгруппы химического элемента a : 0 - главная, 1 - побочная подгруппа.

Утверждение "ядернаяреакция(a, b, c)" означает, что a есть ядерная реакция с множеством реагентов b и множеством продуктов c . Элементами этих множеств являются пары (A, K) , где A - абстрактные изотоп либо элементарная частица, K - коэффициент.

Утверждение "Ядерная реакция(a, b, c)" означает, что a есть ядерная реакция, протекающая с множеством реагентов (тел) b на протяжении временного промежутка c .

Утверждение "альфараспад(a)" означает, что a есть ядерная реакция альфа - распада.

Утверждение "бетараспад(a)" означает, что a есть ядерная реакция бета - распада.

Выражение "полураспад(a, b)" обозначает период полураспада реагента (вещества) a в ядерной реакции b .

2.5.2 Примеры формулировки задач, связанных со строением атома, на языке решателя

1. Напишите уравнение альфа-распада нуклида урана - 238.

Посылки задачи:

"ядерная реакция($a, \{(\text{Изотоп(уран, 238), 1}\}, m)$)"

"альфараспад(a)"

Условия задачи:

" $x = m$ "

Неизвестная задачи - x .

2. Напишите электронную конфигурацию атома хлора. Сколько энергетических уровней заполнено электронами в этом атоме ? Сколько валентных электронов имеет атом хлора в основном состоянии ?

Посылки задачи:

"электрконфиг(хлор, a)"

"валентнэлектр(хлор, b, c)"

Условия задачи:

" $x = a$ "

" $y = b$ "

" $z = c$ "

Неизвестные задачи - x, y, z .

3. Определите состав изотопа калий-39.

Посылки задачи:

"изотоп(a , калий, 39)"

Условия задачи:

" $x = \text{числопротонов}(a)$ "

" $y = \text{числонейтронов}(a)$ "

" $z = \text{числоэлектронов}(a)$ "

Неизвестные задачи - x, y, z .

4. Атом металла X имеет электронную конфигурацию $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$. Определите формулу оксида, гидроксида и сульфата этого элемента.

Посылки задачи:

"химэлемент(a)"

"электрконфиг(a , таблица($\{(1, 0) \rightarrow 2, (2, 0) \rightarrow 2, (2, 1) \rightarrow 6, (3, 0) \rightarrow 2\}$))"

"высшийоксид(b, a)"

"гидроксид(c, a)"

"сульфат(d, a)"

Условия задачи:

"химсостав(b, x)"

"химсостав(c, y)"

"химсостав(d, z)"

Неизвестные задачи - x, y, z .

5. Нуклид ^{14}C испытывает β -распад с периодом полураспада 5760 лет. Напишите уравнение распада. За какое время распадается 75% от исходной массы углерода-14 ?

Посылки задачи:

"Ядернаяреакция($r, \{a\}, T$)"

"вещество(a , Изотоп(углерод,14))"

"бетараспад(r)"

" $T = [t, \infty)$ "

"полураспад(r) = 5760 год"

"(Масса(a, t) - Масса($a, t + s$))/Масса(a, t) = 0.75"

" $0 \leq s$ "

Условие задачи:

" $x = s$ "

Неизвестная задачи - x .

2.5.3 Приемы, используемые решателем в связи со строением атома

Приемы, связанные с символом "атомныйномер"

1. Использование справочника "атомныйномер" для определения атомного номера.

$$\forall_{an}(\text{атомныйномер}(a) = n \rightarrow \text{атомныйномер}(a) = n)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Переменная a идентифицируется с логическим символом. Антецедент обрабатывается справочником "атомныйномер", который будет описан ниже. Уровень срабатывания равен 1.

2. Использование справочника "опрэлемент" для определения атомного номера.

$$\forall_{an}(\text{атомныйномер}(a) = n \ \& \ \text{атомныйномер}(b) = n \rightarrow a = b)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с ссылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается справочником "опрэлемент", находящим химический элемент по его атомному номеру. Выражение a содержит неизвестные; переменная n идентифицируется с натуральной константой.

3. Справочник "атомныйномер".

Справочник определяет атомный номер химического элемента по его названию. Теоремы приемов справочника имеют вид "атомныйномер(x) = n ". Пока они созданы для следующих химических элементов: "водород", "гелий", "литий", "углерод", "азот", "кислород", "фтор", "неон", "натрий", "магний", "алюминий", "фосфор", "сера", "хлор", "аргон", "калий", "кальций", "марганец", "железо", "никель", "медь", "цинк", "селен", "бром", "свинец", "висмут", "торий", "уран", "калифорний", "дубний", "бериллий", "плутоний", "эйнштейний", "бор", "нептуний", "радий", "актиний", "барий", "кобальт", "хром", "серебро", "кремний".

4. Справочник "опрэлемент".

Справочник определяет название химического элемента по его атомному номеру. Теоремы приемов справочника имеют такой же вид, как у справочника "атомныйномер". Пока они созданы для следующих элементов: "водород", "гелий", "литий", "бериллий", "углерод", "азот", "кислород", "фтор", "неон", "натрий", "магний", "алюминий", "фосфор", "сера", "свинец", "висмут", "торий", "дубний", "калифорний", "плутоний", "эйнштейний", "бор", "нептуний", "уран", "радий", "актиний", "кобальт".

Приемы, связанные с символом "числопротонов"

Создан единственный прием, определяющий число протонов по атомному номеру:

$$\forall_{abmn}(\text{атомныйномер}(b) = n \ \& \ \text{изотоп}(a, b, m) \rightarrow \text{числопротонов}(a) = n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "числопротонов(a)" в ссылке задачи на исследование. Второй антецедент идентифицируется с ссылкой, первый - обрабатывается справочником "атомныйномер". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "число нейтронов"

Создан единственный прием, определяющий число нейтронов по атомному номеру и массовому числу:

$$\forall_{abmn}(\text{атомныйномер}(b) = n \ \& \ \text{изотоп}(a, b, m) \rightarrow \text{число нейтронов}(a) = m - n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "число нейтронов(a)" в послылке задачи на исследование. Второй антецедент идентифицируется с послылкой, первый - обрабатывается справочником "атомныйномер". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "число электронов"

Создан единственный прием, определяющий число электронов по атомному номеру:

$$\forall_{abmn}(\text{атомныйномер}(b) = n \ \& \ \text{изотоп}(a, b, m) \rightarrow \text{число протонов}(a) = n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "число электронов(a)" в послылке задачи на исследование. Второй антецедент идентифицируется с послылкой, первый - обрабатывается справочником "атомныйномер". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символами "ядерная реакция", "Ядерная реакция"

1. Сохранение массы.

$$\forall_{abcdemn}(\text{ядерная реакция}(a, \{\lambda_i((b(i), c(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}, \{\lambda_j((d(j), e(j)), j \in \{1, \dots, n\})\}) \rightarrow \sum_{i=1}^m c(i) \text{массовое число}(b(i)) = \sum_{j=1}^n e(j) \text{массовое число}(d(j)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с послылкой задачи на исследование. Указатели "развертка" определяют идентификацию описателей "отображение" с конечными наборами и выписывание конечных сумм как обычных. Переменные b, c, d, e функциональные. Отсутствуют послылки "альфараспад(a)", "бетараспад(a)". Выводимое равенство содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

2. Сохранение заряда.

$$\forall_{abcdemn}(\text{ядерная реакция}(a, \{\lambda_i((b(i), c(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}, \{\lambda_j((d(j), e(j)), j \in \{1, \dots, n\})\}) \rightarrow \sum_{i=1}^m c(i) \text{элзаряд}(b(i)) = \sum_{j=1}^n e(j) \text{элзаряд}(d(j)))$$

Аналогично предыдущему.

3. Изменение массы при распаде.

$$\forall_{Takprst}(\text{Ядерная реакция}(r, \{a\}, T) \ \& \ T = [t, s] \ \& \ \text{полураспад}(r) = k \ \& \ p \in T \rightarrow \text{Масса}(a, p) = \text{Масса}(a, t) 2^{(t-p)/k})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Масса(a, p)" в послылке задачи на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с послылками, четвертый - обрабатывается проверочным оператором. Выражения p, t различны. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "альфараспад"

Созданы всего два приема, определяющие продукты реакции:

\forall_{abckmn} (ядернаяреакция(a , {(Изотоп(b , n), 1)}, { m , Изотоп(гелий, 4), 1}) & альфараспад(a) & атомныйномер(b) = k & атомныйномер(c) = $k - 2 \rightarrow m = (\text{Изотоп}(\mathit{c}, \mathit{n} - 4), 1)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - обрабатываются справочниками. Хотя бы одно из выражений m, n содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{abckmn} (ядернаяреакция(a , {(Изотоп(b , n), 1)}, m) & альфараспад(a) & атомныйномер(b) = k & атомныйномер(c) = $k - 2 \rightarrow m = \{(\text{Изотоп}(\mathit{c}, \mathit{n} - 4), 1), (\text{Изотоп}(\text{гелий}, 4), 1)\}$)

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "бетараспад"

Созданы всего два приема, определяющие продукты реакции:

\forall_{abckmn} (ядернаяреакция(a , {(Изотоп(b , n), 1)}, { m , (электрон, 1)}) & бетараспад(a) & атомныйномер(b) = k & атомныйномер(c) = $k + 1 \rightarrow m = (\text{Изотоп}(\mathit{c}, \mathit{n}), 1)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - обрабатываются справочниками. Хотя бы одно из выражений m, n содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{abckmn} (ядернаяреакция(a , {(Изотоп(b , n), 1)}, m) & бетараспад(a) & атомныйномер(b) = k & атомныйномер(c) = $k + 1 \rightarrow m = \{(\text{Изотоп}(\mathit{c}, \mathit{n}), 1), (\text{электрон}, 1)\}$)

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "массовоечисло"

1. Протон.

массовоечисло(протон) = 1.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

2. Нейтрон.

массовоечисло(нейтрон) = 1.

Аналогично предыдущему.

3. Электрон.

массовоечисло(электрон) = 1.

Аналогично предыдущему.

4. Изотоп.

$$\forall_{ab}(\text{массовоечисло}(\text{Изотоп}(a, b)) = b)$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символами "электрконфиг", "Электрконфиг"

1. Определение электронной конфигурации атома элемента с помощью синтезатора "электрконфиг".

$$\forall_{abnx}(\text{электрконфиг}(a, b) \ \& \ \text{атомныйномер}(a) = n \ \& \ \text{Электрконфиг}((1, 0), n, x) \rightarrow b = x)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается справочником. Третий антецедент обрабатывается пакетным синтезатором "Электрконфиг", который будет описан ниже. Переменная a идентифицируется с логическим символом, выражение b содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

2. Определение атомного номера элемента по электронной конфигурации.

$$\forall_{nprqx}(\text{электрконфиг}(x, \text{таблица}(\{\lambda_i((p(i), q(i)) \rightarrow r(i), i \in \{1, \dots, n\})\})) \ \& \ \text{химэлемент}(x) \rightarrow \text{атомныйномер}(x) = \sum_{i=1}^n r(i))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Описатель "отображение" идентифицируется с конечным набором, конечная сумма выписывается как обычная. Выражение x содержит неизвестные, выражение "таблица(...)" - не содержит. Уровень срабатывания равен 2.

3. Пакетный синтезатор "Электрконфиг".

Синтезатор реализует утверждение "Электрконфиг(a, b, c)". Здесь c - фрагмент электронной конфигурации, начинающийся с орбитали типа a и обеспечивающий размещение b электронов. В качестве a выступает пара (номер энергетического уровня - орбитальное число). Входными данными служат a, b , выходным данным - c . Все приемы синтезатора срабатывают на уровне 1.

- (a) Первая группа орбиталей.

$$\forall_n(n \leq 2 \rightarrow \text{Электрконфиг}((1, 0), n, (1, 0) \rightarrow n))$$

Переменная n идентифицируется с натуральной константой, антецедент обрабатывается проверочным оператором.

$$\forall_{nx}(2 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((2, 0), n - 2, x) \rightarrow \text{Электрконфиг}((1, 0), n, \text{таблица}(\{x, (1, 0) \rightarrow 2\})))$$

Переменная n идентифицируется с натуральной константой. Первый антецедент выделен указателем "программа", второй - реализует рекурсивное обращение к синтезатору.

Для групп орбиталей с последующими номерами созданы аналогичные пары приемов:

- (b) Вторая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 2 \rightarrow \text{Электрконфиг}((2, 0), n, (2, 0) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(2 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((2, 1), n - 2, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((2, 0), n, \text{таблица}(\{x, (2, 0) \rightarrow 2\})))$
- (c) Третья группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 6 \rightarrow \text{Электрконфиг}((2, 1), n, (2, 1) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(6 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((3, 0), n - 6, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((2, 1), n, \text{таблица}(\{x, (2, 1) \rightarrow 6\})))$
- (d) Четвертая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 2 \rightarrow \text{Электрконфиг}((3, 0), n, (3, 0) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(2 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((3, 1), n - 2, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((3, 0), n, \text{таблица}(\{x, (3, 0) \rightarrow 2\})))$
- (e) Пятая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 6 \rightarrow \text{Электрконфиг}((3, 1), n, (3, 1) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(6 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((4, 0), n - 6, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((3, 1), n, \text{таблица}(\{x, (3, 1) \rightarrow 6\})))$
- (f) Шестая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 2 \rightarrow \text{Электрконфиг}((4, 0), n, (4, 0) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(2 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((3, 2), n - 2, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((4, 0), n, \text{таблица}(\{x, (4, 0) \rightarrow 2\})))$
- (g) Седьмая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 10 \rightarrow \text{Электрконфиг}((3, 2), n, (3, 2) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(10 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((4, 1), n - 10, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((3, 2), n, \text{таблица}(\{x, (3, 2) \rightarrow 10\})))$
- (h) Восьмая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 6 \rightarrow \text{Электрконфиг}((4, 1), n, (4, 1) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(6 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((5, 0), n - 6, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((4, 1), n, \text{таблица}(\{x, (4, 1) \rightarrow 6\})))$
- (i) Девятая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 2 \rightarrow \text{Электрконфиг}((5, 0), n, (5, 0) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(2 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((4, 2), n - 2, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((5, 0), n, \text{таблица}(\{x, (5, 0) \rightarrow 2\})))$
- (j) Десятая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 10 \rightarrow \text{Электрконфиг}((4, 2), n, (4, 2) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(10 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((5, 1), n - 10, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((4, 2), n, \text{таблица}(\{x, (4, 2) \rightarrow 10\})))$
- (k) Одиннадцатая группа орбиталей.
 $\forall_n(n \leq 6 \rightarrow \text{Электрконфиг}((5, 1), n, (5, 1) \rightarrow n))$
 $\forall_{nx}(6 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((6, 0), n - 6, x) \rightarrow$
 $\text{Электрконфиг}((5, 1), n, \text{таблица}(\{x, (5, 1) \rightarrow 6\})))$

(l) Двенадцатая группа орбиталей.

$$\forall_n (n \leq 2 \rightarrow \text{Электрконфиг}((6, 0), n, (6, 0) \rightarrow n))$$

$$\forall_{nx} (2 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((4, 3), n - 2, x) \rightarrow \\ \text{Электрконфиг}((6, 0), n, \text{таблица}(\{x, (6, 0) \rightarrow 2\})))$$

(m) Тринадцатая группа орбиталей.

$$\forall_n (n \leq 12 \rightarrow \text{Электрконфиг}((4, 3), n, (4, 3) \rightarrow n))$$

$$\forall_{nx} (12 < n \ \& \ \text{Электрконфиг}((5, 2), n - 12, x) \rightarrow \\ \text{Электрконфиг}((4, 3), n, \text{таблица}(\{x, (4, 3) \rightarrow 12\})))$$

(n) Четырнадцатая группа орбиталей.

$$\forall_n (n \leq 10 \rightarrow \text{Электрконфиг}((5, 2), n, (5, 2) \rightarrow n))$$

Приемы, связанные с символом "электрпары"

Создан прием для определения числа электронных пар по электронной конфигурации.

$$\forall_{abnpqr} (\text{электрконфиг}(a, \text{таблица}(\{\lambda_i((p(i), q(i)) \rightarrow r(i), i \in \{1, \dots, n\})\})) \ \& \\ \text{электрпары}(a, b) \rightarrow b = \text{таблица}(\{\lambda_i((p(i), q(i)) \rightarrow (0 \text{ при } r(i) \leq 2q(i) + 1, \text{ иначе } \\ r(i) - 2q(i) - 1), i \in \{1, \dots, n\})\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Описатель "отображение" идентифицируется с набором и выписывается в виде набора. Переменные p, q, r функциональные. Выражение b содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "неспарэлектр"

Создан прием для определения числа неспаренных электронов.

$$\forall_{abnpqr} (\text{электрконфиг}(a, \text{таблица}(\{\lambda_i((p(i), q(i)) \rightarrow r(i), i \in \{1, \dots, n\})\})) \ \& \\ \text{неспарэлектр}(a, b) \rightarrow b = \text{таблица}(\{\lambda_i((p(i), q(i)) \rightarrow (r(i) \text{ при } r(i) \leq 2q(i) + 1, \text{ иначе } \\ 4q(i) + 2 - r(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "валентнэлектр"

1. Определение максимального энергетического уровня и характеристики валентных электронов.

$$\forall_{Aabcdemmn} (\text{электрконфиг}(A, \text{таблица}(\{\lambda_i((a(i), b(i)) \rightarrow c(i), i \in \{1, \dots, n\})\})) \ \& \\ \text{валентнэлектр}(A, d, e) \ \& \ m = \sup\{\lambda_i(a(i), i \in \{1, \dots, n\})\} \rightarrow d = m \ \& \\ e = \text{таблица}(\{\lambda_i(b(i) \rightarrow c(i), i \in \{1, \dots, n\}) \ \& \ a(i) = m\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "идентификатор". Описатель "отображение" идентифицируется с набором и выписывается в виде набора. Переменные a, b, c функциональные. Переменная m идентифицируется с десятичной константой. Уровень срабатывания равен 3.

2. Ввод в рассмотрение электронной конфигурации атома.

$$\forall_{Abcd}(\text{валентн\texttt{электр}}(A, b, c) \rightarrow \text{электрконфиг}(A, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Переменная A идентифицируется с логическим символом. Отсутствует посылка вида "электрконфиг(A, x)". Прием вводит в рассмотрение новую переменную d . Уровень срабатывания равен 2.

3. Ввод в рассмотрение электронной конфигурации атома неизвестного элемента при заданном максимальном энергетическом уровне.

$$\forall_{abcnx}(\text{валентн\texttt{электр}}(a, n, b) \ \& \ \text{электрконфиг}(a, c) \rightarrow \\ c = \text{таблица}(\bigcup_{i=1}^m \{ \lambda_j((i, j) \rightarrow (4j+2 \text{ при } i < n, \text{ иначе } b(j)), j \in \{0, \dots, i-1\}) \}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная n идентифицируется с натуральной константой, переменная c - с переменной. Выражение a содержит неизвестные. Описатель "отображение" выписывается в виде набора, конечное объединение - как обычное. Отсутствует посылка вида " $c = \text{таблица}(x)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

4. Ввод в рассмотрение характеристики валентных электронов неизвестного элемента.

$$\forall_{abnx}(\text{валентн\texttt{электр}}(a, n, b) \rightarrow \\ b = \text{таблица}(\{ \lambda_i(i \rightarrow x(i+1), i \in \{0, \dots, n-1\}) \}) \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow x(i) - \text{число}) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow 0 \leq x(i)) \ \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow x(i) \leq 4i - 2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Переменная n идентифицируется с натуральной константой. Выражение a содержит неизвестные. Выражение b не имеет заголовка "таблица". Описатель "отображение" выписывается в виде конечного набора, кванторы общности - в виде конъюнкции. Отсутствует посылка вида " $b = \text{таблица}(d)$ ". Прием вводит набор x новых переменных, имеющий длину n , регистрируя их в качестве неизвестных. Уровень срабатывания равен 1.

5. Разбор случаев для числа электронов на последовательных орбиталях.

$$\forall_{abcden}(i \in \{0, \dots, n-1\} \ \& \ d = \{i \rightarrow b, i+1 \rightarrow c; e\} \ \& \\ \text{валентн\texttt{электр}}(a, n, \text{таблица}(d)) \rightarrow c = 0 \vee b = 4i + 2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Третий антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Первый антецедент выделен указателем "программа" и перечисляет целочисленные значения i . Второй антецедент выделен указателем "идентификатор". Переменная n идентифицируется с натуральной константой, переменная c - с неизвестной. Выражение a содержит неизвестные. Выводимое утверждение сопровождается комментарием "разборслучаев". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "ион"

Создан прием для определения электронной конфигурации иона атома элемента с помощью синтезатора "Электрконфиг":

$$\forall_{abmnx}(\text{Электрконфиг}(\text{ион}(a, m), b) \ \& \ \text{атомныйномер}(a) = n \ \& \ \text{Электрконфиг}((1, 0), n - m, x) \rightarrow b = x)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается справочником, третий - пакетным синтезатором "Электрконфиг". Переменная a идентифицируется с логическим символом, выражение b содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "химгруппа"

1. Определение номера химической группы с помощью нормализатора "нормхимгруппа".

$$\forall_{ab}(\text{химгруппа}(a) = b \rightarrow \text{химгруппа}(a) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "нормхимгруппа", который описывается ниже. Переменные a, b идентифицируются с логическими символами. Уровень срабатывания равен 0.

2. Нормализатор общей стандартизации "нормхимгруппа".

- (a) Использование электронной конфигурации.

$$\forall_{abcdekmp}(\text{атомныйномер}(a) = k \ \& \ \text{Электрконфиг}((1, 0), k, b) \ \& \ b = \text{таблица}(\{\lambda_i((c(i), d(i)) \rightarrow e(i), i \in \{1, \dots, n\})\}) \ \& \ m = \sup\{\lambda_i(c(i), i \in \{1, \dots, n\})\} \ \& \ p = \sum_{i=1}^n (e(i) \text{ при } c(i) = m, \text{ иначе } 0) \rightarrow \text{химгруппа}(a) = p)$$

Первый антецедент обрабатывается справочником, второй - пакетным синтезатором. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Описатель "отображение" идентифицируется и выписывается как конечный набор. Конечная сумма выписывается как обычная. Переменные c, d, e функциональные. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Использование значения из посылок.

$$\forall_{ab}(\text{химгруппа}(a) = b \rightarrow \text{химгруппа}(a) = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение b не содержит символа "химгруппа". Уровень срабатывания равен 2.

- (c) Щелочной металл.

$$\forall_a(\text{щелочнметалл}(a) \rightarrow \text{химгруппа}(a) = 1)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "химпериод"

1. Определение номера химического периода с помощью нормализатора "нормхимпериод".

$$\forall_{ab}(\text{химпериод}(a) = b \rightarrow \text{химпериод}(a) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализатором "нормхимпериод", который описывается ниже. Переменная a идентифицируется с логическим символом, переменная b - с константным выражением. Уровень срабатывания равен 0.

2. Нормализатор общей стандартизации "нормхимпериод".

- (a) Использование электронной конфигурации.

$$\forall_{abcdek mn}(\text{атомныйномер}(a) = k \ \& \ \text{Электрконфиг}((1, 0), k, b) \ \& \ b = \text{таблица}(\{\lambda_i((c(i), d(i)) \rightarrow e(i), i \in \{1, \dots, n\})\}) \ \& \ m = \sup\{\lambda_i(c(i), i \in \{1, \dots, n\})\} \rightarrow \text{химпериод}(a) = m)$$

Первый антецедент обрабатывается справочником, второй - пакетным синтезатором. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Описатель "отображение" идентифицируется и выписывается как конечный набор. Переменные c, d, e функциональные. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Использование значения из посылки.

$$\forall_{ab}(\text{химпериод}(a) = b \rightarrow \text{химпериод}(a) = b)$$

Антецедент идентифицируется с посылкой. Выражение b не содержит символа "химпериод". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "химподгруппа"

Создан справочник "химподгруппа". Теоремы его приемов имеют вид "химподгруппа(a) = b ". Здесь b - 0 для главной подгруппы и 1 для побочной. Пока в справочнике имеются приемы для элементов "водород", "гелий", "литий", "натрий", "калий", "бериллий", "магний", "кальций", "барий", "алюминий", "углерод", "свинец", "олово".

Массы элементарных частиц

$$\forall_a(\text{элчастица}(a, \text{протон}) \rightarrow \text{масса}(a) = \text{а.е.м.})$$

$$\forall_a(\text{элчастица}(a, \text{альфачастица}) \rightarrow \text{масса}(a) = 4\text{а.е.м.})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 3.

2.6 Химические реакции

2.6.1 Логические символы, используемые решателем в связи с химическими реакциями

Утверждение "Химреакция(a, b, c)" означает, что a есть химическая реакция, на вход которой поступает множество b реагентов (тел), а на выходе возникает множество продуктов c (тоже тел). Все не вступившие в реакцию части множества b включаются в c . Химическая реакция рассматривается как конкретный процесс, и для ссылки на его временной промежуток используется обычное обозначение "Период(a)".

Утверждение "химреакция(a, b, c)" задает уравнение химической реакции a . Элементами множества b служат пары (A, K) , где A - молекулярная формула реагента, K - коэффициент. Элементами множества c служат аналогичные пары для продуктов реакции. Формульный редактор прорисовывает данное утверждение в виде "химреакция($a, k_1B_1 + \dots + k_rB_r = q_1C_1 + \dots + q_sC_s$)". В таком же виде оно набирается с клавиатуры. После коэффициента k_i нажимается знак умножения (звездочка). Молекулярная формула B_i вводится точно так же, как в случае утверждения "химсостав(...)", т.е. последовательно вводятся буквенные обозначения химических элементов и их коэффициенты (как индексы - через "курсор вниз"). Между соседними элементами никаких разделителей не нужно. Вместо молекулярной формулы может использоваться переменная, обозначающая структурную формулу. Сама структурная формула, представляющая собой граф с пометками вершин и ребер (пометки ребер - указатели кратности связи), сохраняется в специальных комментариях к посылкам задачи.

Утверждение "химреагенты(a, b)" означает, что a есть химическая реакция с множеством b исходных веществ (не тел).

Утверждение "химреагент(a, b)" означает, что b есть одно из исходных веществ химической реакции a .

Утверждение "химпродукты(a, b)" означает, что b есть множество веществ, возникающих в результате химической реакции a .

Утверждение "химпродукт(a, b)" означает, что b есть одно из веществ, возникающих в результате химической реакции a .

Утверждение "Химпродукт(a, b)" означает, что b есть один из продуктов химической реакции a (тело).

Выражение "Вещества(a)" обозначает множество веществ множества a продуктов химической реакции.

Выражение "списоквеществ(a)" обозначает множество молекулярных формул веществ, участвующих в множестве a пар (формула вещества - коэффициент), используемом в уравнении химической реакции.

Утверждение "точнрасход(a, b)" означает, что реагент a (тело) полностью расходуется в химической реакции b .

Утверждение "точнрасх(a, b)" означает, что вещество a одного из реагентов расходуется в химической реакции b полностью.

Утверждение "химизбыток(a, b)" означает, что реагент a (тело) химической реакции b имеется в избытке.

Утверждение "химпассив(a, b)" означает, что вещество a в химической реакции b не участвует.

Утверждение "Химпассив(a, b)" означает, что вещества a и b при обычных условиях не вступают в химическую реакцию.

Утверждение "химнерагир(a, b, c)" означает, что вещества a и b в химической реакции c между собой не реагируют.

Выражение "химкоэфф(a, b)" обозначает коэффициент при веществе b в уравнении химической реакции a .

Выражение "химостаток(a)" обозначает множество остатков реагентов (тел), не принявших участие в химической реакции a .

Утверждение "Химостаток(a, b, c)" означает, что a есть не прореагировавшая часть реагента b (тела) химической реакции c .

Утверждение "израсход(a, b, c)" означает, что a есть фактически принявшая участие в химической реакции c часть реагента (тела) b .

Выражение "Количества(a, b)" обозначает количество вещества b в том компоненте множества a продуктов либо реагентов химической реакции (тел), который соответствует данному веществу.

Выражение "практвыход(a)" обозначает практический выход химической реакции a - отношение практически полученной массы продукта к массе, рассчитанной по уравнению реакции.

Утверждение "химразложение(a)" означает, что a есть реакция разложения некоторого химического вещества.

Утверждение "химразлаг(a)" означает, что вещество a разлагается при нагревании.

Утверждение "растворение(a)" означает, что a есть химическая реакция растворения, при которой предполагается полное растворение исходного вещества.

Утверждение "нитрование(a)" означает, что a есть реакция нитрования.

Утверждение "эледреакция(a)" означает, что a есть элементарная (или простая) химическая реакция.

Утверждение "мономолекулярная(a)" означает, что a есть мономолекулярная химическая реакция.

Утверждение "бимолекулярная(a)" означает, что a есть бимолекулярная химическая реакция.

Утверждение "тримолекулярная(a)" означает, что a есть тримолекулярная химическая реакция.

Выражение "порядокреакции(a)" обозначает суммарный порядок химической реакции.

Выражение "облреакции(a)" обозначает область, в которой протекает химическая реакция a .

Выражение "скоростьреакции(a)" обозначает среднюю скорость химической реакции a за время ее протекания.

Выражение "Скоростьреакции(a, t)" обозначает скорость химической реакции a в момент t .

Выражение "констскор(a)" обозначает константу скорости химической реакции a .

Выражение "Полураспад(a, b)" обозначает период полураспада химического вещества a при температуре b в его химической реакции разложения.

Утверждение "жидкаячасть(a, b)" означает, что a есть подмножество жидких составляющих в множестве b продуктов (тел) химической реакции.

Утверждение "твердаячасть(a, b)" означает, что a есть подмножество твердых составляющих в множестве b продуктов (тел) химической реакции.

Утверждение "газообрчасть(a, b)" означает, что a есть подмножество газообразных составляющих в множестве b продуктов химической реакции.

Выражение "раствчасть(a, b)" обозначает подмножество множества a продуктов химической реакции, растворимых в жидком веществе b , включая само это вещество.

Выражение "нераствчасть(a, b)" обозначает подмножество множества a продуктов химической реакции, не растворимых в жидком веществе b .

Утверждение "составнреакция(a, b)" означает, что химическая реакция a распадается на множество отдельных химических реакций b .

Выражение "химобъединение(a, b)" обозначает множество попарных объединений тел множеств a и b , имеющих одинаковый химический состав. Используется для описания объединенного продукта нескольких химических реакций. Операция ассоциативна и коммутативна, так что допустимо ее применение к более чем двум операндам.

Выражение "Химобъединение(a)" обозначает результат последовательного применения к элементам конечного семейства a операции "химобъединение".

Утверждение "исхреагент(a, b)" означает, что a есть один из исходных реагентов (тел) химической реакции b . Такая посылка задачи вводится при переходе к новому реагенту, полученному из старого (смеси) отбрасыванием не участвующих в реакции веществ.

Утверждение "концентрир(a, b)" означает, что вещество объекта a химической реакции b аходится в концентрированном состоянии.

Утверждение "разбавлено(a, b)" означает, что вещество объекта a химической реакции b находится в разбавленном состоянии.

Утверждение "разбавленное(a, b)" означает, что реагент a химической реакции b (тело) находится в разбавленном состоянии.

Утверждение "среднконцентр(a, b)" означает, что реагент a химической реакции b (тело) находится в средне-концентрированном растворе.

Утверждение "обратимреакция(a)" означает, что a есть обратимая химическая реакция.

Выражение "констрравновесия(a)" обозначает константу равновесия обратимой химической реакции a .

Утверждение "химнапр(a, b, c)" означает, что воздействие b смещает состояние равновесия в химической реакции a в направлении c . Здесь логический символ "п" означает сдвиг равновесия вправо, символ "л" сдвиг равновесия влево.

Утверждение "окисление(a, b, c, d)" означает, что в химической реакции a элемент b окисляется, причем его степень окисления увеличивается от c до d .

Утверждение "восстановление(a, b, c, d)" означает, что в химической реакции a элемент b восстанавливается, причем его степень окисления увеличивается от c до d .

Утверждение "химизвл(a, b, c, d)" означает, что в химической реакции a продукт d получает атомы элемента b из реагента c .

Утверждение "нормусл(a)" означает, что химическая реакция a протекает при нормальных условиях.

Утверждение "нагревание(a)" означает, что химическая реакция a идет при нагревании.

Выражение "темпер(a)" обозначает температуру химической реакции a .

Утверждение "воздискры(a)" означает, что химическая реакция a происходит под воздействием искры.

Утверждение "катализатор(a, b)" означает, что химическая реакция a происходит в присутствии катализатора b (вещества).

Утверждение "кислсреда(a)" означает, что химическая реакция a протекает в кислой среде.

Утверждение "цепьреакций(a, b, c, d)" означает, что продукт d был получен из реагента a с помощью цепочки химических реакций, в которых дополнительно использовались реагенты множества b , причем c - множество побочных продуктов. Все реагенты и продукты здесь - тела (не вещества).

Утверждение "Цепьреакций(a, b, c)" означает, что a есть множество химических реакций, позволяющих получить вещество c из веществ множества b . Допускается использование дополнительных реагентов.

Утверждение "химотделяет(a, b, c)" означает, что химическая реакция a , имеющая вещество b своим реагентом, позволяет отделить его от вещества c .

Утверждение "химотделение(a, b, c)" означает, что a есть группа химических реакций, позволяющая отделить вещество c из смеси (тела) b .

Утверждение "химпреобр(a, b, c)" используется в теоремах приемов и имеет технический характер. Здесь a - молекулярная формула вещества. Запускается процедура перечисления имеющихся в базе теорем уравнений химических реакций, в которых вещество a является одним из реагентов. Переменной b присваивается терм "химреакция(r, \dots)", дающий уравнение найденной реакции, переменной c - конъюнкция дополнительных условий на протекание данной реакции. В качестве r выбирается некоторая не используемая в текущей задаче переменная.

Утверждение "вещреакции(a, b)" тоже имеет технический характер. Значением переменной a становится терм "химреакция(\dots)", найденный предыдущим оператором. Переменная b перечисляет молекулярные формулы веществ, участвующих в реакции - реагентов и продуктов.

Утверждение "химцель(a)" представляет собой вспомогательную посылку задачи на исследование, в которой предпринимается поиск цепочки химических реакций. a - молекулярная формула вещества, которое требуется получить из исходных веществ,

указанных в задаче, либо переменная, обозначающая структурную формулу этого вещества.

Утверждение "химдано(a)" представляет собой вспомогательную посылку задачи на исследование, в которой предпринимается поиск цепочки химических реакций. a - молекулярная формула одного из исходных веществ, либо переменная, обозначающая структурную формулу этого вещества.

Утверждение "химсводится(a, b, c)" означает, что получение вещества с молекулярной формулой a сводится при помощи химической реакции b к получению веществ, молекулярные формулы которых образуют множество c . Используется как вспомогательная посылка задач на исследование, в которых требуется найти цепь химических реакций.

Утверждение "химполучено(a, b)" означает, что химическое вещество, обозначаемое молекулярной формулой a , может быть получено при помощи химической реакции b из уже полученных до этого веществ. Используется как вспомогательная посылка в задачах на исследование при нахождении цепочки химических реакций.

Утверждение "термохимреакция(a, b, c, d)" означает, что a есть химическая реакция со множеством реагентов b и множеством продуктов c , относительный тепловой эффект которой равен d . Элементами множеств b, c являются тройки (A, B, K) где A - молекулярная формула либо переменная, обозначающая структурную формулу. B - указатель газообразного (0), жидкого (1) либо твердого (2) агрегатного состояния вещества, K - коэффициент. Относительный тепловой эффект рассчитывается в предположении, что коэффициенты равны количествам соответствующих веществ в молях. Формульным редактором утверждение "термохимреакция(...)" набирается аналогично утверждению "химреакция(...)". После каждого члена уравнения в скобках помещается указание на агрегатное состояние вещества: (г) - газообразное, (ж) - жидкое, (т) - твердое. Добавляется прорисовка последнего операнда d , который отделяется от уравнения запятой.

Выражение "теплэфект(a)" обозначает тепловой эффект химической реакции a .

Выражение "теплобразования(a)" обозначает теплоту образования химического вещества a .

Выражение "теплсгорания(a)" обозначает теплоту сгорания химического вещества a (на единицу количества вещества).

Выражение "Теплсгорания(a)" обозначает теплоту сгорания единицы объема однородного газообразного тела a .

Выражение "удельнтеплсгорания(a)" обозначает удельную теплоту сгорания вещества a .

Выражение "теплразложения(a)" обозначает теплоту разложения одного моля вещества a .

2.6.2 Примеры формулировки задач на химические реакции на языке решателя

Расчеты по химическим уравнениям

1. Какую массу исходного вещества надо взять, чтобы получить 800г оксида железа (III) следующим способом: $2FeO_3H_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$?

Посылки задачи:

"Химреакция($r, \{A\}, \{C, D\}$)"

"химреакция($r, 2Fe(3OH) = Fe_2O_3 + 3H_2O$)"

"точнрасход(A, r)"

"масса(C) = 800г"

"вещество(C, c)"

"химсостав(c, Fe_2O_3)"

Условия задачи:

" $x = \text{масса}(A)$ "

Неизвестная задачи - x .

2. Газ, полученный при растворении 9,6 г меди в концентрированной азотной кислоте, пропустили через 150 мл 20-процентного раствора гидроксида натрия (плотность 1,22 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

Посылки задачи:

"вещество(A , медь)"

"вещество(B, b)"

"химсостав(b, HNO_3)"

"Химреакция($r, \{A, B\}, C$)"

"концентрир(B, r)"

"масса(A) = 9.6г"

"химизбыток(B, r)"

"газообрчасть(D, C)"

"вещество(Q, q)"

"раствор($q, \{p\}$, вода)"

"химсостав($p, NaOH$)"

"объем(Q) = 150мл"

"содержание(p, q) = 0.2"

"плотность(q) = 1.22 г/мл"

"Химреакция($s, D \cup \{Q\}, E$)"

" $F = \text{Смесь}(E)$ "

Условия задачи:

" $x = \text{составсмеси}(F)$ "

Неизвестные задачи - x

3. На сплав алюминия и меди (массовая доля меди составляет 5 процентов) подействовали избытком холодной концентрированной серной кислоты, при этом выделилось 3,36 л (при нормальных условиях) оксида серы (IV). Определите объем газа, который выделяется при действии соляной кислоты на такую же массу сплава.

Посылки задачи:

"Химреакция($r, \{A, B\}, C$)"

" $A = \text{Сплав}(\{D, E\})$ "

" $\neg(\text{нагревание}(r))$ "

"вещество(A, a)"

"содержание(медь, a) = 0.05"

"вещество(D , алюминий)"

"вещество(E , медь)"

"вещество(B, b)"

"химизбыток(B, r)"

"химсостав(b, H_2SO_4)"

"концентрир(B, r)"

" $F \in C$ "

"вещество(F, f)"

"химсостав(f, SO_2)"

"нормусловия(F, t)"

"Объем(F, t) = 3.36л"

"Химреакция($s, \{A, G\}, H$)"

"вещество(G, g)"

"химсостав(g, HCl)"

"химизбыток(G, s)"

"газообъемность(J, H)"

" $K = \text{Смесь}(J)$ "

"нормусловия(K, u)"

Условия задачи:

" $x = \text{Объем}(K, u)$ "

Неизвестные задачи - x

Скорость химической реакции

В реакции 2-го порядка $A + B \rightarrow D$ начальные концентрации веществ A и B равны соответственно 0.5 моль/л и 1.2 моль/л. Начальная скорость реакции равна $1.2 \cdot 10^{-3}$ моль/(л · сек). Рассчитайте скорость реакции в момент, когда концентрация вещества B равна 1.0 моль/л.

Посылки задачи:

"Химреакция($r, \{A, B\}, D$)"

"порядокреакции(r) = 2"

"Период(r) = [t, s]"

"вещества(A, a)"

"вещества(B, b)"

"Концентрация(a , облреакции(r), t) = 0.5 моль/л"

"Концентрация(b , облреакции(r), t) = 1.2 моль/л"

"Скоростьреакции(r, t) = $1.2 \cdot 10^{-3}$ моль/(л · сек)".

"Концентрация(b , облреакции(r), s) = 1 моль/л"

Условие задачи:

" $x = \text{Скоростьреакции}(r, s)$ "

Неизвестная задачи - x .

Химическое равновесие

Равновесие в реакции $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ устанавливается при следующих концентрациях участвующих в ней веществ: $[N_2] = 0.01$ моль/л, $[H_2] = 2.0$ моль/л, $[NH_3] = 0.4$ моль/л. Вычислите константу равновесия и исходные концентрации азота и водорода.

Посылки задачи:

"химреакция($r, N_2 + 3H_2 = 2NH_3$)"

"химсостав(a, N_2)"

"химсостав(b, H_2)"

"химсостав(c, NH_3)"

"обратимреакция(r)"

"Период(r) = [s , t]"

"Концентрация(a , облреакции(r), t) = 0.01 моль/л"

"Концентрация(b , облреакции(r), t) = 2 моль/л"

"Концентрация(c , облреакции(r), t) = 0.4 моль/л"

Условия задачи:

" x = констрравнесия(r)"

" y = Концентрация(a , облреакции(r), s)"

" z = Концентрация(b , облреакции(r), s)"

Неизвестные задачи - x, y, z .

Растворы

1. Имеется 100 г раствора $AgNO_3$, насыщенного при 20 градусах Цельсия. Какую массу $AgNO_3$ можно дополнительно растворить в этом растворе при нагревании до 80 градусов Цельсия? Растворимость $AgNO_3$ составляет 635 г при 80 градусах и 228 г при 20 градусах.

Посылки задачи:

"Раствор(A , $\{B\}$, C)"

"вещество(B , b)"

"химсостав(b , $AgNO_3$)" (заметим, что в действительности эта посылка избыточная)

"масса(A) = 100г"

"вещество(C , c)"

"насыщраствор(A , b , c , 20градус, p)"

"Раствор(D , $\{E\}$, C)"

"разбиение(E , $\{B, F\}$)"

"вещество(F , b)"

"насыщраствор(D , b , c , 80градус, p)"

"растворимость(b , c , 20градус, p) = 228"

"растворимость(b , c , 80градус, p) = 635"

Условие задачи:

" x = масса(F)"

Неизвестная задачи - x .

2. Какие массы оксида фосфора (V) и воды нужно взять, чтобы получить 200г 10-процентного раствора фосфорной кислоты ?

Посылки задачи:

"Химреакция($r, \{A, B\}, \{C, D\}$)"

"вещество(A, a)"

"химсостав(a, P_2O_5)"

"вещество($B, \text{вода}$)"

" $E = \text{Смесь}(\{C, D\})$ "

"вещество(C, c)"

"химсостав(c, H_3PO_4)"

"вещество(E, e)"

"вещество($D, \text{вода}$)"

"масса(E) = 200г"

"содержание(c, e) = 0.1"

"точнрасход(A, r)"

Условия задачи:

" $x = \text{масса}(A)$ "

" $y = \text{масса}(B)$ "

Неизвестные задачи - x, y .

Окислительно-восстановительные реакции

1. Определить элемент - окислитель и элемент - восстановитель в реакции $Cu + 2H_2SO_4(\text{конц.}) = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$.

Решение задач такого типа организовано как вывод следствий в их блоке анализа. Чтобы обеспечить необходимую направленность вывода и отбор получаемых утверждений, пришлось ввести специальную целевую установку задач на описание: "Определить окислители и восстановители химической реакции r ". В нашем случае такая задача имеет единственное условие - "химреакция($r, Cu + 2H_2SO_4(\text{конц.}) = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$)".

2. Найти коэффициенты в уравнении реакции: $KMnO_4 + HCl \rightarrow Cl_2 + MnCl_2 + KCl + H_2O$.

Задача на описание имеет целевую установку "Составить уравнение химической реакции r ". Условия задачи суть:

"химреагенты($r, KMnO_4 + HCl$)"

"химпродукты($r, Cl_2 + MnCl_2 + KCl + H_2O$)".

Тепловые эффекты химических реакций

1. При сгорании образца дисульфида железа (II) выделилось 832 кДж теплоты. Рассчитайте массу образовавшегося при этом оксида железа (III). Теплоты образования: теплообразования(FeS_2) = 174кДж/моль, теплообразования(Fe_2O_3) = 824кДж/моль, теплообразования(SO_2) = 297кДж/моль.

Посылки задачи:

"Химреакция($r, \{A, B\}, C$)"

"горение(r)"

"вещество(A, a)"

"вещество(B, b)"

"химсостав(a, FeS_2)"

"химсостав(b, O_2)"

"теплэффект(r) = 832кДж"

"теплообразования(FeS_2) = 174кДж/моль"

"теплообразования(Fe_2O_3) = 824кДж/моль"

"теплообразования(SO_2) = 297кДж/моль"

" $D \in C$ "

"вещество(D, d)"

"хмсостав(d, Fe_2O_3)"

"точнрасход(A, r)"

Условие задачи:

" x = масса(D)"

Неизвестная задачи - x .

2. Рассчитайте теплоту реакции $C_2H_4(\text{г}) + H_2O(\text{г}) = C_2H_5OH(\text{г})$. Теплоты образования этилена, водяного пара и газообразного этанола равны, соответственно, -52, 242 и 235 кДж/моль.

Посылки задачи:

"термохимреакция($r, C_2H_4(\text{г}) + H_2O(\text{г}) = C_2H_5OH(\text{г}), a$)"

"теплообразования(C_2H_4) = -52кДж/моль"

"теплообразования(H_2O) = 242кДж/моль"

"теплообразования(C_2H_5OH) = 235кДж/моль"

Условие задачи:

" $x = a$ "

Неизвестная задачи - x .

2.6.3 Приемы, используемые решателем в связи с химическими реакциями

Приемы, связанные с символом "Химреакция"

1. Ввод в рассмотрение вещества реагента.

$$\forall_{ABC} ar(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \rightarrow \text{вещество}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "вещество(A, x)". Прием вводит новую переменную a . Уровень срабатывания равен 2.

2. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы для реагента либо продукта.

$$\forall_{ABC} abr(\text{Химреакция}(r, A, \{B; C\}) \& \text{вещество}(B, a) \& \text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

$$\forall_{ABC} abr(\text{Химреакция}(r, \{B; C\}, A) \& \text{вещество}(B, a) \& \text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается справочником. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABC} abr(\text{Химреакция}(r, A, C) \& B \in C \& \text{вещество}(B, a) \& \text{химсостав}(a, b) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается справочником. Отсутствует посылка вида "химсостав(a, x)". Уровень срабатывания равен 2.

3. Ввод в рассмотрение количества вещества, участвующего в химической реакции.

$$\forall_{AB} aprs(\text{вещество}(A, a) \& \text{Химреакция}(r, \{A; s\}, B) \rightarrow \text{масса}(A) = \text{количества}(A, a) \text{молярнмасса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "масса(A)" уже встречается в задаче. Отсутствует посылка вида " $A = \text{Смесь}(x)$ " либо вида "смесь(a, x)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABC} aprs(\text{вещество}(A, a) \& \text{Химреакция}(r, B, \{A; s\} \cup C) \& \text{масса}(A) = p \rightarrow p = \text{количества}(A, a) \text{молярнмасса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в последнем из них.

Выражение p не содержит неизвестных, выражение "количества(A, a)" - содержит. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 4. В ней нет ограничения на p .

$$\forall_{ABCDEapr}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \& \text{Химреакция}(p, D, \{A; E\}) \& \text{вещество}(A, a) \rightarrow \text{актив}(\text{количества}(A, a)))$$

$$\forall_{ABCDHFHapr}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \& \text{Химреакция}(p, D, \{A; H\} \cup F) \& \text{вещество}(A, a) \rightarrow \text{актив}(\text{количества}(A, a)))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "количества(A, a)" не встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDacprs}(A = \text{Смесь}(\{C; D\}) \& \text{вещество}(C, c) \& \text{Химреакция}(r, \{A; s\}, B) \rightarrow \text{масса}(C) = \text{количества}(C, c)\text{молярмасса}(c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение "масса(C)" встречается в задаче. Отсутствует посылка вида "составреакция(r, d)". Уровень срабатывания приема равен 4.

$$\forall_{ABCaprs}(\text{вещество}(A, a) \& \text{Химреакция}(r, B, \{A; s\} \cup C) \rightarrow \text{масса}(A) = \text{количества}(A, a)\text{молярмасса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "масса(A)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "количества(A, a)" содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 7.

4. Ввод обозначений для продуктов реакции.

$$\forall_{abcdemnp}(\text{Химреакция}(a, b, c) \& d \in c \& \text{химреакция}(a, p, \{m, n\}) \rightarrow c = \{d, e\} \cup \text{химостаток}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом переменная c идентифицируется с переменной. Отсутствует посылка вида $x \in c$, где x отлично от d . Прием вводит новую переменную e . Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdemnp}(\text{Химреакция}(a, b, c) \& d \in c \& e \in c \& \text{химреакция}(a, p, \{m, n\}) \rightarrow c = \{d, e\} \cup \text{химостаток}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом переменная c идентифицируется с переменной. Выражения d, e различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\begin{aligned} &\forall_{abcdnpqrs}(\text{Химреакция}(a, b, c) \& \\ &\text{химреакция}(a, d, \{\lambda_i((p(i), q(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}) \rightarrow \\ &c = \{\lambda_i(s(i), i \in \{1, \dots, n\})\} \cup \text{химостаток}(a) \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(s(i), r(i))) \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(r(i), p(i)))) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Описатели "отображение рассматриваются как конечные наборы, кванторы общности - как конъюнкции. Переменные p, q функциональные. Переменная c идентифицируется с переменной. Отсутствует посылка вида " $c = \{ \dots \}$ ". Выполнено хотя бы одно из требований:

- (a) Существуют посылки вида " $u \in c$ ", "вещество(u, v)", где v - переменная, причем отсутствует посылка вида "химсостав(v, w)".
- (b) Существует посылка вида "Химреакция(e, f, g)", такая, что выражение c имеет вхождение в f , не расположенное под символом "химобъединение".
- (c) Существует посылка вида "твердаячасть(u, c)".
- (d) Существует посылка вида "Смесь(c, \dots) = u " либо "нераствчасть(c, \dots) = u ", где выражение u не имеет заголовка "перечень".

Выбираются наборы r, s новых переменных, имеющие длину n , которые регистрируются в качестве новых неизвестных. Уровень срабатывания равен 4.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdnpqrs} (\text{Химреакция}(a, b, c) \ \& \\ & \text{химреакция}(a, d, \{; \lambda_i((p(i), q(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}) \rightarrow \\ & c = \{; \lambda_i(s(i), i \in \{1, \dots, n\})\} \cup \text{химостаток}(a) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(s(i), r(i))) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(r(i), p(i))) \ \& \\ & \text{непересек}(\{; \lambda_i(s(i), i \in \{1, \dots, n\})\}, \text{химостаток}(a))) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Описатели "отображение рассматриваются как конечные наборы, кванторы общности - как конъюнкции. Переменные p, q функциональные. Переменная c идентифицируется с переменной. Отсутствуют посылки вида " $c = \{ \dots \}$ ", " $c = \{ \dots \} \cup \text{химостаток}(a)$ " и " $x \in c$ ". Выполнено хотя бы одно из требований:

- (a) Имеется посылка вида " $x = c \cup y$ ".
- (b) Имеется посылка вида "газообрчасть(x, c)".
- (c) Имеется посылка вида " $x = c \setminus y$ ".
- (d) Выражение вида "химобъединение(c, x)" уже встречается в посылках.

Выбираются наборы r, s новых переменных, имеющие длину n , которые регистрируются в качестве новых неизвестных. Уровень срабатывания равен 7. Создана еще одна версия приема, отличающаяся лишь тем, что список из четырех требований заменен единственным - наличием посылки вида " $x = \text{химсоли}(c)$ ". Эта версия введена лишь для того, чтобы избежать слишком громоздкого дизъюнктивного оператора ЛОСа при компиляции.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefkmnpq} (\text{Химреакция}(a, b, c) \ \& d \in c \ \& \text{химреакция}(a, p, \{m, n, k\}) \rightarrow \\ & c = \{d, e, f\} \cup \text{химостаток}(a) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная c идентифицируется с переменной. Отсутствует посылка вида " $x \in c$ ", где x отлично от d . Прием вводит новые переменные e, f . Уровень срабатывания равен 8.

5. Ввод в рассмотрение массы реагента.

$$\forall_{ABCr}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \rightarrow \text{актив}(\text{масса}(A)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Существует пара посылок вида " $A \in b$ ", " $\text{Химреакция}(p, q, b)$ ". Выражение " $\text{масса}(A)$ " в посылках не встречается. Уровень срабатывания равен 4. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 7. Вместо указанной выше пары посылок в нем требуется лишь, чтобы выражение " $\text{объем}(A)$ " уже встречалось в задаче.

6. Сохранение массы.

$$\forall_{abr}(\text{Химреакция}(r, a, b) \rightarrow \text{масса}(b) = \text{масса}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. В задаче встречаются: выражение " $\text{масса}(b)$ ", а также такое выражение " $\text{масса}(x)$ ", что x - подтерм терма a . Уровень срабатывания равен 4.

7. Температура реагентов.

$$\forall_{ABabr}(\text{Химреакция}(r, A, B) \ \& \ A = \{a; b\} \rightarrow \text{температура}(A, \text{Период}(r)) = \text{температура}(a, \text{Период}(r)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{температура}(A, \text{Период}(r))$ " в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

8. Давление реагентов.

$$\forall_{ABabr}(\text{Химреакция}(r, A, B) \ \& \ A = \{a; b\} \rightarrow \text{давление}(A, \text{Период}(r)) = \text{давление}(a, \text{Период}(r)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{давление}(A, \text{Период}(r))$ " в посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABabrtuv}(\text{Химреакция}(r, \{a, b; A\}, B) \ \& \ \text{Период}(r) = [u, v] \ \& \ t \in [u, v] \rightarrow \text{давление}(a, t) = \text{давление}(b, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения " $\text{давление}(a, t)$ " в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

9. Давление продуктов реакции.

$$\forall_{ABabrtuv}(\text{Химреакция}(r, B, \{a, b; A\}) \ \& \ \text{Период}(r) = [u, v] \ \& \ t \in [u, v] \rightarrow \text{давление}(a, t) = \text{давление}(b, t))$$

Аналогично предыдущему.

10. Концентрация реагента.

$$\forall_{ABC} ar(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \& \text{вещество}(A, a) \rightarrow \\ \text{Концентрация}(a, \text{облреакции}(r), \text{Период}(r)) = \\ \text{количества}(A, a) / \text{объем}(\text{облреакции}(r)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

11. Идентификация веществ, участвующих в реакции.

(a) Идентификация сгораемого вещества.

$$\forall_{abckmnpqrst}(\text{Химреакция}(a, \{b, c\}, \{m\}) \& \text{горение}(a, c) \& \text{вещество}(c, q) \& \\ \text{проствещество}(q) \& \text{вещество}(m, n) \& \\ \text{химсостав}(n, \text{химсоед}(O_t, \text{атомы}(r, s))) \rightarrow \\ k - \text{натуральное} \& \text{химсостав}(q, \text{атомы}(r, k)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Не усматривается, что q - химический элемент (для этого случая создан другой прием). Отсутствует посылка вида "химсостав(q, x)", такая, что r - подтерм термина x . Прием вводит новую переменную k . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abdekprst}(\text{горение}(r, a) \& \text{вещество}(a, b) \& \text{химэлемент}(b) \& \\ \text{Химреакция}(r, p, \{d\}) \& \text{вещество}(d, e) \& \\ \text{химсостав}(e, \text{химсоед}(\text{атомы}(s, k), O_t)) \rightarrow b = s)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения b, s различны. Уровень срабатывания равен 2.

(b) Идентификация единственного реагента.

$$\forall_{abcdnpr}(\text{Химреакция}(r, \{a\}, b) \& \text{химреакция}(r, \{(c, n)\}, d) \& \\ \text{вещество}(a, p) \rightarrow \text{химсостав}(p, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

(c) Идентификация единственного неопределенного реагента.

$$\forall_{abcdekmpqr}(\text{Химреакция}(r, \{a, e\}, b) \& \text{химреакция}(r, \{(c, n), (p, k)\}, d) \& \\ \text{вещество}(a, m) \& \text{химсостав}(m, c) \& \text{вещество}(e, q) \rightarrow \text{химсостав}(q, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем четвертый выделен указателем "возмравно". Выражения c, p константные. Уровень срабатывания равен 3.

(d) Ввод обозначений для реагентов при наличии уравнения реакции.

$$\forall_{ABC} abcnp r(\text{Химреакция}(r, A, B) \& \\ \text{химреакция}(r, \{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, C) \rightarrow A = \{b\} \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(b(i), c(i)) \& \text{химсостав}(c(i), a(i))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Описатель "отображение" идентифицируется с конечным набором, квантор общности выписывается как конъюнкция. Переменные a, p функциональные. Переменная A идентифицируется с переменной. Отсутствует посылка вида " $A = \text{перечень}(x)$ ". Прием вводит наборы b, c новых переменных, имеющие длину n , и регистрирует эти переменные как неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

12. Идентификация продуктов реакции.

(a) Идентификация гидроксида.

$$\forall_{Dabcdekmpqr} (\text{Химреакция}(a, b, \{c; d\} \cup D) \ \& \ \text{химреакция}(a, p, \{\text{химсоед}(q, O_k, H_k), n; e\}) \ \& \ \text{вещество}(c, m) \ \& \ \text{гидроксид}(m, r) \rightarrow \text{химсостав}(m, \text{химсоед}(q, O_k, H_k)) \ \& \ r = q)$$

$$\forall_{Dabcdekmpqr} (\text{Химреакция}(a, b, \{c; d\} \cup D) \ \& \ \text{химреакция}(a, p, \{\text{химсоед}(q, \text{молекулы}(OH, k)), n; e\}) \ \& \ \text{вещество}(c, m) \ \& \ \text{гидроксид}(m, r) \rightarrow \text{химсостав}(m, \text{химсоед}(q, \text{молекулы}(OH, k))) \ \& \ r = q)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная m идентифицируется с переменной. Отсутствует посылка вида " $m = \text{химсоед}(\dots)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

(b) Идентификация оксида металла.

$$\forall_{Dabckmnpqrs} (\text{Химреакция}(r, c, \{p, q\} \cup D) \ \& \ \text{вещество}(p, s) \ \& \ \text{оксид}(s, m) \ \& \ \text{металл}(m) \ \& \ \text{химреакция}(r, a, \{(b, n), (CO_2, k)\}) \rightarrow \text{химсостав}(s, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение D - либо \emptyset , либо имеет заголовок "химостаток". Отсутствует посылка вида " $\text{химсостав}(s, x)$ ". Уровень срабатывания равен 2.

(c) Идентификация единственного продукта реакции.

$$\forall_{abcdnpr} (\text{Химреакция}(r, a, b) \ \& \ \text{химреакция}(r, c, \{(d, n)\}) \ \& \ p \in b \ \& \ \text{вещество}(p, q) \rightarrow \text{химсостав}(q, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdrp} (\text{Химреакция}(r, a, b) \ \& \ \text{химреакция}(r, c, \{d\}) \ \& \ p \in b \rightarrow b = \{p\})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение b не имеет вида " $\{p\}$ ". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdnqr} (\text{Химреакция}(r, a, \{b\}) \ \& \ \text{химреакция}(r, c, \{(d, n)\}) \rightarrow \text{вещество}(b, q) \ \& \ \text{химсостав}(q, d))$$

$$\forall_{abcdefnqr} (\text{Химреакция}(r, a, \{b\}) \ \& \ \text{термохимреакция}(r, c, \{(d, f, n)\}) \rightarrow \text{вещество}(b, q) \ \& \ \text{химсостав}(q, d))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Задача не имеет посылки вида " $\text{вещество}(b, x)$ ". Вводится новая переменная q . Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{abcdnqr}$ (Химреакция($r, a, \{b\}$) & вещество(b, q) & химреакция($r, c, \{d, n\}$) \rightarrow химсостав(q, d))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует такая посылка вида "химсостав(q, x)", что x не содержит неизвестных. Уровень срабатывания приема равен 2.

$\forall_{acmprsuw}$ (Химреакция(r, s, p) & химреакция($r, u, \{v, m\}$) \rightarrow $p = \{a\} \cup$ химостаток(r) & вещество(a, c) & химсостав(c, v))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная p идентифицируется с переменной. Отсутствует посылка вида " $x \in p$ " либо вида " $p = x$ ". Прием вводит новые переменные a, c . Уровень срабатывания равен 3.

- (d) Идентификация второго продукта реакции.

$\forall_{ABCDEPQbcmnr}$ (Химреакция($r, A, \{B, C\} \cup E$) & вещество(C, c) & химсостав(c, P) & химреакция($r, D, \{(P, n), (Q, m)\}$) \rightarrow вещество(B, b) & химсостав(b, Q))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в последнем из них. Выражение E - либо \emptyset , либо имеет заголовок "химостаток". Отсутствует посылка вида "вещество(B, x)". Уровень срабатывания равен 2.

- (e) Идентификация твердого продукта реакции.

$\forall_{ABCDEPQcmnr}$ (Химреакция($r, A, \{B, C\} \cup E$) & вещество(C, c) & твердый(c) & химреакция($r, D, \{(P, n), (Q, m)\}$) & (газ(Q) \vee жидкость(Q)) \rightarrow химсостав(c, P))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый - обрабатывается проверочным оператором. Точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Выражение E - либо \emptyset , либо имеет заголовок "химостаток". Отсутствует посылка вида "химсостав(c, x)". Уровень срабатывания равен 2.

- (f) Идентификация газообразного продукта реакции.

$\forall_{ABCDEPQcmnr}$ (Химреакция($r, A, \{B, C\} \cup E$) & вещество(C, c) & газ(c) & химреакция($r, D, \{(P, n), (Q, m)\}$) & (твердый(Q) \vee жидкость(Q)) \rightarrow химсостав(c, P))

Аналогично предыдущему.

- (g) Идентификация продуктов реакции разложения.

$\forall_{abcdmnprrsuw}$ (Химреакция(r, s, p) & химразложение(r) & $a \in p$ & $b \in p$ & вещество(a, v) & вещество(b, w) & химсостав(v, c) & химсостав(w, d) & химреакция($r, u, \{(c, w), (d, n)\}$) $\rightarrow p = \{a, b\}$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в четвертом из них. Выражение p не имеет заголовка "перечень". Отсутствует посылка вида " $p = \{...\}$ ". Уровень срабатывания равен 3.

(h) Идентификация металла.

$$\forall_{ABCDEFQcmnr}(\text{Химреакция}(r, A, \{B, C\} \cup E) \& \text{вещество}(C, c) \& \text{металл}(c) \& \text{химреакция}(r, D, \{(P, n), (Q, m)\}) \& \neg(\text{металл}(Q)) \rightarrow \text{химсостав}(c, P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение E - либо \emptyset , либо имеет заголовок "химостаток". Отсутствует посылка вида "химсостав(c, x)". Уровень срабатывания равен 2.

(i) Идентификация одинаковых веществ по отношению принадлежности.

$$\forall_{abcdr}(\text{вещество}(a, b) \& \text{вещество}(c, b) \& a \in \{c; d\} \cup \text{химостаток}(r) \rightarrow a = c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Задача имеет посылку вида "Химреакция($r, e, \{c; d\} \cup \text{химостаток}(r)$)". Уровень срабатывания равен 3.

(j) Идентификация вещества, содержащего заданный химический элемент.

$$\forall_{ABCDEFQcmnpr}(\text{Химреакция}(r, A, \{B, C\} \cup E) \& \text{вещество}(C, c) \& 0 < \text{элементсодержание}(p, c) \& \text{химреакция}(r, D, \{(P, n), (Q, m)\}) \& \text{элементсодержание}(p, Q) = 0 \rightarrow \text{химсостав}(c, P))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Выражение E - либо \emptyset , либо имеет заголовок "химостаток". Отсутствует посылка вида "химсостав(c, x)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDEFQcmnpr}(\text{Химреакция}(r, A, \{B, C\} \cup E) \& \text{вещество}(C, c) \& \text{элементсодержание}(p, c) = q \& 0 < q \& \text{химреакция}(r, D, \{(P, n), (Q, m)\}) \& \text{элементсодержание}(p, Q) = 0 \rightarrow \text{химсостав}(c, P))$$

Аналогично предыдущему. Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором, точка привязки выбрана в пятом.

(k) Взаимодействие оксида металла с углекислым газом.

$$\forall_{ABCDabcp}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, \{C, D\}) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{оксид}(a, p) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{химсостав}(b, CO_2) \& \text{вещество}(C, c) \& \text{твердый}(c) \rightarrow \text{карбонат}(c, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

13. Идентификация остатка реакции.

(a) Ввод в рассмотрение компонент остатка.

$$\forall_{acdmnpqrs}(\text{Смесь}(a \cup \text{химостаток}(r)) = p \& \text{Химреакция}(r, \{; c\}, d) \& l(c) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(c(i), q(i))) \rightarrow \text{химостаток}(r) = \{; s\} \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(s(i), q(i))))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Третий антецедент выделен указателем "идентификатор", остальные - идентифицируются с посылками задачи на исследование. Квантор общности в четвертом антецеденте идентифицируется с группой посылок, в выводимом утверждении - выписывается как

конъюнкция. Выражение s имеет заголовок "набор". Отсутствует посылка вида "химостаток(r) = {...}". Переменные c, q функциональные. Прием вводит набор s новых переменных, имеющий длину n . Эти переменные регистрируются в качестве неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDEabcr}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, \{C, D\}) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{вещество}(D, b) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{вещество}(C, c) \rightarrow \text{химостаток}(r) = \{D\} \& D \cup E = B \& \text{вещество}(E, b) \& \text{непересек}(D, E) \& \text{точнрасход}(E, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Имеется посылка "точнрасход(A, r)". Выражения a, c различны. Отсутствует посылка вида "химостаток(r) = x ". Прием вводит новую переменную E . Уровень срабатывания равен 3.

(b) Количество вещества в остатке.

$$\forall_{abcdefpr}(\text{Химреакция}(r, \{e; f\}, \{a; b\}) \& \text{химостаток}(r) = \{a; c\} \& \text{точнрасход}(e, r) \& \text{вещество}(e, d) \& \text{вещество}(a, d) \& \text{практичвыход}(r) = p \rightarrow \text{количвещества}(a, d) = (1 - p)\text{количвещества}(e, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме шестого, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в третьем антецеденте. Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема с тем же уровнем срабатывания, у которой точка привязки выбрана в пятом антецеденте.

$$\forall_{ABCDabcdhkmnpqrs}(\text{Химреакция}(r, \{A, D; C\}, B) \& \text{химреакция}(r, \{(n, k), (p, q); m\}, s) \& \text{химостаток}(r) = \{b; c\} \& \text{вещество}(b, d) \& \text{вещество}(D, d) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{химсостав}(d, p) \& \text{химсостав}(a, n) \& \text{точнрасход}(A, r) \& \text{практичвыход}(r) = h \rightarrow k \cdot \text{количвещества}(b, d) = k \cdot \text{количвещества}(D, d) - qh \cdot \text{количвещества}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме десятого, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в девятом антецеденте. Отсутствует посылка "химизбыток(D, r)". Уровень срабатывания равен 4.

(c) Определение остатка с учетом полностью прореагировавших веществ.

$$\forall_{ABacmnr}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, c) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{точнрасход}(B, r) \rightarrow m \cup n = A \& \text{химостаток}(r) = \{m\} \& \text{вещество}(m, a) \& \text{вещество}(n, a) \& \text{точнрасход}(n, r) \& \text{непересек}(m, n))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "химостаток(r)" в посылке задачи на исследование. Это подвыражение расположено внутри выражения "Смесь(...)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствуют посылка "точнрасход(A, r)", а также посылка вида "химостаток(r) = {...}". Выражение "практичвыход(r)" в задаче не встречается. Прием вводит новые переменные m, n . Уровень срабатывания равен 2. Созданы еще четыре версии данного приема. Первая из них, срабатывающая на уровне 3, отличается лишь тем, что текущее подвыражение "химостаток(r)" расположено внутри выражения "твердаячасть(...)". При

этом дополнительно требуется отсутствие посылки "составнреакция(r)". Вторая, третья и четвертая версии срабатывают на уровне 5. Во второй версии требуется, чтобы текущее подвыражение располагалось внутри выражения "химобъединение(...)". В третьей версии текущее подвыражение должно располагаться внутри второго операнда утверждения "Химреакция(...)". Наконец, в четвертой версии текущее подвыражение расположено в посылке вида " $x = \text{химостаток}(r) \cup y$ ", где x - переменная, встречающаяся в задаче внутри подвыражений "химобъединение(...)".

$$\forall_{ABCacmnr}(\text{Химреакция}(r, \{A, B, C\}, c) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{точнрасход}(B, r) \ \& \ \text{точнрасход}(C, r) \rightarrow m \cup n = A \ \& \ \text{химостаток}(r) = \{m\} \ \& \ \text{вещество}(m, a) \ \& \ \text{вещество}(n, a) \ \& \ \text{точнрасход}(n, r) \ \& \ \text{непересек}(m, n))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "химостаток(r)" в посылке задачи на исследование. Это подвыражение расположено внутри выражения "химобъединение(...)". Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствуют посылка "точнрасход(A, r)", а также посылка вида "химостаток(r) = {...}". Выражение "практичход(r)" в задаче не встречается. Прием вводит новые переменные m, n . Уровень срабатывания приема равен 5.

- (d) Остаток реагента для вырожденной реакции.

$$\forall_{abcr}(\text{Химреакция}(r, a, a) \rightarrow \text{Химостаток}(b, c, r) \leftrightarrow b = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 2.

- (e) Усмотрение пустого остатка реагента.

$$\forall_{abcdr}(\text{Химреакция}(r, a, b) \ \& \ \text{точнрасход}(c, r) \rightarrow \text{Химостаток}(d, c, r) \leftrightarrow d = \emptyset)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Уровень срабатывания равен 3.

14. Доопределение реагентов и продуктов реакции.

- (a) Усмотрение реакции соединения двух простых веществ.

$$\forall_{ABCDPQbdkmnr}(\text{Химреакция}(r, A, \{B\}) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, \text{химсоед}(\text{атомы}(P, n), \text{атомы}(Q, m))) \ \& \ C \in A \ \& \ \text{вещество}(C, Q) \rightarrow A = \{C, D\} \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{химсостав}(d, \text{атомы}(P, k)) \ \& \ k - \text{натуральное})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная A идентифицируется с переменной. Прием вводит новые переменные D, d, k . Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Продукты реакции разложения.

$$\forall_{ABCDPQabcdkmnr}(\text{Химреакция}(r, \{A\}, B) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(\text{атомы}(P, n), \text{атомы}(Q, m))) \ \& \ C \in B \ \& \ \text{вещество}(C, B))$$

вещество(C, c) & химсостав(c , атомы(Q, s)) & химразложение(r) \rightarrow
 $B = \{C, D\}$ & вещество(D, d) & химсостав(d , атомы(P, k)) &
 k – натуральное)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная B идентифицируется с переменной. Прием вводит новые переменные D, d, k . Уровень срабатывания равен 1.

15. Отбрасывание вещества, не участвующего в реакции.

$\forall_{bcdepqr}$ (химпассив(p, r) & вещество(d, p) \rightarrow
 Химреакция($r, \{\text{Смесь}(\{d; e\}); b\}, c$) \leftrightarrow Химреакция($r, \{\text{Смесь}(\{; e\}); b\}, q$) &
 $c = \text{химобъединение}(q, \{d\})$ & $\text{непересекаются}(q, \{d\})$)

Утверждение " $\text{непересекаются}(A, B)$ " означает, что любые два множества, являющиеся элементами множеств A и B , не пересекаются друг с другом.

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выражение "химостаток(r)" не встречается в задаче. Прием вводит новую переменную q , регистрируя ее как неизвестную. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDEFabcp}$ (смесь($a, \{b, c\}$) & вещество(A, a) & извлечение(A, b, D) &
 химпассив(c, p) \rightarrow Химреакция($p, \{A; B\}, C$) \leftrightarrow Химреакция($p, \{D; B\}, E$) &
 $C = \text{химобъединение}(E, \{F\})$ & $\text{исхреагент}(A, p)$ & $\text{извлечение}(A, c, F)$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "химостаток(r)" не встречается в задаче. Прием вводит новые переменные E, F , регистрируя их как неизвестные. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{Qmnpqr} (вещество(Q, q) & $m = \text{химобъединение}(n, \{p\})$ & вещество(p, r) &
 химразделены(q, r) $\rightarrow Q \in m \leftrightarrow Q \in n$)

Утверждение " $\text{химразделены}(q, r)$ " означает, что вещества q и r не имеют в своем составе общего простого вещества.

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{Abcdpqr}$ (исхреагент(A, r) & извлечение(A, b, c) & химпассив(b, r) &
 Химреакция($r, d, \{p; q\}$) & вещество(p, b) $\rightarrow \text{непересек}(c, p)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в четвертом из них. Уровень срабатывания равен 2.

\forall_{ABCEap} (вещество(A, a) & химпассив(a, p) \rightarrow Химреакция($p, \{A; B\}, C$) \leftrightarrow
 Химреакция($p, \{; B\}, E$) & $C = \text{химобъединение}(E, \{A\})$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "химостаток(r)" не

встречается в задаче. Прием вводит новую переменную E , регистрируя ее как неизвестную. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDEr}(\text{израсход}(D, A, r) \rightarrow \text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \leftrightarrow \text{Химреакция}(r, \{D; B\}, E) \ \& \ \text{точнрасход}(D, r) \ \& \ C = E \cup \{A \setminus D\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Имеется посылка вида "точнрасход(b, r)". Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новую переменную E , регистрируя ее как неизвестную. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDEFcdr}(\text{Раствор}(A, \{B\}, C) \ \& \ \text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{химнреагир}(r, c, d) \rightarrow \text{Химреакция}(r, \{A, D\}, E) \leftrightarrow \text{Химреакция}(r, \{B, D\}, F) \ \& \ E = \text{химобъединение}(F, \{C\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все антецеденты, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Прием вводит новую переменную F , регистрируя ее как неизвестную. Уровень срабатывания равен 2.

16. Явное перечисление компонент смеси в продуктах реакции.

$$\forall_{acpr}(\text{Смесь}(c) = a \rightarrow \text{Химреакция}(r, \{a\}, p) \leftrightarrow \text{Химреакция}(r, c, p))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Точка привязки выбрана в антецеденте, который идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd}(\text{Смесь}(\{; a\}) = b \rightarrow \text{Химреакция}(c, d, \{b\}) \leftrightarrow \text{Химреакция}(c, d, \{; a\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Точка привязки выбрана в антецеденте, который идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Aabr}(\text{Химреакция}(r, \text{Смесь}(\{a, b\}), A) \leftrightarrow \text{Химреакция}(r, \{a, b\}, A))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 2.

17. Равенство двух списков продуктов реакции.

$$\forall_{abcdmpqrs}(\text{вещество}(a, p) \ \& \ \text{вещество}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(b, q) \ \& \ \text{вещество}(d, q) \ \& \ \text{химсостав}(p, r) \ \& \ \text{химсостав}(q, s) \rightarrow \{a, b\} = \{c \cup m, d\} \leftrightarrow a = c \cup m \ \& \ b = d)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Выражения r, s константные и различные. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdmpqrst}(\text{вещество}(a, p) \ \& \ \text{вещество}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(b, t) \ \& \ \text{вещество}(d, q) \ \& \ \text{химсостав}(p, r) \ \& \ \text{химсостав}(q, s) \ \& \ \neg(t = p) \rightarrow \{a, b\} = \{c \cup m, d\} \leftrightarrow a = c \cup m \ \& \ t = q \ \& \ b = d)$$

Аналогично предыдущему. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором "различимы".

18. Непересечение реагентов.

$$\forall_{ABcr}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, c) \rightarrow \text{непересек}(A, B))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

19. Попытка перехода к явному списку реагентов при реакции в растворе.

$$\forall_{ABCDabp} (A = \text{Смесь}(\{C, D\}) \& \text{вещество}(C, p) \& \text{вещество}(D, \text{вода}) \& \text{вещество}(B, \text{алюминий}) \& \text{химсостав}(p, \text{NaOH}) \rightarrow \text{Химреакция}(a, \{A, B\}, b) \leftrightarrow \text{Химреакция}(a, \{B, C, D\}, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с другими посылками. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDEr} (\text{Раствор}(A, \{D\}, E) \rightarrow \text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \leftrightarrow \text{Химреакция}(r, \{D, E, B\}, C))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Переменная r - неизвестная. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, b, c)". Уровень срабатывания равен 8.

20. Доопределение второго реагента реакции горения - кислорода.

$$\forall_{abcdeq} (\text{Химреакция}(a, b, c) \& \text{горение}(a, d) \rightarrow b = \{d, e\} \& \text{вещество}(e, q) \& \text{химсостав}(q, O_2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная b идентифицируется с переменной. Прием вводит новые переменные e, q . Уровень срабатывания равен 2.

21. Ввод обозначения для составного реагента.

$$\forall_{ABCDEar} (\text{Химреакция}(r, \{A \cup B; C\}, D) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{вещество}(B, a) \rightarrow A \cup B = E \& \text{вещество}(E, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида " $A \cup B = c$ ". Выводимое утверждение сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 3.

22. Ориентация равенства.

$$\forall_{ABCpr} (\text{Химреакция}(r, A, B \cup C) \rightarrow \{; p\} = B \leftrightarrow B = \{; p\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке. Антецедент идентифицируется с другой посылкой. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Преобразованное равенство снабжается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 7.

$$\forall_{ABCpr} (\text{Химреакция}(r, B \cup C, A) \rightarrow \{; p\} = B \leftrightarrow B = \{; p\})$$

Аналогично предыдущему. Уровень срабатывания равен 7.

Приемы, связанные с символом "химреакция"

1. Отношение количеств реагирующих веществ равно отношению коэффициентов уравнения.

$$\forall_{ABCabckmnpqrs} (\text{Химреакция}(r, \{A; C\}, B) \ \& \ b \in B \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{(n, k); m\}, \{(p, q); s\}) \ \& \ \text{химсостав}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \ \& \ \text{точнрасход}(A, r) \rightarrow k \cdot \text{количества}(b, c) = q \cdot \text{количества}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Хотя бы одно из выражений "количества(A, a)", "масса(A)" уже встречается в задаче. Аналогично, в задаче встречается хотя бы одно из выражений "количества(b, c)", "масса(b)". Выражение "практиквыход(r)" в задаче отсутствует. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCabckmnpqrs} (\text{Химреакция}(r, \{A; C\}, B) \ \& \ b \in B \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{n, k; m\}, \{p, q; s\}) \ \& \ \text{химсостав}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \ \& \ \text{точнрасход}(A, r) \rightarrow k \cdot \text{количества}(b, c) = q \cdot \text{практиквыход}(r) \cdot \text{количества}(A, a))$$

Аналогично предыдущей версии, но в задаче встречается равенство вида "практиквыход(r) = x ".

$$\forall_{ACDabcdkmpqrs} (\text{Химреакция}(r, \{A; C\}, \{b; d\} \cup D) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{n, k; m\}, \{p, q; s\}) \ \& \ \text{химсостав}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \ \& \ \text{точнрасход}(A, r) \rightarrow k \cdot \text{количества}(b, c) = q \cdot \text{количества}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Хотя бы одно из выражений "количества(A, a)", "масса(A)" уже встречается в задаче. Кроме того, в задаче встречается хотя бы одно из выражений "количества(b, c)", "масса(b)", либо "Смесь(x)", где b - подтерм терма x . Выражение "практиквыход(r)" в задаче отсутствует. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ACDabcdkmpqrs} (\text{Химреакция}(r, \{A; C\}, \{b; d\} \cup D) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{n, k; m\}, \{p, q; s\}) \ \& \ \text{химсостав}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \ \& \ \text{точнрасход}(A, r) \rightarrow k \cdot \text{количества}(b, c) = q \cdot \text{практиквыход}(r) \cdot \text{количества}(A, a))$$

Аналогично предыдущей версии, но выражение "практиквыход(r)" встречается в задаче.

$$\forall_{ABCdabcdkmpqrs} (\text{Химреакция}(r, \{A, D; C\}, B) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{(n, k), (p, q); m\}, s) \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(d, p) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \ \& \ \text{точнрасход}(D, r) \ \& \ \text{точнрасход}(A, r) \rightarrow k \cdot \text{количества}(D, d) = q \cdot \text{количества}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Выражение "количества(A, a)" уже встречается в задаче. В задаче не встречается выражение вида "масса(x)", такое, что x - подвыражение выражения B . Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCDEabcdkmnpqrs}(\text{Химреакция}(r, B, \{A, D; C\} \cup E) \ \& \ \text{химреакция}(r, s, \{(n, k), (p, q); m\}) \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(d, p) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \rightarrow k \cdot \text{количества}(D, d) = q \cdot \text{количества}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Выражения "количества(A, a)", "количества(D, d)" уже встречаются в задаче. Выражение E либо имеет заголовок "химостаток", либо отсутствует (т.е. идентифицируется с \emptyset). Кроме того, выполняется хотя бы одно из следующих требований:

- (a) Задача имеет цель "контроль".
- (b) Выражение "количества(D, d)" содержит неизвестные.
- (c) Выражение "количества(A, a)" содержит неизвестные.
- (d) Хотя бы одно из выражений k, q содержит неизвестные, причем они не представимы в виде $k_1 \cdot R, k_2 \cdot R$, где k_1, k_2 не содержат неизвестных.

Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCDabcdkmnpqr}(\text{Химреакция}(r, B, \{A, D; C\}) \ \& \ \text{химреакция}(r, s, \{(n, k), (p, q); m\}) \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(d, p) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \rightarrow k \cdot \text{количества}(D, d) = q \cdot \text{количества}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Выражения "количества(A, a)", "количества(D, d)" уже встречаются в задаче. Хотя бы одно из выражений k, q содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCDabcdkmnpqrs}(\text{Химреакция}(r, B, C) \ \& \ A \in C \ \& \ D \in C \ \& \ \text{химреакция}(r, s, \{(n, k), (p, q); m\}) \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(d, p) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \rightarrow k \cdot \text{количества}(D, d) = q \cdot \text{количества}(A, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения "количества(A, a)" и "количества(D, d)" уже встречаются в задаче. Переменная C идентифицируется с переменной. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ACDabcdkmnpqrsuw}(\text{Химреакция}(r, \{A; C\}, \{b; d\} \cup D) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{n, k; m\}, \{p, q; s\}) \ \& \ \text{химсостав}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, n) \rightarrow k \cdot \text{количества}(D, d) = q \cdot \text{количества}(A, a))$$

химсостав(a, n) & $A = u \cup v$ & точнрасход(u, r) $\rightarrow k \cdot$ количества(b, c) =
 $q \cdot$ количества(u, a)

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом antecedенте. Хотя бы одно из выражений "количества(A, a)", "масса(A)" уже встречается в задаче. Аналогично, в задаче встречается хотя бы одно из выражений "количества(b, c)", "масса(b)". Выражение "практвыход(r)" в задаче отсутствует. Допускается отсутствие добавка D . Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{ABCDEabcdkmnpqrs}$ (Химреакция($r, \{A, D; C\}, B$) &
 химреакция($r, \{(n, k), (p, q); m\}, s$) & вещество(D, d) & вещество(A, a) &
 химсостав(d, p) & химсостав(a, n) & химизбыток(D, r) & точнрасход(A, r) &
 израсход(E, D, r) $\rightarrow k \cdot$ количества(E, d) = $q \cdot$ количества(A, a))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме пятого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом antecedенте. Выражение "количества(A, a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

2. Отношение объемов газообразных реагирующих веществ равно отношению коэффициентов уравнения.

$\forall_{ABCDabcdkmnpqrsuv}$ (Химреакция($r, \{A, D; C\}, B$) &
 химреакция($r, \{(n, k), (p, q); m\}, s$) & вещество(D, d) & вещество(A, a) &
 химсостав(d, p) & химсостав(a, n) & точнрасход(D, r) & точнрасход(A, r) &
 Газ(D, u) & Газ(A, u) & Период(r) = $[u, v] \rightarrow k \cdot$ Объем(D, u) = $q \cdot$ Объем(A, u))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме девятого и десятого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана во втором antecedенте. Выражения "Объем(D, u)" и "Объем(A, u)" уже встречаются в задаче. Выражение "практвыход(r)" в задаче отсутствует. Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{ABCDEFabcdkmnpqrsuv}$ (Химреакция($r, \{A, D; C\}, B$) &
 химреакция($r, \{(n, k), (p, q); m\}, s$) & вещество(D, d) & вещество(A, a) &
 химсостав(d, p) & химсостав(a, n) & точнрасход(D, r) & $A = E \cup F$ &
 точнрасход(E, r) & Газ(D, u) & Газ(A, u) & Период(r) = $[u, v] \rightarrow$
 $k \cdot$ Объем(D, u) = $q \cdot$ Объем(E, u))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме десятого и одиннадцатого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана во втором antecedенте. Выражения "Объем(D, u)" и "Объем(E, u)" уже встречаются в задаче. Выражение "практвыход(r)" в задаче отсутствует. Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{ACDabcdkmnpqrsuv}$ (Химреакция($r, \{A; C\}, \{b; d\} \cup D$) & вещество(b, c) &
 химреакция($r, \{(n, k); m\}, \{(p, q); s\}$) & химсостав(c, p) & вещество(A, a) &

химсостав(a, n) & Газ(A, u) & Газ(b, v) & Период(r) = $[u, v]$ & точнрасход(A, r) & давление(A, u) = давление(b, v) $\rightarrow k \cdot \text{Объем}(b, v) = q \cdot \text{Объем}(A, u)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Седьмой и восьмой антецеденты обрабатываются проверочными операторами, одиннадцатый - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в третьем антецеденте. Выражения "Объем(b, v)" и "Объем(A, u)" уже встречаются в задаче. Выражение "практичход(r)" в задаче отсутствует. Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{ACDabcdkmnpqrsuv}$ (Химреакция($r, \{A; C\}, \{b; d\} \cup D$) & вещество(b, c) & химреакция($r, \{(n, k); m\}, \{(p, q); s\}$) & химсостав(c, p) & вещество(A, a) & химсостав(a, n) & Газ(A, u) & Газ(b, v) & Период(r) = $[u, v]$ & точнрасход(A, r) & давление(A, u) = давление(b, v) $\rightarrow k \cdot \text{Объем}(b, v) = q \cdot \text{практичход}(r) \cdot \text{Объем}(A, u)$)

Аналогично предыдущему, но выражение "практичход(r)" в задаче встречается.

$\forall_{ACDabcdkmnpqrsuv}$ (Химреакция($r, \{A; C\}, D$) & $b \in D$ & вещество(b, c) & химреакция($r, \{(n, k); m\}, \{(p, q); s\}$) & химсостав(c, p) & вещество(A, a) & химсостав(a, n) & Газ(A, u) & Газ(b, v) & Период(r) = $[u, v]$ & точнрасход(A, r) & давление(A, u) = давление(b, v) $\rightarrow k \cdot \text{Объем}(b, v) = q \cdot \text{Объем}(A, u)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Восьмой и девятый антецеденты обрабатываются проверочными операторами, двенадцатый - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Выражения "Объем(b, v)" и "Объем(A, u)" уже встречаются в задаче. Выражение "практичход(r)" в задаче отсутствует. Уровень срабатывания равен 4.

3. Соотношения для коэффициентов уравнения.

$\forall_{abmnpqrs}$ (химреакция($r, \{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\}), \{\lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\} \rightarrow \sum_{i=1}^n (p(i) \cdot \text{количатомов}(s, a(i))) = \sum_{i=1}^m (q(i) \cdot \text{количатомов}(s, b(i)))$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Описатели "отображение" идентифицируются с конечными наборами, конечные суммы выписываются как обычные. Переменные a, b, p, q функциональные. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию во втором операнде антецедента логического символа s , являющегося названием химического элемента. Среди коэффициентов $p(i)$ имеются не известные. Уровень срабатывания равен 2.

4. Сокращение коэффициентов уравнения на общий множитель.

$\forall_{abcdkmnpqr}$ (подвсех($\{p\}$) = c & подвсех($\{q\}$) = d & под(c, d) = $k \rightarrow$ химреакция($r, \{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\}), \{\lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\} \leftrightarrow$ химреакция($r, \{\lambda_i((a(i), p(i)/k), i \in \{1, \dots, n\}), \{\lambda_i((b(i), q(i)/k), i \in \{1, \dots, m\})\}$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты выделены указателем "идентификатор". Их левые части обрабатываются нормализаторами "нормнодвсех" и "нормнод" соответственно. Описатели "отображение" рассматриваются как конечные наборы. Переменные a, b, p, q функциональные. Выражение k отлично от единицы и не содержит символа "нод". Уровень срабатывания равен 2.

5. Приближенное сокращение коэффициентов уравнения.

На промежуточном этапе составления уравнения химической реакции могут возникнуть нецелые коэффициенты. Приближенный переход от них к целочисленным коэффициентам выполняется следующим приемом:

$$\forall_{kmnpqxy} (x - \text{натуральное} \ \& \ y - \text{натуральное} \ \& \ k = \text{нодвсех}(\{m, n\}) \ \& \\ p = [m/k] \ \& \ q = [n/k] \rightarrow tx = ny \leftrightarrow px = qy)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Переменные m, n идентифицируются с десятичными константами, переменные x, y - с переменными. Существует содержащая x, y посылка в заголовке "химреакция". Первые два антецедента обрабатываются проверочными операторами, последние три - выделены указателем "идентификатор". Правая часть третьего антецедента обрабатывается нормализатором "приближнод". Этот нормализатор определяет значение k числа (не обязательно целого), которое можно рассматривать в качестве приближенного обобщенного наибольшего общего делителя чисел m, n (тоже не обязательно целых). Правые части двух последних антецедентов обрабатываются нормализатором "нормцелаячасть". Уровень срабатывания равен 2.

6. Выбор единичного значения общего множителя коэффициентов правой части уравнения.

$$\forall_{ABmnr} (n - \text{натуральное} \ \& \ \text{химреакция}(r, \{(A, m)\}, \{; B\}) \rightarrow m = 1 \ \& \ n = 1)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменные m, n, A - неизвестные. Выражение B имеет заголовок "набор", причем каждый элемент этого набора - пара вида $(x, b \cdot n)$. Коэффициент b может быть равен единице. Уровень срабатывания равен 5.

7. Усмотрение формулы единственного реагента.

$$\forall_{anprx} (\text{химреакция}(r, \{(x, 1)\}, \{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}) \rightarrow \\ x = \text{химсоедвсех}(\lambda_i(\text{молекулы}(a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируются с посылкой задачи на исследование. Описатели "отображение" рассматриваются как конечные наборы. Переменные a, p функциональные. Переменная x - неизвестная. Правая часть уравнения реакции не содержит неизвестных. Правая часть выводимого равенства обрабатывается нормализатором "стандхимсоед". Уровень срабатывания равен 4.

8. Выдача ответа в задаче на подбор примера реакции.

Приемы этого пункта имеют заголовок "ответзадачи". Теоремой приема здесь служит одно либо конъюнкция нескольких утверждений, идентифицируемых

со всеми содержащими неизвестные условиями задачи на описание, имеющей цель "пример". Фильтры приема проверяют, что вся группа условий годится в качестве ответа задачи, после чего реализуется выдача ответа задачи. Уровни срабатывания равны 3. Созданы следующие приемы:

- (а) "химреакция(r, A, B)". Переменная r - неизвестная. Выражения A, B не содержат неизвестных. Отсутствует константное условие.
- (б) "химреакция(r, A, B) & нагревание(r)". Вместо "нагревание" допускается любой из символов "воздискры", "нормусловия", "горение", "катализатор", "электролиз". В остальном - аналогично предыдущему.
- (в) "химреакция(r, A, B) & нагревание(r) & катализатор(r, C)". Вместо "нагревание" допускается любой из символов "воздискры", "нормусловия", "горение". Выражение C не содержит неизвестных. В остальном - аналогично предыдущему.
- (г) "химреакция(r, A, B) & нагревание(r) & химизбыток(C, r)". Аналогично предыдущему.
- (е) "химреакция(r, A, B) & химизбыток(C, r)". Переменная r - неизвестная. Выражения A, B, C не содержат неизвестных. Отсутствует константное условие.

9. Составление уравнения реакции по спискам реагентов и продуктов.

$$\forall_{ABabcd} (\text{Химреакция}(r, A, B) \ \& \ \text{химреагенты}(r, \{; a\}) \ \& \ \text{химпродукты}(r, \{; b\}) \ \& \ (\text{химреагенты}(r, \{; a\}) \ \& \ \text{химпродукты}(r, \{; b\})) = \text{химреакция}(r, c, d) \rightarrow \text{химреакция}(r, c, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается вспомогательной задачей на описание, имеющей цели "исследовать" и "химреакция". Единственная неизвестная - r . Такие задачи на описание служат для отыскания уравнения "неизвестной" химической реакции. Они решаются путем вывода следствий в блоке анализа: сначала вводится уравнение реакции с неопределенными коэффициентами, далее находятся соотношения для этих коэффициентов (из соображений сохранения количества атомов каждого химического элемента), и в конце коэффициенты сокращаются на общий множитель.

Перед попыткой применения приема проверяется отсутствие посылки вида "химреакция(r, x, y)". Уровень срабатывания равен 4.

10. Передача во внешнюю задачу найденного уравнения реакции.

После того, как в блоке анализа некоторой задачи на описание найдено уравнение химической реакции, оно передается во внешнюю задачу. Для этого используются следующие два приема, имеющие заголовок "замещениеусловий" и теорему приема "замещениеусловий(химреакция(a, b, c))":

- (а) Текущая задача на исследование имеет цели "исследовать" и "химреакция". Переменная a - неизвестная; выражения b, c не содержат неизвестных.

- (b) Текущая задача на исследование имеет цель "исследовать". У нее есть посылка вида $x = A$, где x - неизвестная внешней задачи на описание, выражение A не содержит неизвестных и в него входит переменная a . Этот прием используется при нахождении цепочки химических реакций, преобразующей одно вещество в другое.

Уровни срабатывания обоих приемов равны 3.

11. Уровни концентраций в исходной и равновесной ситуациях.

$$\forall_{ABCabcfk mnpqrst} (\text{Период}(r) = [s, t] \ \& \ \text{химреакция}(r, \{(n, k); m\}, \{(p, q); f\}) \rightarrow \\ k \cdot \text{Концентрация}(p, \text{облреакции}(r), t) = \\ q \cdot (\text{Концентрация}(n, \text{облреакции}(r), s) - \text{Концентрация}(n, \text{облреакции}(r), t)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Концентрация(p , облреакции(r), t)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение "Концентрация(n , облреакции(r), s)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 4.

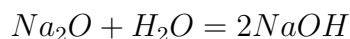
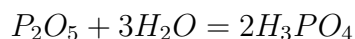
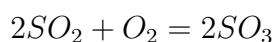
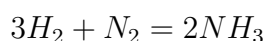
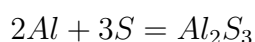
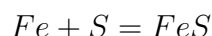
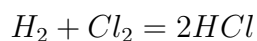
12. Уравнения химических реакций.

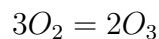
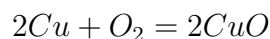
В этом разделе собраны приемы, заносящие в список посылок задачи на исследование уравнение рассматриваемой химической реакции. В большинстве случаев они относятся к ситуациям, когда указаны конкретные вещества реагентов, хотя имеется и несколько более общих приемов. Заметим, что такие приемы имеет смысл создавать лишь для наиболее часто встречающихся уравнений. В остальных случаях решатель может находить нужное уравнение непосредственно в базе теорем. Для этого на ЛОСе запрограммированы несколько специальных приемов, которые будут описаны в конце главы. Программы их нетрудно найти в разделе "Приемы решателя" - "Химия" оглавления программ. Уровень срабатывания данных приемов равен 7.

- (a) Реакции соединения.

$$\forall_{ABabpq} (\text{Химреакция}(a, \{A, B\}, b) \ \& \ \text{вещество}(A, p) \ \& \ \text{вещество}(B, q) \ \& \\ \text{химсостав}(p, H_2) \ \& \ \text{химсостав}(q, O_2) \rightarrow \text{химреакция}(a, 2H_2 + O_2 = 2H_2O))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 2. По такой же схеме созданы приемы для следующих реакций соединения:





Созданы также приемы для несколько более общих ситуаций:

i. Гидрирование алкенов.

$\forall_{ABabmnpq}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав(p, C_nH_m) & химсостав(q, H_2) & $m = 2n \rightarrow$ химреакция($a, C_nH_m + H_2 = C + nH_{m+2}$))

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме последнего, выделенного указателем "программа", идентифицируются с посылками задачи на исследование. m, n - натуральные константы. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

ii. Соединение металла с фосфором.

$\forall_{ABCamnpr}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, \{C\}$) & вещество(A, a) & металл(a) & вещество(B , фосфор) $\rightarrow m$ - натуральное & n - натуральное & взаимнопросты(m, n) & химреакция($r, \{(a, m), (\text{фосфор}, n)\}$, $\{(\text{химсоед}(\text{атомы}(a, m), P_n), 1)\}$))

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Прием вводит новые переменные m, n . Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, отличающаяся только тем, что третий antecedent обрабатывается справочником "металл".

iii. Соединение фосфора с хлором.

$\forall_{ABCDEFQRSabpruv}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, Q$) & вещество(A, a) & химсостав(a, P_4) & вещество(B, b) & химсостав(b, Cl_2) & $p = \text{количества}(B, b) / \text{количества}(A, a)$ & $6 < p$ & $p < 10 \rightarrow$ составнреакция($r, \{u, v\}$) & Химреакция($u, \{C, E\}, R$) & Химреакция($v, \{D, F\}, S$) & $A = C \cup D$ & непересек(C, D) & $B = E \cup F$ & непересек(E, F) & точнрасход(C, u) & точнрасход(E, u) & точнрасход(D, v) & точнрасход(F, v) & $Q = \text{химобъединение}(R, S)$ & химреакция($u, P_4 + 6Cl_2 = 4PCl_3$) & химреакция($v, P_4 + 10Cl_2 = 4PCl_5$))

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Первые пять antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, шестой - выделен указателем "идентификатор". Два последних antecedents обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Отсутствует также посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные u, v, C, D, E, F, R, S . Уровень срабатывания равен 4.

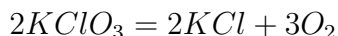
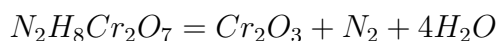
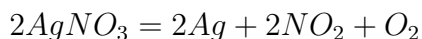
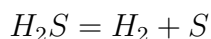
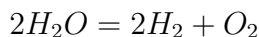
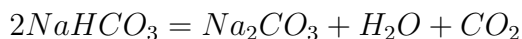
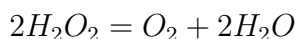
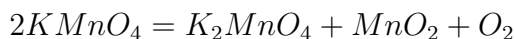
iv. Растворение оксида в воде.

$\forall_{abcdkmnpqrs}$ (Химреакция($r, \{a, b\}, c$) & растворение(r) & вещество(b , вода) & вещество(a, p) & химсостав(p , химсоед(атомы(q, m), O_n)) $\rightarrow k$ - натуральное & s - натуральное & химреакция($r, \{(p, k), (H_2O, ms - kn)\}$, $\{(\text{химсоед}(H_{2(ms-kn)/m}, \text{атомы}(q, k), O_s), m)\}$))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Прием вводит новые переменные k, s . Уровень срабатывания равен 5.

(b) Реакции разложения.

По схеме, приведенной выше для реакций соединения, созданы приемы для следующих реакций разложения:



Созданы также приемы для несколько более общих ситуаций:

i. Разложение карбоната.

$\forall_{ABabcmnpq}$ (Химреакция($a, \{A\}, b$) & вещество(A, p) & химразложение(a) & химсостав(p , химсоед(C_n, O_{3n} , атомы(c, m))) \rightarrow химреакция($a, \{(\text{химсоед}(C_n, O_{3n}, \text{атомы}(c, m)), 1)\}, \{(\text{химсоед}(\text{атомы}(c, m), O_n), 1), (C_nO_{2n}, 1)\})$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{ABabr} (Химреакция($r, \{A\}, B$) & вещество(A, a) & химсостав(a , химсоед(b , углерод, O_3)) & нагревание(r) \rightarrow химреакция($r, \{(\text{химсоед}(b, \text{углерод}, O_3), 1)\}, \{(\text{химсоед}(b, \text{кислород}), 1), (CO_2, 1)\})$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Уровень срабатывания равен 3.

ii. Разложение гидрида.

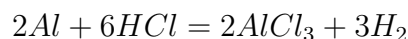
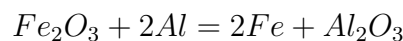
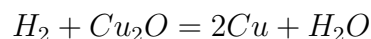
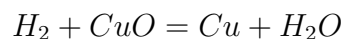
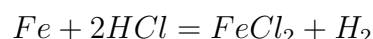
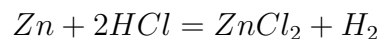
\forall_{Aabcp} (Химреакция($a, \{A\}, b$) & вещество(A, p) & химсостав(p , химсоед(c, H_2)) \rightarrow химреакция($a, \{(\text{химсоед}(c, H_2), 1)\}, \{(c, 1), (H_2, 1)\})$)

\forall_{Aabcp} (Химреакция($a, \{A\}, b$) & вещество(A, p) & химсостав(p , химсоед(c , водород)) \rightarrow химреакция($a, \{(\text{химсоед}(c, \text{водород}), 2)\}, \{(c, 2), (H_2, 1)\})$)

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная c идентифицируется с логическим символом. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

(с) Реакции замещения.

По схеме, приведенной выше для реакций соединения, созданы приемы для следующих реакций замещения:



Для растворения щелочного металла в воде созданы несколько более общие приемы:

\forall_{abcpr} (Химреакция($r, \{a, b\}, c$) & вещество(b , вода) & вещество(a, p) \rightarrow химреакция($r, \{(p, 2), (H_2O, 2)\}, \{(химсоед(p, водород, кислород), 2), (H_2, 1)\}$))

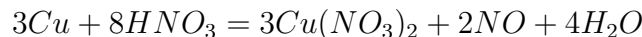
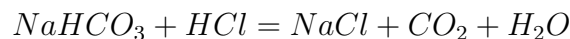
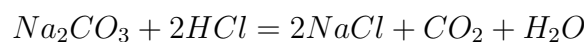
Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная p идентифицируется с одним из символов "калий", "натрий", "литий". Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{abcnpr} (Химреакция($r, \{a, b\}, c$) & вещество(b , вода) & вещество(a, p) & металл(p) \rightarrow химреакция($r, \{(p, 2), (H_2O, 2n)\}, \{(химсоед(p, молекулы(OH, n)), 2), (H_2, n)\}$) & n – натуральное & $n \leq 2$)

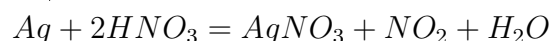
Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - обрабатывается проверочным оператором. Прием вводит новую переменную n . Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

(d) Реакции обмена.

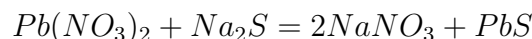
По схеме, приведенной выше для реакций соединения, созданы приемы для следующих реакций обмена:



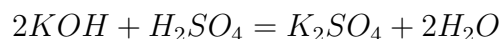
(первый из последних двух приемов - при отсутствии посылки, указывающей, что кислота концентрированная, второй - при наличии такой посылки)

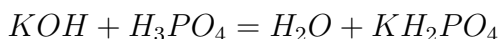


(кислота концентрированная)

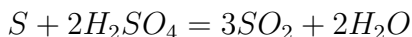


(прием допускает замену натрия на калий)

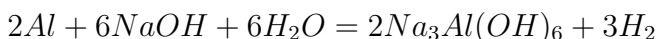
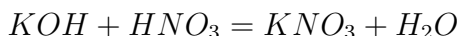
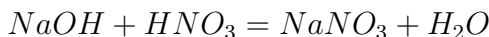
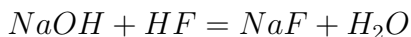
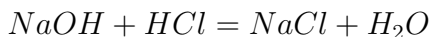
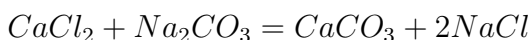




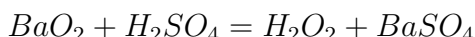
(приемы допускают замену калия на натрий)



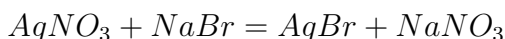
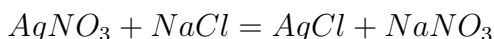
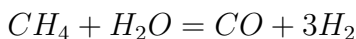
(кислота коонцентрированная)



(щелочь концентрированная)



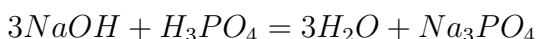
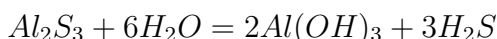
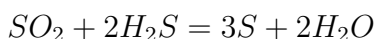
(кислота концентрированная)



(приемы допускают замену натрия на калий)



(проверяется, что реакция происходит при нагревании)



(допускается замена натрия на калий)

Созданы также приемы несколько более сложного вида:

- i. Взаимодействие углекислого либо сернистого газа с гидроксидом калия либо натрия.

$\forall_{ABCDEFQRSabpruv}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, Q$) & вещество(A, a) & химсостав(a, SO_2) & вещество(B, b) & химсостав(b, KOH) & $p = \text{количества}(B, b) / \text{количества}(A, a) \ \& \ 1 < p \ \& \ p < 2 \rightarrow$ составнреакция($r, \{u, v\}$) & Химреакция($u, \{C, E\}, R$) & Химреакция($v, \{D, F\}, S$) & $A = C \cup D$ & непересек(C, D) & $B = E \cup F$ & непересек(E, F) & точнрасход(C, u) & точнрасход(E, u) & точнрасход(D, v) & точнрасход(F, v) & $Q = \text{химобъединение}(R, S)$ & химреакция($u, SO_2 + KOH = KHSO_3$) & химреакция($v, SO_2 + 2KOH = K_2SO_3 + H_2O$))

$\forall_{ABCDEFQRSabpruv}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, Q$) & вещество(A, a) & химсостав(a, SO_2) & вещество(B, b) & химсостав($b, NaOH$) & $p = \text{количества}(B, b) / \text{количества}(A, a) \ \& \ 1 < p \ \& \ p < 2 \rightarrow$ составнреакция($r, \{u, v\}$) & Химреакция($u, \{C, E\}, R$) & Химреакция($v, \{D, F\}, S$) & $A = C \cup D$ & непересек(C, D) & $B = E \cup F$ & непересек(E, F) & точнрасход(C, u) & точнрасход(E, u) &

точнрасход(D, v) & точнрасход(F, v) & $Q =$ химобъединение(R, S) &
химреакция($u, SO_2 + NaOH = NaHSO_3$) &
химреакция($v, SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$)

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование. Указатель "альтернатива" разрешает замену символа "сера" на символ "углерод". Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор". Его правая часть обрабатывается нормализаторами общей стандартизации. Два последних антецедента обрабатываются проверочными операторами. Отсутствуют посылки вида "составнреакция(r, x)" и "химреакция(r, x, y)". Приемы вводят новые переменные u, v, C, D, E, F, R, S . Уровень срабатывания равен 3.

\forall_{ABabpq} (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав(p, KOH) & химсостав(q, SO_2) \rightarrow химреакция($a, SO_2 + KOH = KHSO_3$))

\forall_{ABabpq} (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав(p, KOH) & химсостав(q, CO_2) \rightarrow химреакция($a, CO_2 + KOH = KHSO_3$))

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Допускается замена символа "калий" на символ "натрий". Отсутствуют посылки вида "составнреакция(a, x)" и "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 5.

ii. Взаимодействие углекислого газа с гидроксидом кальция.

$\forall_{ABCDEFQRSabpruv}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, Q$) & вещество(A, a) & химсостав(a, CO_2) & вещество(B, b) & химсостав($b, Ca(OH)_2$) & $p =$ количества(A, a)/количества(B, b) & $1 < p$ & $p < 2$ \rightarrow составнреакция($r, \{u, v\}$) & Химреакция($u, \{C, E\}, R$) & Химреакция($v, \{D, F\}, S$) & $A = C \cup D$ & непересек(C, D) & $B = E \cup F$ & непересек(E, F) & точнрасход(C, u) & точнрасход(E, u) & точнрасход(D, v) & точнрасход(F, v) & $Q =$ химобъединение(R, S) & химреакция($u, CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$) & химреакция($v, 2CO_2 + Ca(OH)_2 = Ca(HCO_3)_2$))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор". Его правая часть обрабатывается нормализаторами общей стандартизации. Два последних антецедента обрабатываются проверочными операторами. Отсутствуют посылки вида "составнреакция(r, x)" и "химреакция(r, x, y)". Прием вводит новые переменные u, v, C, D, E, F, R, S . Уровни срабатывания равны 3 и 5.

iii. Взаимодействие оксида фосфора с гидроксидом калия либо натрия.

$\forall_{ABabcmnpq}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, c) & химсостав(p, P_2O_5) & химсостав($c, NaOH$) & Вещества(b) $\subseteq \{m, n\}$ & химсостав(m, Na_3PO_4) & химсостав(n, H_2O) \rightarrow химреакция($a, P_2O_5 + 6NaOH = 2Na_3PO_4 + 3H_2O$))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Допускается замена символа "на-

трий" на символ "калий". Отсутствуют посылка вида "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDEFMNQRSabmnpvuv}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, Q$) & вещество(A, a) & химсостав(a, P_2O_5) & $B = \text{Смесь}(\{M, N\})$ & вещество(M, m) & химсостав(m, KOH) & вещество(N, n) & химсостав(n, H_2O) & $p = \text{количества}(M, m)/\text{количества}(A, a)$ & $2 < p$ & $p < 4 \rightarrow$ составнреакция($r, \{u, v\}$) & Химреакция($u, \{C, E, N\}, R$) & Химреакция($v, \{D, F\}, S$) & $A = C \cup D$ & непересек(C, D) & $M = E \cup F$ & непересек(E, F) & точнрасход(C, u) & точнрасход(E, u) & точнрасход(D, v) & точнрасход(F, v) & $Q = \text{химобъединение}(R, S)$ & химреакция($u, P_2O_5 + 2KOH + H_2O = 2KH_2PO_4$) & химреакция($v, P_2O_5 + 4KOH = 2K_2HPO_4 + H_2O$))

$\forall_{ABCDEFMNQRSabmnpvuv}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, Q$) & вещество(A, a) & химсостав(a, P_2O_5) & $B = \text{Смесь}(\{M, N\})$ & вещество(M, m) & химсостав($m, NaOH$) & вещество(N, n) & химсостав(n, H_2O) & $p = \text{количества}(M, m)/\text{количества}(A, a)$ & $2 < p$ & $p < 4 \rightarrow$ составнреакция($r, \{u, v\}$) & Химреакция($u, \{C, E, N\}, R$) & Химреакция($v, \{D, F\}, S$) & $A = C \cup D$ & непересек(C, D) & $M = E \cup F$ & непересек(E, F) & точнрасход(C, u) & точнрасход(E, u) & точнрасход(D, v) & точнрасход(F, v) & $Q = \text{химобъединение}(R, S)$ & химреакция($u, P_2O_5 + 2NaOH + H_2O = 2NaH_2PO_4$) & химреакция($v, P_2O_5 + 4NaOH = 2Na_2HPO_4 + H_2O$))

Приемы имеют заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку применения приема при усмотрении посылки задачи на исследование, имеющей вид "количества(x, y) = d ", где выражение d не содержит неизвестных. Первые восемь антецедентов идентифицируются с посылками, девятый - выделен указателем "идентификатор". Два последних антецедента обрабатываются проверочными операторами. Отсутствуют посылки вида "составнреакция(r, X)" и "химреакция(r, X, Y)". Приемы вводят новые переменные u, v, C, D, E, F, R, S . Уровень срабатывания равен 3.

iv. Взаимодействие гидрида с водой.

$\forall_{ABZabpq}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав($p, \text{химсоед}(Z, H_2)$) & химсостав(q, H_2O) \rightarrow химреакция($a, \{(\text{химсоед}(Z, H_2), 1), (H_2O, 2)\}, \{(\text{химсоед}(Z, \text{молекулы}(OH, 2)), 1), (H_2, 2)\})$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Переменная Z идентифицируется с логическим символом. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABZabpq}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав($p, \text{химсоед}(Z, \text{водород})$) & химсостав(q, H_2O) \rightarrow химреакция($a, \{(\text{химсоед}(Z, \text{водород}), 1), (H_2O, 1)\}, \{(\text{химсоед}(Z, \text{кислород, водород}), 1), (H_2, 1)\})$)

Аналогично предыдущему. Переменная Z идентифицируется с логическим символом либо с переменной.

- v. Взаимодействие раствора азотной кислоты с фосфором.

$\forall_{ABCDEFabdf}$ (вещество(A , фосфор) & вещество(B, b) & смесь($b, \{d, \text{вода}\}$) & химсостав(d, HNO_3) & $F \in C$ & вещество(F, f) & химсостав(f, NO) & точнрасход(B, a) \rightarrow Химреакция($a, \{A, B\}, C$) \leftrightarrow $B =$ Смесь($\{D, E\}$) & вещество(D, d) & вещество($E, \text{вода}$) & Химреакция($a, \{A, D, E\}, C$) & точнрасход(D, a) & химреакция($a, 2H_2O + 5HNO_3 + 3P = 5NO + 3H_3PO_4$))

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Прием вводит новые переменные D, E . Уровень срабатывания равен 2.

- vi. Взаимодействие галогенидов фосфора с водой.

$\forall_{ABabcpq}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав(p , химсоед(фосфор, атомы($c, 3$))) & химсостав(q, H_2O) \rightarrow химреакция($a, \{(\text{химсоед(фосфор, атомы($c, 3$))), 1\}, (H_2O, 3)\}, \{(H_3PO_4, 1), (\text{химсоед(водород, } c), 3)\})$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная c идентифицируется с одним из символов "фтор", "хлор", "бром", "йод". Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

- vii. Взаимодействие пероксида щелочного металла с углекислым газом.

$\forall_{ABabcpq}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав(p , химсоед(атомы($c, 2$), O_2)) & щелочнметалл(c) & химсостав(q, CO_2) \rightarrow химреакция($a, \{(\text{химсоед(атомы($c, 2$), } O_2), 2), (CO_2, 2)\}, \{(\text{химсоед(атомы($c, 2$), углерод, } O_3), 2), (O_2, 1)\})$)

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

- viii. Взаимодействие оксида щелочного металла с углекислым газом.

$\forall_{ABabcjknq}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав(p , химсоед(атомы($c, 2$), O_n)) & щелочнметалл(c) & химсостав(q, CO_2) \rightarrow химреакция($a, \{(\text{химсоед(атомы($c, 2$), } O_n), k), (CO_2, k)\}, \{(\text{химсоед(атомы($c, 2$), углерод, } O_3), k), (O_2, j)\})$) & j – натуральное & k – натуральное)

Все антецеденты, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Выражение c содержит неизвестные. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Прием вводит новые переменные j, k . Уровень срабатывания равен 3.

- ix. Взаимодействие нитрата бария с карбонатом щелочного металла.

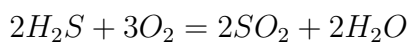
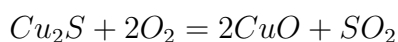
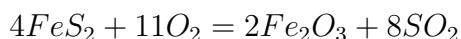
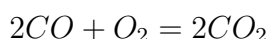
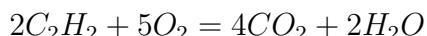
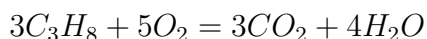
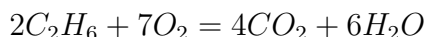
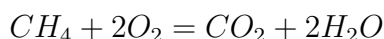
$\forall_{ABabcpq}$ (Химреакция($a, \{A, B\}, b$) & вещество(A, p) & вещество(B, q) & химсостав($p, Ba(NO_3)_2$) & щелочнметалл(c) & химсостав(q , химсоед(атомы($c, 2$), углерод, O_3)) \rightarrow

химреакция($a, \{(Ba(NO_3)_2, 1), (\text{химсоед}(\text{атомы}(c, 2), \text{углерод}, O_3)), 1)\}, \{(BaCO_3, 1), (\text{химсоед}(c, \text{азот}, O_3), 2)\})$)

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, x, y)". Уровень срабатывания равен 2.

(e) Горение

По схеме, приведенной выше для реакций соединения, созданы приемы для следующих реакций горения:



Для горения углеводорода в общем случае создан следующий прием:

$\forall_{ABabmnp}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, b) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{вещество}(B, p) \ \& \ \text{химсостав}(a, C_m H_n) \ \& \ \text{химсостав}(p, O_2) \rightarrow \text{химреакция}(r, \{(C_m H_n, 4), (O_2, 4m + n)\}, \{(CO_2, 4m), (H_2O, 2n)\}))$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Уровень срабатывания равен 3.

(f) Химическая реакция двух простых веществ, для которых известна формула результата.

$\forall_{abcdeijkmnpqrst}(\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, \{c\}) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{химсостав}(d, \text{химсоед}(\text{атомы}(e, m), \text{атомы}(q, n))) \ \& \ \text{вещество}(a, p) \ \& \ \text{вещество}(b, s) \ \& \ \text{химсостав}(p, \text{атомы}(e, k)) \ \& \ \text{химсостав}(s, \text{атомы}(q, t)) \ \& \ nk/(mt) = j/i \rightarrow \text{химреакция}(r, \{(\text{атомы}(e, k), i), (\text{атомы}(q, t), j)\}, \{(\text{химсоед}(\text{атомы}(e, m), \text{атомы}(q, n)), ik/m)\}))$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые семь antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализаторами общей стандартизации. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{Aabcdeijkmnpqrst}(\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, \{c \cup A\}) \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{химсостав}(d, \text{химсоед}(\text{атомы}(e, m), \text{атомы}(q, n))) \ \& \ \text{вещество}(a, p) \ \& \ \text{вещество}(b, s) \ \& \ \text{химсостав}(p, \text{атомы}(e, k)) \ \& \ \text{химсостав}(s, \text{атомы}(q, t)) \ \& \ nk/(mt) = j/i \ \& \ A = \text{химостаток}(r) \rightarrow \text{химреакция}(r, \{(\text{атомы}(e, k), i), (\text{атомы}(q, t), j)\}, \{(\text{химсоед}(\text{атомы}(e, m), \text{атомы}(q, n)), ik/m)\}))$

Аналогично предыдущему. Последний antecedent идентифицируется с посылкой, предпоследний - выделен указателем "идентификатор".

$$\forall_{abcdijmnpqrst}(\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, \{c\}) \& \text{вещество}(c, d) \& \text{химсостав}(d, \text{химсоед}(\text{атомы}(p, m), \text{атомы}(q, n))) \& \text{вещество}(a, p) \& \text{вещество}(b, s) \& \text{химсостав}(s, \text{атомы}(q, t)) \& n/(mt) = j/i \rightarrow \text{химреакция}(r, \{(p, i), (\text{атомы}(q, t), j)\}, \{(\text{химсоед}(\text{атомы}(p, m), \text{атомы}(q, n)), i/m)\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализаторами общей стандартизации. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Aabcdijmnpqrst}(\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, \{c \cup A\}) \& \text{вещество}(c, d) \& \text{химсостав}(d, \text{химсоед}(\text{атомы}(p, m), \text{атомы}(q, n))) \& \text{вещество}(a, p) \& \text{вещество}(b, s) \& \text{химсостав}(s, \text{атомы}(q, t)) \& n/(mt) = j/i \& A = \text{химостаток}(r) \rightarrow \text{химреакция}(r, \{(p, i), (\text{атомы}(q, t), j)\}, \{(\text{химсоед}(\text{атомы}(p, m), \text{атомы}(q, n)), i/m)\}))$$

Аналогично предыдущему. Последний антецедент идентифицируется с посылкой, предпоследний - выделен указателем "идентификатор".

- (g) Химическая реакция, для которой известны формулы исходных и результирующих веществ.

$$\forall_{ABabmnpqrstxy}(\text{Химреакция}(r, \{\lambda_i(A(i), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i(B(i), i \in \{1, \dots, m\})\}) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(A(i), a(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow \text{вещество}(B(i), b(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(a(i), p(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow \text{химсостав}(b(i), q(i))) \rightarrow \text{химреакция}(r, \{\lambda_i((p(i), x(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i((q(i), y(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow x(i) - \text{натуральное}) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow y(i) - \text{натуральное}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом кванторы общности рассматриваются как конъюнкции посылок, описатели "отображение как конечные наборы. Переменные A, B, a, b, p, q функциональные. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Отсутствует также посылка вида "составреакция(r, x)". Прием вводит наборы x, y новых переменных, регистрируя их как неизвестные. Длины этих наборов равны, соответственно, n и m . Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCabmnpqrstxy}(\text{Химреакция}(r, \{\lambda_i(A(i), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i(B(i), i \in \{1, \dots, m\})\} \cup C) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(A(i), a(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow \text{вещество}(B(i), b(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(a(i), p(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow \text{химсостав}(b(i), q(i))) \& C = \text{химостаток}(r) \rightarrow \text{химреакция}(r, \{\lambda_i((p(i), x(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i((q(i), y(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow x(i) - \text{натуральное}) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow y(i) - \text{натуральное}))$$

Аналогично предыдущему.

13. Идентификация веществ с помощью химических реакций.

Рассматривались задачи на идентификацию неизвестного химического вещества, априори принадлежащего заданному конечному списку веществ. Такие задачи характеризуются целью "разделить". Ответом служит группа утверждений, содержащая список химических реакций неизвестного вещества с некоторыми известными веществами, а также представление неизвестного вещества в виде условного выражения, использующего различные физические свойства продуктов реакций. Для таких задач созданы следующие приемы:

(a) Использование наличия осадка.

$$\forall_{ABCabcdefgkmnprx}(x \in \{a, b\} \& \text{химсостав}(c, x) \& \text{вещество}(A, c) \& \text{химреакция}(r, \{(a, k), (d, m)\}, \{(e, n); f\}) \& \neg(\text{растворимо}(e, \text{вода})) \& \text{растворимо}(d, \text{вода}) \& \text{растворимо}(b, \text{вода}) \& \text{химнераеагир}(r, b, d) \rightarrow \text{Химреакция}(p, \{A, B\}, C) \& \text{вещество}(B, g) \& \text{химсостав}(g, d) \& x = (b \text{ при растворимы}(C, \text{вода}), \text{иначе } a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование имеющей цель "разделить", последние четыре - обрабатываются проверочными операторами. Переменная x - неизвестная. Отсутствует посылка вида " $x = t$ ". Прием вводит новые переменные B, C, p, g . Выводимые утверждения сопровождаются примечанием "ответ", указывающим на включение их в ответ внешней задачи на описание. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCPQabcef gkmnprxy}(x \in \{; a\} \& l(a) = n \& \text{химсостав}(c, x) \& \text{вещество}(A, c) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химреакция}(r(i), \{(a(i), k(i)), (b, m(i))\}, f(i))) \& s = \lambda_i((1 \text{ при Растворимы}(\text{списоквеществ}(f(i)), \text{вода}), \text{иначе } 0), i \in \{1, \dots, n\})) \& P = \text{set}_y(\exists_j(j \in \{1, \dots, n\} \& s(j) = 1 \& y = a(j))) \& Q = \text{set}_y(\exists_j(j \in \{1, \dots, n\} \& s(j) = 0 \& y = a(j))) \rightarrow \text{Химреакция}(p, \{A, B\}, C) \& \text{вещество}(B, g) \& \text{химсостав}(g, b) \& \text{альтернатива}(\text{растворимы}(C, \text{вода}), x \in P, x \in Q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении посылки задачи на исследование с целью "разделить", имеющей вид "химреакция($h, \{(e, u), (b, v)\}, w$)". Второй антецедент, а также три последних антецедента выделены указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с посылками. Переменная x - неизвестная. Выражение e - подвыражение выражения a , имеющего заголовок "набор". Пятый антецедент идентифицируется с группой посылок, описатель "отображение" в шестом антецеденте выписывается как конечный набор. Условное выражение шестого антецедента обрабатывается вспомогательной задачей на упрощение. В результате s не содержит символа "растворимы", но содержит символы 0 и 1. Кванторы существования двух последних антецедентов разворачиваются в дизъюнкции. Переменные f, k, m, r функциональные. Отсутствует посылка вида " $x = t$ ", а также посылка с заголовком "альтернатива". Прием вводит новые переменные B, C, p, g . Выводимые утверждения сопровождаются примечанием "ответ". Уровень срабатывания равен 2.

(b) Использование наличия газообразного продукта.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABCPQabcefgkmnprxy} (x \in \{; a\} \& l(a) = n \& \text{химсостав}(c, x) \& \text{вещество}(A, c) \\ & \& \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химреакция}(r(i), \{(a(i), k(i)), (b, m(i))\}, f(i))) \& \\ & s = \lambda_i((1 \text{ при суцгаз}(\text{списоквеществ}(f(i))), \text{ иначе } 0), i \in \{1, \dots, n\}) \\ & \& P = \text{set}_y(\exists_j (j \in \{1, \dots, n\} \& s(j) = 1 \& y = a(j))) \& \\ & Q = \text{set}_y(\exists_j (j \in \{1, \dots, n\} \& s(j) = 0 \& y = a(j))) \rightarrow \\ & \text{Химреакция}(p, \{A, B\}, C) \& \text{вещество}(B, g) \& \text{химсостав}(g, b) \& \\ & \text{альтернатива}(\text{Суцгаз}(C), x \in P, x \in Q)) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "точнрасход"

1. Явное указание на избыток вещества.

$$\forall_{ABCabr} (\text{химизбыток}(B, r) \& \text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \rightarrow \text{точнрасход}(A, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdnr} (\text{Химреакция}(r, \{; a\}, b) \& \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химизбыток}(c(i), r)) \& \{; a\} \setminus \{; c\} = \{d\} \rightarrow \text{точнрасход}(d, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "идентификатор". Его левая часть обрабатывается нормализаторами общей стандартизации. Второй антецедент идентифицируется с непустой группой посылок. Переменная c функциональная. Уровень срабатывания равен 2.

2. Определение вещества, имеющегося в наименьшем количестве.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdejnpqrsu} (\text{Химреакция}(r, s, b) \& \text{химреакция}(r, \{\lambda_i((u(i), d(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \\ & e) \& \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(c(i), u(i))) \& \\ & \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{количества}(a(i), c(i)) = p(i)) \& s = \{; a\} \& \\ & q = \min(\lambda_i(p(i)/d(i), i \in \{1, \dots, n\})) \& j \in \{1, \dots, n\} \& \\ & p(j)/d(j) = q \rightarrow \text{точнрасход}(a(j), r)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем третий и четвертый, выделенные указателем "развертка", идентифицируются с группами посылок. Пятый, шестой и восьмой антецеденты выделены указателем "идентификатор", седьмой - указателем "программа". Описатели "отображение" идентифицируются и выписываются как конечные наборы. Отсутствует посылки вида "обратимреакция(r)" и "точнрасход(x, r)". Переменные a, c, p, d, u функциональные. Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{abdefmnpqrsuvw} (\text{Химреакция}(r, \{d, e\}, b) \& \text{химреакция}(r, \{(u, m), (v, n), s\}, w) \& \\ & \text{вещество}(d, a) \& \text{вещество}(e, f) \& \text{химсостав}(a, u) \& \text{химсостав}(f, v) \& \\ & p \cdot \text{количества}(d, a) = q \cdot \text{количества}(e, f) \& 0 \leq mp - nq \rightarrow \\ & \text{точнрасход}(d, r)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Седьмой антецедент обрабатывается

пакетным синтезатором "пропорциональны", остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Отсутствует посылки вида "обратимреакция(r)" и "точнрасход(x, r)". Уровни срабатывания равны 5 и 9.

$$\forall_{abdefgmnprsuw}(\text{Химреакция}(r, \{d, e, g\}, b) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{(u, m), (v, n), s\}, w) \ \& \ \text{вещество}(d, a) \ \& \ \text{вещество}(e, f) \ \& \ \text{химсостав}(a, u) \ \& \ \text{химсостав}(f, v) \ \& \ p \cdot \text{количества}(d, a) = q \cdot \text{количества}(e, f) \ \& \ 0 \leq mp - nq \ \& \ \text{химизбыток}(g, r) \rightarrow \text{точнрасход}(d, r))$$

Аналогично предыдущему. Девятый антецедент идентифицируются с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 5.

3. Определение газа, имеющегося в наименьшем объеме.

$$\forall_{abcdejnpqrstuv}(\text{Химреакция}(r, s, b) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{\lambda_i((u(i), d(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, e) \ \& \ \text{Период}(r) = [t, v] \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(c(i), u(i))) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), c(i))) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{газ}(u(i))) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Объем}(a(i), t) = p(i)) \ \& \ s = \{a\} \ \& \ q = \min(\lambda_i(p(i)/d(i), i \in \{1, \dots, n\})) \ \& \ j \in \{1, \dots, n\} \ \& \ p(j)/d(j) = q \rightarrow \text{точнрасход}(a(j), r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем четвертый, пятый и седьмой, выделенные указателем "развертка", идентифицируются с группами посылок. Шестой антецедент обрабатывается проверочным оператором, десятый выделен указателем "программа". Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Описатели "отображение" рассматриваются как конечные наборы. Переменные a, c, p, d, u функциональные. Отсутствует посылка вида "точнрасход(x, r)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{Sabdefmnprrsuw}(\text{Химреакция}(r, \{d, e\}, b) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{(u, m), (v, n)\}, w) \ \& \ \text{вещество}(d, a) \ \& \ \text{вещество}(e, f) \ \& \ \text{химсостав}(a, u) \ \& \ \text{химсостав}(f, v) \ \& \ \text{газ}(u) \ \& \ \text{газ}(v) \ \& \ S = \text{Смесь}(\{d, e\}) \ \& \ \text{вещество}(S, s) \ \& \ \text{Содержание}(a, s) = p \ \& \ 0 \leq m - mp - np \rightarrow \text{точнрасход}(d, r))$$

$$\forall_{Sabdefmnprrsuw}(\text{Химреакция}(r, \{d, e\}, b) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{(u, m), (v, n)\}, w) \ \& \ \text{вещество}(d, a) \ \& \ \text{вещество}(e, f) \ \& \ \text{химсостав}(a, u) \ \& \ \text{химсостав}(f, v) \ \& \ \text{газ}(u) \ \& \ \text{газ}(v) \ \& \ S = \text{Смесь}(\{d, e\}) \ \& \ \text{вещество}(S, s) \ \& \ \text{Содержание}(a, s) = p \ \& \ m - mp - np \leq 0 \rightarrow \text{точнрасход}(e, r))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме седьмого, восьмого и двенадцатого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "точнрасход(x, r)". Уровень срабатывания равен 5.

4. Растворение.

$$\forall_{abcd}(\text{Химреакция}(a, \{b, c\}, d) \ \& \ \text{растворение}(a) \ \& \ \text{вещество}(c, \text{вода}) \rightarrow \text{точнрасход}(b, a))$$

Напомним, что предикат "растворение" предполагает полное растворение вещества.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

5. Точный расход компонента смеси.

$$\forall_{Abcfr}(\text{точнрасход}(A, r) \ \& \ \text{Смесь}(\{b; c\}) = A \ \& \ \text{Химреакция}(r, \{b; c\}, f) \rightarrow \text{точнрасход}(b, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCDpr}(\text{точнрасход}(A, r) \ \& \ \text{Химреакция}(r, \{B; C\}, D) \ \& \ \text{извлечение}(A, p, B) \rightarrow \text{точнрасход}(B, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки - в последнем антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

6. Единственный реагент.

$$\forall_{ABr}(\text{Химреакция}(r, \{A\}, B) \rightarrow \text{точнрасход}(A, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Выражение "практичход(r)" в посылках не встречается. Уровень срабатывания равен 2.

7. Вырожденная смесь.

$$\forall_{abr}(\{a\} = b \rightarrow \text{точнрасход}(b, r) \leftrightarrow \text{точнрасход}(a, r))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "точнрасх"

Напомним, утверждение "точнрасх(a, r)" означает, что вещество a одного из реагентов расходуется в химической реакции r полностью. Для данного символа создан лишь проверочный оператор "усмточнрасх". Он имеет единственный прием:

$$\forall_{ABCabr}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{точнрасход}(A, r) \rightarrow \text{точнрасх}(b, r))$$

Антецеденты идентифицируются с посылками.

Приемы, связанные с символами "химпассив", "Химпассив"

Напомним, утверждение "химпассив(a, r)" означает, что вещество a в химической реакции не участвует. Утверждение "Химпассив(a, b)" означает, что вещества a и b при обычных условиях не реагируют. Приводимые ниже приемы представляют собой лишь предварительные версии, ориентированные на "обычные условия". По мере обучения решателя, их можно уточнять.

1. Общие соображения.

$$\forall_{ABCDEFGfr}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \& \text{Раствор}(A, \{E\}, F) \& \text{Раствор}(B, \{D\}, G) \& \text{вещество}(F, f) \& \text{вещество}(G, f) \rightarrow \text{химпассив}(f, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ACEFfr}(\text{Химреакция}(r, \{E, F\}, C) \& \text{Раствор}(A, \{E\}, F) \& \text{вещество}(F, f) \rightarrow \text{химпассив}(f, r))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{ABCDEbcnpqr}(\text{Раствор}(C, A, B) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{химсостав}(b, c) \& \text{Химреакция}(r, \{C; D\}, E) \& l(D) = n \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(D(i), p(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(p(i), q(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Химпассив}(c, q(i))) \rightarrow \text{химпассив}(b, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый антецедент выделен указателем "идентификатор", восьмой - обрабатывается проверочным оператором. Указатели "развертка" определяют идентификацию шестого и седьмого антецедентов с группами посылок. Переменные D, p, q функциональные. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCabcdnpr}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \& l(B) = n \& \text{вещество}(A, a) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(B(i), b(i))) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(b(i), c(i))) \& \text{химсостав}(a, d) \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химнерагир}(r, d, c(i))) \rightarrow \text{химпассив}(a, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Второй антецедент выделен указателем "идентификатор", седьмой - обрабатывается проверочным оператором. Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый и пятый антецеденты, выделенные указателями "развертка", идентифицируются с группами посылок. Переменные b, c, B функциональные. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Отсутствует посылка вида "составная реакция(r, x)". Длина n набора B больше единицы. Проверочный оператор не усматривает истинность утверждения "химразлаг(a)". Уровень срабатывания равен 2.

2. Реакция диоксида азота с раствором гидроксида.

Этот и последующие приемы данного раздела имеют частный характер и были подсказаны отдельными задачами обучающего материала. Вероятно, информацию о нерагировании конкретных веществ можно и не оформлять в виде приемов, а извлекать непосредственно из базы теорем.

$$\forall_{ABCabpr}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{химсостав}(a, NO_2) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{смесь}(b, \{\text{вода}, p\}) \& \text{химсостав}(p, NaOH) \rightarrow \text{химпассив}(\text{вода}, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем в последнем из них допускается замена Na на K . Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

3. Монооксид углерода не вступает в реакции с кислотами и щелочами.

$$\forall_{abcdefpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, c) \& \text{вещество}(a, d) \& \text{смесь}(d, \{e; f\}) \& \text{химсостав}(e, CO) \& \text{вещество}(b, p) \& \text{смесь}(p, \{\text{вода}, q\}) \& (\text{кислота}(q) \vee \text{щелочь}(q)) \rightarrow \text{химпассив}(e, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме четвертого и седьмого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

4. Азот не вступает в реакцию с медью.

$$\forall_{abcdefpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, c) \& \text{вещество}(a, d) \& \text{смесь}(d, \{e; f\}) \& \text{химсостав}(e, N_2) \& \text{вещество}(b, \text{медь}) \rightarrow \text{химпассив}(e, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме четвертого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

5. Медь не взаимодействует с соляной кислотой.

$$\forall_{abcdefpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, c) \& \text{вещество}(a, d) \& \text{смесь}(d, \{e; f\}) \& \text{химсостав}(e, Cu) \& \text{вещество}(b, p) \& \text{химсостав}(p, HCl) \rightarrow \text{химпассив}(e, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме четвертого и шестого, обрабатываемых проверочными операторами, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Допускается заголовок "сплав" третьего antecedента. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Уровень срабатывания приема равен 2.

6. Металлы, не взаимодействующие с водой.

$$\forall_{abcdefpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, c) \& \text{вещество}(a, d) \& \text{смесь}(d, \{\text{вода}; f\}) \& \text{вещество}(b, \text{цинк}) \rightarrow \text{химпассив}(\text{вода}, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование. В последнем antecedente вместо Zn допускается Cu либо Fe . Уровень срабатывания равен 2.

7. Проверочный оператор "усмХимпассив".

Созданы лишь два приема - про воду и кислоты:

$$\forall_{amn} (\text{Химпассив}(H_2O, \text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), \text{молекулы}(SO_4, m))))$$

$$\forall_{amn} (\text{Химпассив}(H_2O, \text{химсоед}(\text{атомы}(a, n), \text{молекулы}(MnO_4, m))))$$

Приемы, связанные с символом "химнереагир"

Создан проверочный оператор "усмхимнереагир":

1. Переход к формуле вещества.

$$\forall_{abcr} (\text{химсостав}(a, c) \& \text{химнереагир}(r, c, b) \rightarrow \text{химнереагир}(r, a, b))$$

$$\forall_{abcr} (\text{химсостав}(b, c) \& \text{химнереагир}(r, a, c) \rightarrow \text{химнереагир}(r, a, b))$$

Первый antecedent идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение. Уровень срабатывания равен 1.

2. Перестановка операндов.

$$\forall_{abc}(\text{химнереагир}(a, c, b) \rightarrow \text{химнереагир}(a, b, c))$$

Антецедент реализует рекурсивное обращение. Во избежание зацикливания, оно сопровождается комментарием "перестановка", блокирующим применение данного приема. Уровень срабатывания равен 2.

3. Галогениды.

$$\forall_{ABCDmnpqr}(\text{химнереагир}(r, \text{химсоед}(\text{атомы}(A, m), \text{атомы}(B, n)), \text{химсоед}(\text{атомы}(C, p), \text{атомы}(D, q))))$$

Каждое из выражений B, D - один из символов "фтор", "хлор", "бром", "йод". Выражения A, C отличны от "водород". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Amnr}(\text{химнереагир}(r, \text{химсоед}(\text{атомы}(A, m), F_n), AgNO_3))$$

Выражение A - не "водород". Уровень срабатывания равен 1.

4. Вода.

$$\forall_{ABmnr}(\text{химнереагир}(r, \text{химсоед}(\text{атомы}(A, m), \text{атомы}(B, n)), H_2O))$$

Выражение B - один из символов "хлор", "фтор", "бром", "йод". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Amnr}(\text{химнереагир}(r, \text{химсоед}(\text{атомы}(A, m), \text{молекулы}(NO_3, n)), H_2O))$$

Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{Ar}(\text{химнереагир}(r, \text{атомы}(A, 2), H_2O))$$

Выражение A - один из символов "хлор", "фтор", "бром", "йод". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, MnO_2, H_2O))$$

Вместо магния допускается углерод. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, AgNO_3, H_2O))$$

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, SO_2, H_2O))$$

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, \text{сера}, H_2O))$$

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, \text{фосфор}, H_2O))$$

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, H_3PO_4, H_2O))$$

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, KOH, H_2O))$$

В последнем приеме вместо калия допускается натрий. Уровень срабатывания приемов равен 1.

$$\forall_{ABmnr}(\text{химнереагир}(r, \text{химсоед}(\text{атомы}(A, m), \text{молекулы}(SO_4, n)), H_2O))$$

$$\forall_{ABmnr}(\text{химнереагир}(r, \text{химсоед}(\text{атомы}(A, m), \text{молекулы}(CO_3, n)), H_2O))$$

Уровень срабатывания равен 1.

5. Сера и сульфид.

$$\forall_{mnp}(\text{металл}(p) \rightarrow \text{химнереагир}(r, \text{сера}, \text{химсоед}(S_m, \text{атомы}(p, n))))$$

Антецедент обрабатывается справочником. Уровень срабатывания равен 1.

6. Продукты другой химической реакции.

$$\forall_{ABC Dabpqrs}(\text{химсостав}(a, p) \ \& \ \text{химсостав}(b, q) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{Химреакция}(r, C, D) \ \& \ A \in D \ \& \ B \in D \rightarrow \text{химнереагир}(s, p, q))$$

Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками, причем они выделены указателем "повтор", т.е. могут быть идентифицированы с посылками, уже зарегистрированными в комментарии (исключение ...). Последние два антецедента обрабатываются проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

7. Фосфорная кислота и оксид фосфора.

$$\forall_{mnr}(\text{химнереагир}(r, P_nO_m, H_3PO_4))$$

Уровень срабатывания равен 1.

8. Хлороводородная кислота и соли натрия.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, NaNO_3, HCl))$$

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, Na_2SO_4, HCl))$$

Уровень срабатывания равен 1.

9. Хлорид бария и соль азотной кислоты.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, NaNO_3, BaCl_2))$$

Уровень срабатывания равен 1.

10. Кремний и серная кислота.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, H_2SO_4, \text{кремний}))$$

Уровень срабатывания равен 1.

11. Углерод и щелочь.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, NaOH, \text{углерод}))$$

Вместо натрия допускается калий. Уровень срабатывания равен 1.

12. Хлорид магния.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, K_2SO_4, MgCl_2))$$

Уровень срабатывания равен 1.

13. Гидроксид и нитрат калия либо натрия.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, KNO_3, KOH))$$

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, NaNO_3, NaOH))$$

Уровень срабатывания равен 1.

14. Соли азотной кислоты.

$$\forall_{abcd}(\text{химнереагир}(r, \text{химсоед}(a, \text{молекулы}(NO_3, b)), \text{химсоед}(c, \text{молекулы}(NO_3, d))))$$

Уровень срабатывания равен 1.

15. Алюминий и холодная концентрированная серная кислота.

$$\forall_{ABCar}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, H_2SO_4) \ \& \ \neg(\text{нагревание}(r)) \rightarrow \text{химнереагир}(r, \text{алюминий}, H_2SO_4))$$

Антеcedенты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

16. Медь и щелочь.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, NaOH, \text{медь}))$$

Вместо натрия допускается калий. Уровень срабатывания равен 1.

17. Нитрат меди.

$$\forall_{abr}(\text{химэлемент}(a) \rightarrow \text{химнереагир}(r, a, \text{химсостав}(b, \text{молекулы}(NO_3, 2))))$$

Антеcedент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ar}(\text{химнереагир}(r, O_2, \text{химсоед}(a, \text{молекулы}(NO_3, 2))))$$

Уровень срабатывания равен 1.

18. Медь и соляная кислота.

$$\forall_r(\text{химнереагир}(r, HCl, \text{медь}))$$

Уровень срабатывания равен 1.

Приемы символа "практивыход"

1. Объем фактически использованной части газообразного реагента.

$$\forall_{ABrk}(\text{прореагир}(A, B, r) \ \& \ \text{практивыход}(r) = k \rightarrow \text{Объем}(A, t) = k \cdot \text{Объем}(B, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Объем(A, t)" в посылке задачи на исследование. Антеcedенты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

2. Нормализатор общей стандартизации "нормпрактивыход".

(a) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Выражение a имеет заголовок "практивыход" и не является подвыражением выражения b . Антеcedент идентифицируется с посылкой, причем перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Определение значения по умолчанию.

$$\forall_r(\text{практивыход}(r) = 1)$$

Выражение "практивыход(r)" в посылках не встречается. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "химреагент"

1. Усмотрение одного из реагентов реакции.

$$\forall_{abcnr}(\text{химреакция}(r, \{(b, n); c\}, a) \rightarrow \text{химреагент}(r, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение неподходящего уравнения реакции.

$$\forall_{abcd}(\text{химреагент}(a, b) \rightarrow \neg(\text{химреакция}(a, c, d)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к подутверждению условия задачи на описание. Выражение b не является подвыражением выражения c . Оба эти выражения константные, причем b - либо логический символ, либо имеет своим заголовком один из символов "атомы", "химсоед". Перед анализом выражений b, c они обрабатываются нормализатором "станд". Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "химреагенты"

1. Ввод в рассмотрение уравнения реакции по множествам реагентов и продуктов.

$$\forall_{abmnpqr}(\text{химреагенты}(r, \{; a\}) \& \text{химпродукты}(r, \{; b\}) \& l(a) = n \& l(b) = m \rightarrow \\ \text{химреакция}(r, \{; \lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{; \lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}) \\ \& \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow p(i) - \text{натуральное}) \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow q(i) - \text{натуральное}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, имеющей цель "химреакция". Такая цель указывает, что ответом внешней задачи на описание должно служить уравнение химической реакции. Последние два антецедента выделены указателем "идентификатор". Выражения a, b имеют заголовок "набор". Переменная r - неизвестная. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Прием вводит наборы p, q новых переменных, длины которых равны, соответственно, n и m . Эти переменные регистрируются как неизвестные. Указатели "развертка" определяют выписывание описателей "отображение" в виде конечных наборов, а кванторных импликаций - как конъюнкций. Уровень срабатывания равен 2.

2. Составление списка реагентов.

$$\forall_{abcdnr}(\text{Химреакция}(r, \{; a\}, b) \& l(a) = n \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), c(i))) \& \\ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(c(i), d(i))) \rightarrow \text{химреагенты}(r, \{; d\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме второго, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. При этом два последних антецедента идентифицируются с группами посылок. Выражение a имеет заголовок "набор". Задача имеет посылку вида "химпродукты(r, x)". Отсутствуют посылки вида "химреакция(r, y, z)" и "химреагенты(r, y)". Переменные a, c, d функциональные. Уровень срабатывания равен 4.

3. Ввод в рассмотрение объектов реакции при составлении ее уравнения.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABC_{anr}}(\text{химреагенты}(r, \{; a\}) \ \& \ l(a) = n \rightarrow \text{Химреакция}(r, \{; A\}, B) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(A(i), C(i))) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химсостав}(C(i), a(i))) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цель "химреакция", второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Отсутствуют посылки вида "химреакция(r, x, y)" и "Химреакция(r, x, y)". Прием вводит новую переменную B , а также наборы новых переменных A и C , имеющие длину n . Эти переменные регистрируются как неизвестные. Кванторы общности выписываются в виде конъюнкций. Уровень срабатывания равен 8.

4. Усмотрение кислой среды.

$$\forall_{abr}(\text{химреагенты}(r, \{a; b\}) \ \& \ \text{кислота}(a) \rightarrow \text{кислсреда}(r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Существует посылка вида "химпродукты(r, x)", у которой выражение x содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "химпродукт"

1. Усмотрение одного из продуктов реакции.

$$\forall_{abcnr}(\text{химреакция}(r, a, \{(b, n); c\}) \rightarrow \text{химпродукт}(r, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение отсутствия заданного вещества в продуктах реакции.

$$\forall_{Aabr}(\text{химреакция}(r, a, \{; b\}) \rightarrow \neg(\text{химпродукт}(r, A)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Выражение b имеет заголовок "набор", причем отсутствует его операнд, имеющий (после обработки нормализатором "станд") вид (A, n) . Выражения b, A константные. Либо A - название химического элемента, либо (после обработки нормализатором "станд") имеет своим заголовком один из символов "химсоед", "атомы". Уровень срабатывания равен 1.

3. Разбор случаев по неизвестному продукту известной реакции.

$$\forall_{abmnpqrsx}(\text{химреакция}(r, a, \{\lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}) \ \& \ \text{химпродукт}(r, x) \rightarrow \exists_i(i \in \{1, \dots, m\} \ \& \ x = b(i)))$$

Прием имеет заголовок "выводусловия". Второй антецедент идентифицируется с условием задачи на описание, первый - с посылкой либо условием. Переменная x - неизвестная. Описатель "отображение" идентифицируется с конечным набором, не содержащим неизвестных. Переменные b, q функциональные. Квантор существования разворачивается в дизъюнкцию, которая сопровождается комментарием "разборслучаев". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "химпродукты"

Создан единственный прием, извлекающий из контекста список продуктов реакции. Он используется в задачах на окислительно-восстановительные реакции, где по заданному списку реагентов, путем анализа степеней окисления, шаг за шагом определяются отдельные продукты реакции.

$$\forall_{anrx}(\text{химпродукты}(r, x) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow a(i) \in x) \rightarrow x = \{; a\})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем второй антецедент - с группой посылок. Переменная x - неизвестная. Результирующий набор a непуст. Уровень срабатывания равен 5.

Приемы, связанные с символом "израсход"

1. Израсходованная часть - подмножество реагента.

$$\forall_{ABar}(\text{израсход}(B, A, r) \rightarrow B \subseteq A)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

2. Израсходованная часть раствора.

$$\forall_{ABCDEcr}(\text{Смесь}(\{C, D\}) = B \ \& \ \text{вещество}(D, \text{вода}) \ \& \ \text{вещество}(C, c) \rightarrow \text{израсход}(A, B, r) \leftrightarrow \text{израсход}(E, C, r) \ \& \ \text{извлечение}(A, c, E))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Прием вводит новую переменную E регистрируя ее в качестве неизвестной. Уровень срабатывания равен 3.

3. Вещество израсходованной части реагента.

$$\forall_{abcr}(\text{израсход}(a, b, r) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{вещество}(a, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

4. Вырожденная реакция.

$$\forall_{abcr}(\text{Химреакция}(r, c, c) \rightarrow \text{израсход}(a, b, r) \leftrightarrow a = \emptyset)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "жидкаячасть"

1. Отбрасывание газообразных продуктов.

$$\forall_{abcrq}(b = c \cup \{p\} \ \& \ \text{вещество}(p, q) \ \& \ \text{газ}(q) \rightarrow \text{жидкаячасть}(a, b) \leftrightarrow \text{жидкаячасть}(a, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Вместо символа "объединение" в первом

антецеденте допускается символ "химобъединение". Уровень срабатывания равен 2.

2. Реакция углекислого газа с раствором щелочи.

$$\forall_{abcdpqrs}(\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, c) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{химсостав}(d, CO_2) \ \& \ \text{вещество}(b, p) \ \& \ \text{смесь}(p, \{\text{вода}, q\}) \ \& \ \text{щелочь}(q) \ \& \ \text{химизбыток}(b, r) \rightarrow \text{жидкаячасть}(s, c) \leftrightarrow s = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Все антецеденты, кроме шестого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "раствчасть"

Для выделения растворимой части созданы следующие приемы:

$$\forall_{ABCD}(\text{вещество}(A, d) \rightarrow \text{раствчасть}(\{A \cup B; C\}, d) = \{A \cup B\} \cup \text{раствчасть}(\{; C\}, d))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_a(\text{раствчасть}(\emptyset, a) = \emptyset)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ABabc}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, b) \ \& \ \text{растворимо}(b, c) \rightarrow \text{раствчасть}(\{A; B\}, c) = \{A\} \cup \text{раствчасть}(\{; B\}, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABabc}(\text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, b) \ \& \ \neg(\text{растворимо}(b, c)) \rightarrow \text{раствчасть}(\{A; B\}, c) = \text{раствчасть}(\{; B\}, c))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "твердаячасть"

1. Отбрасывание газообразных продуктов.

$$\forall_{abcpq}(b = c \cup \{p\} \ \& \ \text{вещество}(p, q) \ \& \ \text{газ}(q) \rightarrow \text{твердаячасть}(a, b) \leftrightarrow \text{твердаячасть}(a, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Вместо символа "объединение" в первом антецеденте допускается символ "химобъединение". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{acdpq}(\text{вещество}(p, q) \ \& \ \text{газ}(q) \rightarrow \text{твердаячасть}(a, \{p \cup d; c\}) \leftrightarrow \text{твердаячасть}(a, \{; c\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

2. Отбрасывание жидких продуктов.

$$\forall_{acdpq}(\text{вещество}(p, q) \& \text{жидкость}(q) \rightarrow \text{твердаячасть}(a, \{p \cup d; c\}) \leftrightarrow \text{твердаячасть}(a, \{; c\}))$$

Аналогично предыдущему.

3. Окисление металла.

$$\forall_{abcdprs}(\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, c) \& \text{вещество}(a, d) \& \text{химсостав}(d, O_2) \& \text{вещество}(b, p) \& \text{металл}(p) \& \text{химизбыток}(b, r) \rightarrow \text{твердаячасть}(s, c) \leftrightarrow s = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, пятый - справочником. Остальные антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Выражение p отлично от символа "ртуть". Уровень срабатывания равен 3.

4. Использование уравнения реакции.

$$\forall_{ABCDEPQbdmnr}(\text{Химреакция}(r, A, B) \& \text{химреакция}(r, C, \{(P, m), (Q, n)\}) \& \text{твердый}(P) \& (\text{газ}(Q) \vee \text{жидкость}(Q)) \rightarrow \text{твердаячасть}(D, B) \leftrightarrow b \in B \& \text{вещество}(b, d) \& \text{химсостав}(d, P) \& D = \{b\} \cup E \& \neg(b \in E) \& \text{твердаячасть}(E, \text{химостаток}(r)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Прием вводит новые переменные b, d, E , регистрируя их как неизвестные. Уровень срабатывания равен 3.

5. Набор твердых веществ.

$$\forall_{abcd}(\text{вещество}(b, c) \& \text{твердый}(c) \rightarrow \text{твердаячасть}(a, \{b \cup d\}) \leftrightarrow a = \{b \cup d\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcde}(\text{вещество}(b, c) \& \text{вещество}(d, e) \& \text{твердый}(c) \& \text{твердый}(e) \rightarrow \text{твердаячасть}(a, \{b, d\}) \leftrightarrow a = \{b, d\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

6. Пустой остаток.

$$\forall_a(\text{твердаячасть}(a, \emptyset) \leftrightarrow a = \emptyset)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "нераствчасть"

1. Выделение нерастворимой части.

$$\forall_{ABpqrs}(A = \text{химобъединение}(p, \{q \cup r\}) \ \& \ \text{вещество}(q, s) \ \& \ \text{жидкость}(s) \ \& \ \text{твердаячасть}(B, A) \rightarrow B = \text{нераствчасть}(p, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

2. Нерастворимая часть объединения продуктов реакций.

$$\forall_{abc}(\text{нераствчасть}(\text{химобъединение}(a, b), c) = \text{химобъединение}(\text{нераствчасть}(a, c), \text{нераствчасть}(b, c)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

3. Нерастворимая часть продуктов реакции.

$$\begin{aligned} &\forall_{ABabcdkmnprsx}(\text{Химреакция}(r, A, B) \ \& \ \text{химреакция}(r, \{; s\}, \{; a\}) \ \& \ l(a) = n \ \& \\ &\text{set}_x(\exists_i(i \in \{1, \dots, n\} \ \& \ x = a(i)(1) \ \& \ \neg(\text{газ}(a(i)(1))) \ \& \\ &\neg(\text{растворимо}(a(i)(1), c)))) = \{; b\} \ \& \ l(b) = m \ \& \ l(s) = k \ \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, k\} \rightarrow \text{растворимо}(s(i)(1), c)) \rightarrow \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow p(i) \in B \ \& \ \text{вещество}(p(i), d(i)) \ \& \ \text{химсостав}(d(i), b(i))) \ \& \\ &\text{нераствчасть}(B, c) = \{; p\}) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "нераствчасть(B, c)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками. Выражения a, s имеют заголовок "набор". Антецеденты с третьего по шестой выделены указателем "идентификатор". Левая часть четвертого антецедента обрабатывается нормализатором "нормкласс". При этом утверждения с заголовками "газ" и "растворимо" обрабатываются нормализатором "нормусм". Квантор существования выписывается как дизъюнкция. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Квантор общности в выводимом утверждении выписывается как конъюнкция. Прием вводит наборы p, d новых переменных, имеющие длину m. Эти переменные регистрируются в качестве неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

4. Единственное нерастворимое вещество.

$$\forall_{abcd}(\text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{химсостав}(c, d) \ \& \ \neg(\text{растворимо}(d, b)) \rightarrow \text{нераствчасть}(\{a\}, b) = \{a\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

5. Отбрасывание растворимых частей.

$$\forall_{adep}(\text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{химсостав}(d, e) \ \& \ \text{растворимо}(e, p) \rightarrow \text{нераствчасть}(a, p) = \emptyset)$$

$$\forall_{abcdep}(\text{вещество}(a, d) \& \text{химсостав}(d, e) \& \text{растворимо}(e, p) \rightarrow \text{нераствчасть}(\{a; b\} \cup c, p) = \text{нераствчасть}(\{; b\} \cup c, p))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdeprq}(\text{Химреакция}(r, \{c, d\}, e) \& \text{точнрасход}(c, r) \& \text{вещество}(d, p) \& \text{химсостав}(p, q) \& \text{растворимо}(q, b) \rightarrow \text{нераствчасть}(\text{химостаток}(r) \cup a, b) = \text{нераствчасть}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками, пятый - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

6. Пустой остаток.

$$\forall_a(\text{нераствчасть}(\emptyset, a) = \emptyset)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

7. Отбрасывание растворителя.

$$\forall_{abcdep}(\text{вещество}(a, d) \& \text{химсостав}(d, e) \& \text{химсостав}(p, e) \rightarrow \text{нераствчасть}(\{a; b\} \cup c, p) = \text{нераствчасть}(\{; b\} \cup c, p))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "газообрчасть"

1. Определение газообразной части.

$$\begin{aligned} &\forall_{ABDabcdkmnprsx}(\text{Химреакция}(r, A, B) \& \text{химреакция}(r, \{; s\}, \{; a\}) \& l(a) = n \& \\ &\text{set}_x(\exists_i(i \in \{1, \dots, n\} \& x = a(i)(1) \& \text{газ}(a(i)(1)))) = \{; b\} \& l(b) = m \& \\ &\text{газообрчасть}(D, B) \& l(s) = k \& \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, k\} \rightarrow \neg(\text{газ}(s(i)(1))) \vee \text{точнрасх}(s(i)(1), r)) \rightarrow \\ &\forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow p(i) \in B \& \text{вещество}(p(i), d(i)) \& \text{химсостав}(d(i), b(i))) \& \\ &D = \{; p\}) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в шестом антецеденте. Восьмой антецедент обрабатывается проверочным оператором, остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Выражения a, s имеют заголовок "набор". Переменные k, m, n идентифицированы с натуральными константами. Квантор существования выписывается как дизъюнкция, квантор общности в выводимом утверждении - как конъюнкция. Прием вводит списки d, p новых переменных, имеющие длину m . Эти переменные регистрируются как неизвестные. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABDabcdkmnprsx}(\text{Химреакция}(r, \{; A\}, B) \& \text{химреакция}(r, \{; s\}, \{; a\}) \& l(a) = n \& \text{set}_x(\exists_i(i \in \{1, \dots, n\} \& x = a(i)(1) \& \text{газ}(a(i)(1)))) = \{; b\} \& l(b) = m \& \text{газообрчасть}(D, B) \& l(A) = k \& \forall_i(i \in \{1, \dots, k\} \rightarrow \text{точнрасход}(A(i), r)) \rightarrow$$

$$\forall_i(i \in \{1, \dots, m\} \rightarrow p(i) \in B \ \& \ \text{актив}(\text{количества}(p(i), d(i))) \ \& \ \text{вещество}(p(i), d(i)) \ \& \ \text{химсостав}(d(i), b(i))) \ \& \ D = \{; p\})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также шестой и восьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в шестом антецеденте. Восьмой антецедент, выделенный указателем "развертка", идентифицируется с группой посылок. Остальные антецеденты выделены указателем "идентификатор". Выражения a, s, A имеют заголовок "набор". Переменные k, m, n идентифицированы с натуральными константами. Квантор существования выписывается как дизъюнкция, квантор общности в выводимом утверждении - как конъюнкция. Прием вводит списки d, p новых переменных, имеющие длину m . Эти переменные регистрируются как неизвестные. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABb}(\text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{газ}(b) \rightarrow \text{газообрчасть}(A, \{B\}) \leftrightarrow A = \{B\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDEbd}(\text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{газ}(d) \rightarrow \text{газообрчасть}(A, \{B \cup C, D \cup E\}) \leftrightarrow A = \{B \cup C, D \cup E\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый и третий антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста, второй и четвертый - обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 3.

2. Отбрасывание негазообразных элементов в объединении тел.

$$\forall_{abcde}(b = c \cup \{d\} \ \& \ \text{вещество}(d, e) \ \& \ \neg(\text{газ}(e)) \rightarrow \text{газообрчасть}(a, b) \leftrightarrow \text{газообрчасть}(a, c))$$

$$\forall_{abcde}(b = \text{химобъединение}(c, \{d\}) \ \& \ \text{вещество}(d, e) \ \& \ \neg(\text{газ}(e)) \rightarrow \text{газообрчасть}(a, b) \leftrightarrow \text{газообрчасть}(a, c))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм" и применяются в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, причем точка привязки выбрана в первом из них. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdpx}(\text{вещество}(a, p) \ \& \ \neg(\text{газ}(p)) \rightarrow \text{газообрчасть}(x, \text{химобъединение}(\{a \cup b; c\}, d)) \leftrightarrow \text{газообрчасть}(x, \text{химобъединение}(\{; c\}, d)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDb}(\text{вещество}(B, b) \ \& \ \neg(\text{газ}(b)) \rightarrow \text{газообрчасть}(A, \{B \setminus D; C\}) \leftrightarrow \text{газообрчасть}(A, \{; C\}))$$

$$\forall_{ABCDEb}(\text{вещество}(B, b) \ \& \ \neg(\text{газ}(b)) \rightarrow \text{газообрчасть}(A, \{B \cup D; C\} \cup E) \leftrightarrow \text{газообрчасть}(A, \{; C\} \cup E))$$

Аналогично предыдущему, но уровни срабатывания равны 5.

3. Ввод в рассмотрение количества вещества для газообразного продукта реакции.

$$\forall_{ABCDEbr}(\text{Химреакция}(r, A, \{B; C\}) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{газ}(b) \ \& \ \text{газообрчасть}(E, D) \rightarrow \text{актив}(\text{количества}(B, b)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме третьего, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом antecedente. Выражение B - подвыражение выражения D . Выражение "количества(B, b)" в посылках пока не встречается. Уровень срабатывания равен 3.

4. Отбрасывание остатка реагентов, если все они не газообразные.

$$\forall_{ABCnrx}(\text{химреакция}(r, \{; A\}, B) \ \& \ l(A) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \neg(\text{газ}(A(i)(1)))) \rightarrow \text{газообрчасть}(x, C \cup \text{химостаток}(r)) \leftrightarrow \text{газообрчасть}(x, C))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый antecedent идентифицируется с посылкой, причем выражение A имеет заголовок "набор". Второй antecedent выделен указателем "идентификатор", третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 2.

5. Объем объединения одинаковых газов - продуктов двух различных химических реакций.

$$\forall_{ABCabcdefpqt}(\text{Химреакция}(a, b, c) \ \& \ \text{Химреакция}(d, e, f) \ \& \ \text{газообрчасть}(p, c) \ \& \ \text{газообрчасть}(q, f) \ \& \ p = \{A\} \ \& \ q = \{B\} \ \& \ C = \{A \cup B\} \rightarrow \text{Объем}(C, t) = \text{Объем}(A, t) + \text{Объем}(B, t))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в седьмом antecedente. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Объем(C, t)" некоторой посылки. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "Вещества"

Создан единственный прием, усматривающий включение множества веществ продуктов реакции в вещества их объединения с некоторыми другими телами:

$$\forall_{ABCabnr}(\text{Химреакция}(r, A, B) \ \& \ \text{химобъединение}(B, C) = \{; a\} \ \& \ l(a) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(a(i), b(i))) \rightarrow \text{Вещества}(B) \subseteq \{; b\})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedents идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - с группой посылок. Третий antecedent выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Переменные a, b функциональные. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "списоквеществ"

Напомним, что "списоквеществ(A)" обозначает множество формул веществ, участвующих в множестве пар (формула вещества - кратность), используемом в уравнении химической реакции. Создан нормализатор "нормсписоквеществ":

1. Пустой список.

$$\text{списоквеществ}(\emptyset) = \emptyset$$

2. Шаг рекурсии.

$$\forall_{abc}(\text{списоквеществ}(\{(a, b); c\}) = \{a\} \cup \text{списоквеществ}(\{; c\}))$$

Приемы, связанные с символом "химобъединение"

1. Два одинаковых вещества.

$$\forall_{abc}(\text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{химобъединение}(\{a\}, \{b\}) = \{a \cup b\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Преобразуемое выражение не является последним операндом утверждения "Химреакция(...)". Указатель "замена вхождений" определяет одновременную замену всех вхождений преобразуемого термина в задачу. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcd}(\text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{химобъединение}(\{a\}, \{b; d\}) = \{a \cup b \ d\})$$

Аналогично предыдущему, но первый антецедент обрабатывается проверочным оператором.

$$\forall_{abcde}(\text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{вещество}(b, c) \rightarrow \text{химобъединение}(\{a; e\}, \{b; d\}) = \text{химобъединение}(\{a \cup b \ e\}, \{; d\}))$$

Аналогично предыдущему.

$$\forall_{abcdepq}(\text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{химсостав}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(b, q) \ \& \ \text{химсостав}(q, p) \rightarrow \text{химобъединение}(\{a; e\}, \{b; d\}) = \text{химобъединение}(\{a \cup b \ e\}, \{; d\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста. Преобразуемое выражение не является последним операндом утверждения "Химреакция(...)". Указатель "замена вхождений" определяет одновременную замену всех вхождений преобразуемого термина в задачу. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdpq}(\text{вещество}(a, c) \ \& \ \text{химсостав}(c, p) \ \& \ \text{вещество}(b, q) \ \& \ \text{химсостав}(q, p) \rightarrow \text{химобъединение}(\{a\}, \{b; d\}) = \{a \cup b \ d\})$$

Аналогично предыдущему.

2. Принадлежность объединению продуктов.

$$\forall_{abcdpq}(\text{вещество}(d, p) \ \& \ \text{вещество}(a, q) \ \& \ \text{разные вещества}(p, q) \rightarrow d \in \text{химобъединение}(\{a; b\} \cup e, c) \leftrightarrow d \in \text{химобъединение}(\{; b\} \cup e, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, третий - обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\begin{aligned} & \forall_{Habcdehnr}(\text{вещество}(H, h) \ \& \ \text{Химреакция}(r, \{; \lambda_i(c(i), i \in \{1, \dots, n\})\}, e) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(c(i), d(i))) \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{разныевещества}(d(i), h)) \rightarrow \\ & H \in \text{химобъединение}(a \cup \text{химостаток}(r), b) \leftrightarrow H \in \text{химобъединение}(a, b)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, причем третий - с группой утверждений. Описатель "отображение" при этом идентифицируется с конечным набором. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Переменные c, d функциональные. Уровень срабатывания равен 1.

3. Отбрасывание пустого списка.

$$\forall_a(\text{химобъединение}(a, \emptyset) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

4. Объединение различных веществ.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefpqr}(\text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{вещество}(b, e) \ \& \ \text{вещество}(c, f) \ \& \\ & \text{разныевещества}(d, f) \ \& \ \text{разныевещества}(e, f) \rightarrow \\ & \text{химобъединение}(\{a \cup p, b \cup q\}, \{c \cup r\}) = \{a \cup p, b \cup q, c \cup r\}) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые три антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, последние два - обрабатываются проверочными операторами. Указатель "замена вхождений" определяет одновременную замену всех вхождений выражения "химобъединение(...)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefmnpq}(a = \{; b\} \ \& \ c = \{; d\} \ \& \ l(b) = n \ \& \ l(d) = m \ \& \\ & \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{вещество}(b(i), p(i))) \ \& \\ & \forall_j(j \in \{1, \dots, m\} \rightarrow \text{вещество}(d(j), q(j))) \ \& \\ & \forall_{ij}(i \in \{1, \dots, n\} \ \& \ j \in \{1, \dots, m\} \rightarrow \text{разныевещества}(p(i), q(j))) \rightarrow \\ & \text{химобъединение}(a, c) = \{; b; d\}) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, причем выражения b, d имеют заголовок "набор". Пятый и шестой антецеденты идентифицируются с группами утверждений из контекста, третий и четвертый - выделены указателем "идентификатор". Седьмой антецедент обрабатывается проверочным оператором. Переменные p, q функциональные. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefpqr}(\text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{вещество}(c, f) \ \& \ \text{разныевещества}(d, f) \rightarrow \text{химобъединение}(\{a \cup p\}, \{c \cup r\}) = \{a \cup p, c \cup r\})$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с утверждениями из контекста, последний - обрабатывается проверочным оператором. Указатель "заменавхождений" определяет одновременную замену всех вхождений выражения "химобъединение(...)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdefghpqrs}(\text{вещество}(a, h) \ \& \ \text{вещество}(b, e) \ \& \ \text{вещество}(c, f) \ \& \ \text{вещество}(d, g) \ \& \ \text{разныевещества}(h, g) \ \& \ \text{разныевещества}(e, g) \ \& \ \text{разныевещества}(f, g) \rightarrow \text{химобъединение}(\{a \cup p, b \cup q, c \cup r\}, \{d \cup s\}) = \{a \cup p, b \cup q, c \cup r, d \cup s\})$$

Аналогично предыдущему.

5. Отбрасывание равенства для неиспользуемой переменной.

$$\forall_{ab}(a = \text{химобъединение}(b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Он заменяет равенство на логическую константу "истина". При этом переменная a не встречается в прочих посылках. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Уровень срабатывания равен 2.

6. Отбрасывание нулевой массы.

$$\forall_{abc}(\text{масса}(a) = 0 \rightarrow \text{химобъединение}(\{a; b\}, c) = \text{химобъединение}(\{; b\}, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

7. Использование равенства из посылок.

$$\forall_{abc}(a = \{; b\} \rightarrow \text{химобъединение}(a, \{; c\}) = \text{химобъединение}(\{; b; c\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 3.

8. Ориентация равенства.

$$\forall_{abc}(\text{химобъединение}(a, b) = c \leftrightarrow c = \text{химобъединение}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. При идентификации не допускается перестановка частей равенства. Выражение c не содержит символа "химобъединение". Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "химостаток"

1. Усмотрение пустого остатка.

$$\forall_{abnr}(l(a) = n \ \& \ \text{Химреакция}(r, \{; a\}, b) \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{точнрасход}(a(i), r)) \rightarrow \text{химостаток}(r) = \emptyset)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Второй антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, третий - с группой утверждений из контекста. Выражение a имеет заголовок "набор". Первый антецедент выделен указателем "идентификатор". Выражение "практвыход(r)" в задаче не встречается. Уровень срабатывания равен 0.

2. Ориентация равенства.

$$\forall_{ab}(a = \text{химостаток}(b) \leftrightarrow \text{химостаток}(b) = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Переменная a идентифицируется с переменной. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 0.

Приемы, связанные с символом "степокисл"

Хотя символ "степокисл" и отнесен к разделу "общие свойства веществ", здесь мы приведем связанные с ним приемы, в которых фигурируют химические реакции.

1. Окисление либо восстановление элемента в химической реакции.

$$\forall_{ABabcmnpqrw}(\text{химреакция}(r, \{(u, p); A\}, \{(v, q); B\}) \& u = \text{химсоед}(\text{атомы}(a, i), b) \& v = \text{химсоед}(\text{атомы}(a, j), c) \& \text{степокисл}(a, u) = m \& \text{степокисл}(a, v) = n \& m < n \rightarrow \text{окисление}(r, a, m, n))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цель "окисление". Эта цель означает, что требуется определить окислители и восстановители химической реакции. Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором, остальные - выделены указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABabcmnpqrw}(\text{химреакция}(r, \{(u, p); A\}, \{(v, q); B\}) \& u = \text{химсоед}(\text{атомы}(a, i), b) \& v = \text{химсоед}(\text{атомы}(a, j), c) \& \text{степокисл}(a, u) = m \& \text{степокисл}(a, v) = n \& n < m \rightarrow \text{восстановление}(r, a, m, n))$$

Аналогично предыдущему.

2. Определение степеней окисления при нахождении продуктов реакции.

$$\forall_{ABCmnp}(\text{химреагенты}(r, \{p; C\}) \& p = \text{химсоед}(\text{атомы}(A, n), B) \& m = \text{степокисл}(A, p) \rightarrow \text{степокисл}(A, p) = m)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, два других - выделены указателем "идентификатор". Правая часть последнего антецедента обрабатывается нормализатором "нормстепокисл", причем результат m - десятичная константа. Задача имеет посылку вида "химпродукты(r, x)", где x - неизвестная. Отсутствует посылка вида "степокисл(A, p) = b ". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "окисление"

Создан единственный прием, передающий во внешнюю задачу на описание данные об окислении. Теорема его имеет вид "замещениеусловий(окисление(a, b, c, d))", заголовок - "замещениеусловий". Утверждение "окисление(a, b, c, d)" идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цель "окисление". Переменная a - неизвестная; выражения b, c, d не содержат неизвестных. Уровень срабатывания приема равен 3.

Приемы, связанные с символом "восстановление"

Аналогично предыдущему; теорема приема - "замещение условий (восстановление(a, b, c, d))".

Приемы, связанные с символом "концентрир"

Для усмотрения концентрированных кислоты либо щелочи созданы следующие приемы:

$$\forall_{ABCadpr}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{смесь}(a, \{d, \text{вода}\}) \& \text{химсостав}(d, H_2SO_4) \& \text{содержание}(d, a) = p \& 0.9 < p \rightarrow \text{концентрир}(A, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый - выделен указателем "идентификатор". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{ABCr}(\text{Раствор}(A, \{B\}, C) \rightarrow \text{концентрир}(A, r) \leftrightarrow \text{концентрир}(B, r))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{APQRabcer}(\text{составнреакция}(r, \{a; b\}) \& \text{Химреакция}(a, \{P; Q\}, R) \& A = \text{Смесь}(\{c, e\}) \& \text{вещество}(e, \text{вода}) \& \text{концентрир}(A, r) \& P \subseteq c \rightarrow \text{концентрир}(P, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, шестой - обрабатывается проверочным оператором. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания приема равен 2.

$$\forall_{ABCr}(A = \text{Смесь}(\{B, C\}) \& \text{вещество}(B, \text{вода}) \rightarrow \text{концентрир}(A, r) \leftrightarrow \text{концентрир}(C, r))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с утверждениями из контекста, причем точка привязки выбрана в первом из них. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "среднконцентр"

Для усмотрения средне-концентрированной азотной кислоты создан следующий прием:

$$\forall_{ABCDadpr}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\} \cup D, C) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{смесь}(a, \{d, \text{вода}\}) \& \text{химсостав}(d, HNO_3) \& \text{содержание}(d, a) = p \& 0.3 < p \& p < 0.6 \rightarrow \text{среднконцентр}(A, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый - выделен указателем "идентификатор". Два последних антецедента обрабатываются проверочными операторами. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "разбавлено"

$$\forall_{ABCadpr}(\text{Химреакция}(r, \{A; B\}, C) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{смесь}(a, \{d, \text{вода}\}) \& \text{химсостав}(d, H_2SO_4) \& \text{содержание}(d, a) = p \& p < 0.3 \rightarrow \text{разбавлено}(A, r))$$

$\forall_{ABCadpr}$ (Химреакция($r, \{A; B\}, C$) & вещество(A, a) & смесь($a, \{d, \text{вода}\}$) & химсостав($d, NaOH$) & содержание(d, a) = p & $p < 0.5$ → разбавлено(A, r))

$\forall_{ABCDadpr}$ (Химреакция($r, \{A; B\} \cup D, C$) & вещество(A, a) & смесь($a, \{d, \text{вода}\}$) & химсостав(d, HNO_3) & содержание(d, a) = p & $p \leq 0.3$ → разбавлено(A, r))

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый - выделен указателем "идентификатор". Последний антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "составнреакция"

1. Объединение продуктов реакций, имеющих одинаковый химический состав.

$\forall_{ABCDEFPQRabceklnpqrs}$ (составнреакция($r, \{p, q\}$) & Химреакция(r, A, B) & Химреакция(p, C, D) & Химреакция(q, E, F) & Химпродукт(r, P) & вещество(P, m) & химсостав(m, n) & химреакция($p, c, \{(n, k); a\}$) & химреакция($q, e, \{(n, s); b\}$) → $Q \in D$ & $R \in F$ & $P = Q \cup R$ & непересек(Q, R) & вещество(Q, m) & вещество(R, m))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в первом из них. Отсутствует посылка вида " $P = X \cup Y$ ". Прием вводит новые переменные Q, R . Уровень срабатывания равен 3.

2. Усмотрение избытка вещества.

\forall_{ACpqrs} (составнреакция($r, \{p; q\}$) & химизбыток(A, r) & Химреакция($p, \{A; C\}, s$) → химизбыток(A, p))

$\forall_{ABCapqrs}$ (составнреакция($r, \{p; q\}$) & химизбыток(A, r) & Химреакция($p, \{B; C\}, s$) & вещество(B, a) & вещество(A, a) → химизбыток(B, p))

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDErst}$ ($A = \text{Смесь}(\{B; C\})$ & химизбыток(A, r) & составнреакция($r, \{s; t\}$) & Химреакция($s, \{B; D\}, E$) → химизбыток(B, s))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 2.

3. Усмотрение концентрированного либо разбавленного состава.

$\forall_{APQRabcer}$ (составнреакция($r, \{a; b\}$) & Химреакция($a, \{P; Q\}, R$) & $A = \text{Смесь}(\{c, e\})$ & вещество($e, \text{вода}$) & разбавлено(A, r) & $P \subseteq c$ → разбавлено(P, a))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, шестой - обрабатывается проверочным оператором. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{ABCDEFabcdp}$ (составнреакция($a, \{b; c\}$) & Химреакция($a, \{A; B\}, C$) & концентрир(A, a) & вещество(A, p) & Химреакция($b, \{D; E\}, F$) & вещество(D, p) \rightarrow концентрир(D, b))

$\forall_{ABCDEFabcdp}$ (составнреакция($a, \{b; c\}$) & Химреакция($a, \{A; B\}, C$) & разбавлено(A, a) & вещество(A, p) & Химреакция($b, \{D; E\}, F$) & вещество(D, p) \rightarrow разбавлено(D, b))

$\forall_{ABCEFabcb}$ (составнреакция($a, \{b; c\}$) & Химреакция($a, \{A; B\}, C$) & концентрир(A, a) & Химреакция($b, \{A; E\}, F$) \rightarrow концентрир(A, b))

$\forall_{ABCEFabcpq}$ (составнреакция($a, \{b; c\}$) & Химреакция($a, \{A; B\}, C$) & среднконцентр(A, a) & $A = \text{Смесь}(\{p, q\})$ & вещество(q , вода) & Химреакция($b, \{p; E\}, F$) \rightarrow среднконцентр(p, b))

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Уровень срабатывания равен 2.

4. Выделение газообразной части продуктов реакции.

$\forall_{ABCDEFabcdepr}$ (составнреакция($a, \{b, c\}$) & Химреакция(a, A, B) & Химреакция(b, C, D) & Химреакция(c, E, F) & газообрчасть(p, B) \rightarrow газообрчасть(q, D) & газообрчасть(r, F) & $p = \text{химобъединение}(q, r)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Прием вводит новые переменные q, r . Для блокировки повторных срабатываний вводится специальный комментарий. Уровень срабатывания равен 2.

5. Усмотрение точного расхода.

$\forall_{Abcdefpr}$ (точнрасход(A, r) & Смесь($\{b; c\}$) = A & Химреакция($d, \{b; e\}, f$) & составнреакция($r, \{d; p\}$) \rightarrow точнрасход(b, d))

\forall_{Adefr} (точнрасход(A, r) & Химреакция($d, \{A; e\}, f$) & составнреакция($r, \{d\}$) \rightarrow точнрасход(A, d))

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 2.

6. Распадение остатка реагента.

$\forall_{ADERabcdefghrw}$ (составнреакция($r, \{a, b\}$) & Химреакция($a, \{c; d\}, e$) & Химреакция($b, \{f; g\}, h$) & $A = \text{Смесь}(\{c, f\})$ \rightarrow Химостаток(R, A, r) \leftrightarrow Химостаток(u, c, a) & Химостаток(v, f, b) & $R = u \cup v$)

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Прием вводит новые переменные u, v , регистрируя их в качестве неизвестных. Уровень срабатывания приема равен 3.

7. Контроль израсходованной части реагента.

$$\forall_{abcde fghpqr uv} (\text{составнреакция}(r, \{u, v\}) \& b = c \cup d \& \text{Химреакция}(u, \{c; e\}, f) \& \text{Химреакция}(v, \{d; g\}, h) \rightarrow \text{израсход}(a, b, r) \leftrightarrow \text{израсход}(p, c, u) \& \text{израсход}(q, d, v) \& q = p \cup r)$$

Аналогично предыдущему. Прием вводит новые переменные p, q .

8. Передача составляющим реакциям условия на прохождение составной реакции.

$$\forall_{abr} (\text{составнреакция}(r, \{a, b\}) \& \text{нагревание}(r) \rightarrow \text{нагревание}(a) \& \text{нагревание}(b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Уровень срабатывания равен 2.

9. Непересечение продуктов отдельных реакций.

$$\forall_{ABbcde pqr} (\text{Химреакция}(r, A, \{b; c\}) \& \text{Химреакция}(p, B, \{d; e\}) \& \text{составнреакция}(q, \{p, r\}) \rightarrow \text{непересек}(b, d))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "объединение(b, d)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 2.

10. Фиксация продукта составной реакции.

$$\forall_{ABCabr} (\text{Химреакция}(r, A, B) \& C \in B \& \text{составнреакция}(r, a) \rightarrow \text{Химпродукт}(r, C))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 1.

11. Усмотрение вырожденной реакции.

$$\forall_{ABCabr st} (\text{составнреакция}(s, \{r; t\}) \& \text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{химнереагир}(r, a, b) \rightarrow C = \{A, B\})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, x, y)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDabr st} (\text{составнреакция}(s, \{r; t\}) \& \text{Химреакция}(r, \{A, B, D\}, C) \& \text{вещество}(A, a) \& \text{вещество}(B, b) \& \text{вещество}(D, \text{вода}) \& \text{химнереагир}(r, a, b) \rightarrow C = \{A, B, D\})$$

Аналогично предыдущему. С посылками идентифицируются первые пять антецедентов.

12. Распадение реакции смеси на независимые реакции.

(а) Горение смеси.

$$\forall_{ABCacdfghpqr} (\text{Смесь}(\{c, d\}) = a \ \& \ \text{Химреакция}(r, \{a, p\}, A) \ \& \\ \text{вещество}(p, q) \ \& \ \text{химсостав}(q, O_2) \ \& \ \text{вещество}(c, f) \ \& \ \text{химнераегирирует}(r, f, q) \ \rightarrow \\ \text{Химреакция}(g, \{c\}, B) \ \& \ \text{Химреакция}(h, \{d, p\}, C) \ \& \\ A = \text{химобъединение}(B, C) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{g, h\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты обрабатываются проверочными операторами. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные B, C, g, h . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{ABCacdeghpqr} (\text{Смесь}(\{c, d\}) = a \ \& \ \text{Химреакция}(r, \{a, p\}, A) \ \& \\ \text{вещество}(p, q) \ \& \ \text{химсостав}(q, O_2) \ \rightarrow \ \text{Химреакция}(g, \{c, s\}, B) \ \& \\ \text{Химреакция}(h, \{d, e\}, C) \ \& \ A = \text{химобъединение}(B, C) \ \& \\ \text{составнреакция}(r, \{g, h\}) \ \& \ p = s \cup e)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные B, C, s, e, g, h . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDabcdeghnpqrs} (\text{Смесь}(\{b, c, d\}) = a \ \& \ \text{Химреакция}(r, \{a, p\}, A) \ \& \\ \text{вещество}(p, q) \ \& \ \text{химсостав}(q, O_2) \ \rightarrow \ \text{Химреакция}(f, \{b, n\}, D) \ \& \\ \text{Химреакция}(g, \{c, s\}, B) \ \& \ \text{Химреакция}(h, \{d, e\}, C) \ \& \\ A = \text{химобъединение}(B, C, D) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{f, g, h\}) \ \& \\ p = s \cup e \cup n)$$

Аналогично предыдущему. Вводятся новые переменные $B, C, D, s, e, f, g, n, h$.

(б) Раствор смеси двух веществ реагирует с раствором третьего вещества.

$$\forall_{BCDabceijklmpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, e\}, B) \ \& \ \text{химизбыток}(e, r) \ \& \\ \text{Смесь}(\{i, j, k\}) = a \ \& \ \text{Смесь}(\{l, m\}) = e \ \& \ \text{вещество}(k, \text{вода}) \ \& \\ \text{вещество}(m, \text{вода}) \ \rightarrow \ \text{Химреакция}(p, \{b, i\}, C) \ \& \ \text{Химреакция}(q, \{c, j\}, D) \\ \& \ \text{составнреакция}(r, \{p, q\}) \ \& \ b \cup c = l \ \& \ \text{непересек}(b, c) \ \& \ \text{химизбыток}(b, p) \\ \& \ \text{химизбыток}(c, q) \ \& \ B = \text{химобъединение}(C, D, \{k \cup m\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные p, q, b, c, C, D . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{BCDabceijklmpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, e\}, B) \ \& \ \text{точнрасход}(e, r) \ \& \\ \text{точнрасход}(a, r) \ \& \ \text{Смесь}(\{i, j, k\}) = a \ \& \ \text{Смесь}(\{l, m\}) = e \ \& \\ \text{вещество}(k, \text{вода}) \ \& \ \text{вещество}(m, \text{вода}) \ \rightarrow \ \text{Химреакция}(p, \{b, i\}, C) \ \& \\ \text{Химреакция}(q, \{c, j\}, D) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{p, q\}) \ \& \ b \cup c = l \ \& \\ \text{непересек}(b, c) \ \& \ \text{точнрасход}(b, p) \ \& \ \text{точнрасход}(c, q) \ \& \ \text{точнрасход}(i, p) \ \& \\ \text{точнрасход}(j, q) \ \& \ B = \text{химобъединение}(C, D, \{k \cup m\}))$$

Аналогично предыдущему.

- (с) Смесь двух веществ реагирует с раствором третьего вещества.

$$\forall_{BCDabceijlmpr} (\text{Химреакция}(r, \{a, e\}, B) \ \& \ \text{точнрасход}(a, r) \ \& \ \text{точнрасход}(e, r) \ \& \ \text{Смесь}(\{i, j\}) = a \ \& \ \text{Смесь}(\{l, m\}) = e \ \& \ \text{вещество}(m, \text{вода}) \ \& \ \text{вещество}(i, n) \ \& \ \text{вещество}(j, k) \ \& \ \text{химнереагир}(r, \text{вода}, n) \ \& \ \text{химнереагир}(r, \text{вода}, k) \rightarrow \text{Химреакция}(p, \{b, i\}, C) \ \& \ \text{Химреакция}(q, \{c, j\}, D) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{p, q\}) \ \& \ b \cup c = l \ \& \ \text{непересек}(b, c) \ \& \ \text{точнрасход}(b, p) \ \& \ \text{точнрасход}(c, q) \ \& \ \text{точнрасход}(i, p) \ \& \ \text{точнрасход}(j, q) \ \& \ B = \text{химобъединение}(C, D, \{m\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме двух последних, обрабатываемых проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "составнреакция(r, x)", "вещество(i , вода)", "вещество(j , вода)". Прием вводит новые переменные p, q, b, c, C, D . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{BCDabceijlmpr} (\text{Химреакция}(r, \{a, e\}, B) \ \& \ \text{химизбыток}(e, r) \ \& \ \text{Смесь}(\{i, j\}) = a \ \& \ \text{Смесь}(\{l, m\}) = e \ \& \ \text{вещество}(m, \text{вода}) \ \& \ \text{вещество}(i, n) \ \& \ \text{вещество}(j, k) \ \& \ \text{химнереагир}(r, \text{вода}, n) \ \& \ \text{химнереагир}(r, \text{вода}, k) \rightarrow \text{Химреакция}(p, \{b, i\}, C) \ \& \ \text{Химреакция}(q, \{c, j\}, D) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{p, q\}) \ \& \ b \cup c = l \ \& \ \text{непересек}(b, c) \ \& \ \text{химизбыток}(b, p) \ \& \ \text{химизбыток}(c, q) \ \& \ B = \text{химобъединение}(C, D, \{m\}))$$

Аналогично предыдущему.

Заметим, что для тех случаев, когда в реакцию вовлекается растворитель, создаются отдельные приемы, срабатывающие на уровне 2 и перехватывающие срабатывание приведенных выше приемов, действующих "по умолчанию".

- (d) Смесь двух веществ реагирует с третьим веществом.

$$\forall_{BCDabceijpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, e\}, B) \ \& \ \text{химизбыток}(e, r) \ \& \ \text{Смесь}(\{i, j\}) = a \rightarrow \text{Химреакция}(p, \{b, i\}, C) \ \& \ \text{Химреакция}(q, \{c, j\}, D) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{p, q\}) \ \& \ b \cup c = e \ \& \ \text{непересек}(b, c) \ \& \ \text{химизбыток}(b, p) \ \& \ \text{химизбыток}(c, q) \ \& \ B = \text{химобъединение}(C, D))$$

$$\forall_{BCDabceijpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, e\}, B) \ \& \ \text{точнрасход}(e, r) \ \& \ \text{точнрасход}(a, r) \ \& \ \text{Смесь}(\{i, j\}) = a \rightarrow \text{Химреакция}(p, \{b, i\}, C) \ \& \ \text{Химреакция}(q, \{c, j\}, D) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{p, q\}) \ \& \ b \cup c = e \ \& \ \text{непересек}(b, c) \ \& \ \text{точнрасход}(b, p) \ \& \ \text{точнрасход}(i, p) \ \& \ \text{точнрасход}(c, q) \ \& \ \text{точнрасход}(j, q) \ \& \ B = \text{химобъединение}(C, D))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствуют посылки вида "составнреакция(r, x)", "вещество(i , вода)", "вещество(j , вода)", " $e = \text{Смесь}(x)$ ". Прием вводит новые переменные p, q, b, c, C, D . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{BCDabcdeijmnpqr} (\text{Химреакция}(r, \{a, e\}, B) \ \& \ \text{химизбыток}(e, r) \ \& \ \text{вещество}(a, d) \ \& \ \text{смесь}(d, \{m, n\}) \rightarrow \text{извлечение}(a, m, i) \ \& \ \text{извлечение}(a, n, j) \ \& \ \text{Химреакция}(p, \{b, i\}, C) \ \& \ \text{Химреакция}(q, \{c, j\}, D)$$

$\&$ составнреакция($r, \{p, q\}$) $\&$ $b \cup c = e$ $\&$ непересек(b, c) $\&$ химизбыток(b, p)
 $\&$ химизбыток(c, q) $\&$ $B =$ химобъединение(C, D)

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем допускается заголовок "сплав" четвертого антецедента. Отсутствуют посылки вида "составнреакция(r, x)", " $e =$ Смесь(x)", "химпассив(m, r)", "химпассив(n, r)". Выражения m, n не содержат символа "вода". Прием вводит новые переменные i, j, p, q, b, c, C, D . Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{BCDabcef gijkpqr}$ (Химреакция($r, \{a, e\}, B$) $\&$ химизбыток(e, r) $\&$
 Смесь($\{i, j, k\}$) = a $\&$ вещество(k, f) $\&$ вещество(e, g) $\&$
 химнереагир(r, f, g) \rightarrow Химреакция($p, \{b, i\}, C$) $\&$
 Химреакция($q, \{c, j\}, D$) $\&$ составнреакция($r, \{p, q\}$) $\&$ $b \cup c = e$ $\&$
 непересек(b, c) $\&$ химизбыток(b, p) $\&$ химизбыток(c, q) $\&$
 $B =$ химобъединение(C, D, k))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствуют посылки вида "составнреакция(r, x)", "вещество(i , вода)", "вещество(j , вода)", " $e =$ Смесь(x)". Прием вводит новые переменные p, q, b, c, C, D . Уровень срабатывания равен 3.

(e) Раствор смеси двух веществ реагирует с третьим веществом.

$\forall_{ABCDEbceijkpqr}$ (Химреакция($r, \{A, E\}, B$) $\&$ химизбыток(E, r) $\&$
 Смесь($\{i, j, k\}$) = A $\&$ вещество(k , вода) $\&$ вещество(E, e) $\&$
 химнереагир(r , вода, e) \rightarrow Химреакция($p, \{b, i\}, C$) $\&$
 Химреакция($q, \{c, j\}, D$) $\&$ составнреакция($r, \{p, q\}$) $\&$ $b \cup c = E$ $\&$
 непересек(b, c) $\&$ химизбыток(b, p) $\&$ химизбыток(c, q) $\&$
 $B =$ химобъединение($C, D, \{k\}$))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствуют посылки вида "составнреакция(r, x)", " $E =$ Смесь(x)". Прием вводит новые переменные p, q, b, c, C, D . Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABCDEabceijklmpqr}$ (Химреакция($r, \{A, E\}, B$) $\&$ точнрасход(E, r) $\&$
 точнрасход(A, r) $\&$ Смесь($\{i, j, k\}$) = A $\&$ вещество(k , вода) $\&$
 вещество(E, e) $\&$ химнереагир(r , вода, e) \rightarrow Химреакция($p, \{b, i\}, C$) $\&$
 Химреакция($q, \{c, j\}, D$) $\&$ составнреакция($r, \{p, q\}$) $\&$ $b \cup c = E$ $\&$
 непересек(b, c) $\&$ точнрасход(b, p) $\&$ точнрасход(c, q) $\&$ точнрасход(i, p)
 $\&$ точнрасход(j, q) $\&$ $B =$ химобъединение($C, D, \{k\}$))

Аналогично предыдущему.

(f) Отбрасывание воды.

$\forall_{ABCDacdepr}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, C$) $\&$ вещество(A, a) $\&$
 Смесь($\{c, e\}$) = B $\&$ вещество(c, d) $\&$ вещество(e , вода) $\&$
 химпассив(вода, r) \rightarrow Химреакция($p, \{A, c\}, D$) $\&$
 составнреакция($r, \{p\}$) $\&$ $C =$ химобъединение($D, \{e\}$))

$\forall_{ABCDacdepr}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, C$) $\&$ вещество(A, a) $\&$
 Смесь($\{c, e\}$) = B $\&$ вещество(c, d) $\&$ вещество(e , вода) $\&$

химнереагир(r , вода, a) \rightarrow Химреакция(p , $\{A, c\}$, D) &
составнреакция(r , $\{p\}$) & $C =$ химобъединение(D , $\{e\}$)

Приемы имеют заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Вводятся новые переменные p, D . Уровень срабатывания приемов равен 3.

$\forall_{ABCDEacdepr}$ (Химреакция(r , $\{A, B, E\}$, C) & вещество(A, a) &
вещество(E , вода) & Смесь($\{c, e\}$) = B & вещество(c, d) &
вещество(e , вода) & химнереагир(r , вода, a) \rightarrow Химреакция(p , $\{A, c\}$, D)
& составнреакция(r , $\{p\}$) & непересек(e, E) & непересекаются(D , $\{e, E\}$)
& $C =$ химобъединение(D , $\{e, E\}$))

Напомним, что "непересекаются(x, y)" означает непересечение любых двух множеств, являющихся элементами множеств x и y соответственно.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные p, D . Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABCDEFGHrs}$ (Химреакция(r , $\{A, B\}$, C) & $A =$ Смесь($\{D, E\}$) &
 $B =$ Смесь($\{F, G\}$) & вещество(E , вода) & вещество(G , вода) \rightarrow
Химреакция(s , $\{D, F\}$, H) & составнреакция(r , $\{s\}$) & непересек(G, E) &
 $C =$ химобъединение($\{G \cup E\}$, H))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные s, H . Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABCDEFGHbfirns}$ (Химреакция(r , $\{A, B\}$, C) & вещество(B, b) &
 $A =$ Смесь($\{D, E\}$) & вещество(D , вода) & смесь($b, \{; f\}$) & $l(f) = n$ &
 $\forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow$ химнереагир($r, H_2O, f(i)$)) \rightarrow
Химреакция(s , $\{B, E\}$, H) & составнреакция(r , $\{s\}$) &
 $C =$ химобъединение($\{D\}$, H))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Шестой антецедент выделен указателем "идентификатор", седьмой - обрабатывается проверочным оператором. Выражение f имеет заголовок "набор". Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные s, H . Уровень срабатывания равен 3.

(g) Отбрасывание вещества, не реагирующего с другими.

$\forall_{ABCDacdefpr}$ (Химреакция(r , $\{A, B\}$, C) & вещество(A, a) &
Смесь($\{c, e\}$) = B & вещество(c, d) & вещество(e, f) &
химнереагир(r, f, a) \rightarrow Химреакция(p , $\{A, c\}$, D) &
составнреакция(r , $\{p\}$) & $C =$ химобъединение(D , $\{e\}$))

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - обрабатывается проверочным оператором. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные p, D . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDacdefghpr} (\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{Смесь}(\{c, e, g\}) = B \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{вещество}(e, f) \ \& \ \text{вещество}(g, h) \ \& \ \text{химнереагир}(r, h, a) \ \& \ \text{химнереагир}(r, f, a) \rightarrow \text{Химреакция}(p, \{A, c\}, D) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{p\}) \ \& \ C = \text{химобъединение}(D, \{e, g\}))$$

Аналогично предыдущему, но с посылками задачи на исследование идентифицируются первые шесть антецедентов, а проверочными операторами обрабатываются два последних.

- (h) Продукты предыдущей реакции по отдельности реагируют с новым веществом.

$$\forall_{ABCDEFnprst} (\text{Химреакция}(r, \{C; D\}, E) \ \& \ \text{Химреакция}(p, A, B) \ \& \ \{; D\} \subseteq B \ \& \ l(D) = n \rightarrow \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{Химреакция}(s(i), \{D(i), F(i)\}, t(i))) \ \& \ \bigcup_{i=1}^n F(i) = C \ \& \ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \forall_j (j \in \{i+1, \dots, n\} \rightarrow \text{непересек}(F(i), F(j)))) \ \& \ \text{составнреакция}(r, \{; s\}) \ \& \ E = \text{Химобъединение}(\lambda_i(t(i), i \in \{1, \dots, n\})))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование. Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, четвертый - выделен указателем "идентификатор". Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Величина n не равна 1. Прием вводит наборы s, t новых переменных, имеющие длину n . Эти переменные регистрируются в качестве неизвестных. Кванторы общности в выводимом утверждении выписываются как конъюнкции, конечное объединение - как обычное, а описатель "отображение" - как набор. Уровень срабатывания равен 3.

- (i) Распадение реакции окисления на две реакции.

$$\forall_{ABCDEFGHnabpqr} (\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, \{C, D\}) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, O_2) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химэлемент}(a) \ \& \ \text{точнрасход}(A, r) \rightarrow \text{составнреакция}(r, \{p, q\}) \ \& \ \text{Химреакция}(p, \{E, G\}, \{C\}) \ \& \ \text{Химреакция}(q, \{F, H\}, \{D\}) \ \& \ A = E \cup F \ \& \ \text{непересек}(E, F) \ \& \ B = G \cup H \ \& \ \text{непересек}(G, H) \ \& \ \text{точнрасход}(E, p) \ \& \ \text{точнрасход}(F, q))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные E, F, G, H, p, q . Уровень срабатывания равен 3.

- (j) Усмотрение взаимодействия с растворителем.

В тех случаях, когда растворитель вступает в химическую реакцию, приходится создавать специальные приемы для разбиения составной реакции на подреакции. Эти приемы должны срабатывать на уровне 2, до того, как на уровне 3 сработает прием, предполагающий "по умолчанию" пассивность растворителя. Пока создан лишь один прием указанного типа - для реакции водного раствора гидроксида с кремнием либо алюминием:

$\forall_{BCDabcef gijlmpqrt}$ (Химреакция($r, \{a, e\}, B$) & химизбыток(e, r) & Смесь($\{i, j\}$) = a & Смесь($\{l, m\}$) = e & вещество(l, t) & химсостав($t, NaOH$) & вещество(i , кремний) & вещество(m , вода) \rightarrow Химреакция($p, \{b, f, i\}, C$) & Химреакция($q, \{c, g, j\}, D$) & составнреакция($r, \{p, q\}$) & $f \cup g = m$ & непересек(f, g) & $b \cup c = l$ & непересек(b, c) & химизбыток(b, p) & химизбыток(f, p) & химизбыток(c, q) & химизбыток(g, q) & $B =$ химобъединение(C, D))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Допускается замена символа "натрий" на "калий", а символа "кремний" - на "алюминий". Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Отсутствует посылка вида "составнреакция(r, x)". Прием вводит новые переменные p, q, b, c, C, D, f, g . Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "скоростьреакции"

1. Средняя скорость химической реакции - выражение через объем, количество вещества и длительность.

\forall_{ABCbrv} (Химреакция($r, \{A\}, \{B, C\}$) & $C \subseteq A$ & вещество(B, b) & объем(A) = v \rightarrow скоростьреакции(r) = количества(B, b)/($v \cdot$ длина(Период(r))))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скоростьреакции(r)" в посылке задачи на исследование. Все антецеденты, кроме второго, обрабатываемого проверочным оператором, идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

2. Выражение скорости реакции через константу скорости и концентрации веществ.

\forall_{ABCabr} (Химреакция($r, \{A, B\}, C$) & вещество(A, a) & вещество(B, b) & порядокреакции(r) = 2 \rightarrow скоростьреакции(r) = констскор(r) \cdot Концентрация(a , облреакции(r), Период(r)) \cdot Концентрация(b , облреакции(r), Период(r)))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "скоростьреакции(r)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{ABCabrt}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, C$) & вещество(A, a) & вещество(B, b) & порядокреакции(r) = 2 \rightarrow Скоростьреакции(r, t) = констскор(r) \cdot Концентрация(a , облреакции(r), t) \cdot Концентрация(b , облреакции(r), t))

Аналогично предыдущему, но указатель "контрольвывода" относится к выражению "Скоростьреакции(r, t)".

Приемы, связанные с символом "констскор"

Создан единственный прием, устанавливающий равенство констант скорости при равных составах и температурах:

$\forall_{ABCDabrs}$ (Химреакция(r, A, B) & Химреакция(s, C, D) & химреакция(r, a, b) & химреакция(s, a, b) & температура($A, \text{Период}(r)$) = температура($C, \text{Период}(s)$) \rightarrow констскор(r) = констскор(s))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "констскор(r)" в послылке задачи на исследование. Первые четыре antecedента идентифицируются с послылками, пятый - выделен указателем "идентификатор". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "мономолекулярная"

Создан единственный прием, усматривающий мономолекулярную реакцию:

\forall_{abc} (химреакция($a, \{(b, 1)\}, c$) \rightarrow мономолекулярная(a))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "порядокреакции(a)" в послылке задачи на исследование. Antecedent идентифицируется с послылкой. Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "порядокреакции"

1. Порядок элементарной реакции.

\forall_a (мономолекулярная(a) \rightarrow порядокреакции(a) = 1)

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

\forall_{abcnr} (элемереакция(r) & химреакция($r, \{\lambda_i((a(i), b(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, c$) \rightarrow порядокреакции(r) = $\sum_{i=1}^n b(i)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "порядокреакции(r)" в послылке задачи на исследование. Antecedents идентифицируются с послылками, причем описатель "отображение" идентифицируется с набором. Переменные a, b функциональные. Конечная сумма выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2.

2. Равенство приращений концентраций веществ для реакции второго порядка.

$\forall_{ABCabrst}$ (Химреакция($r, \{A, B\}, C$) & порядокреакции(r) = 2 & вещество(A, a) & вещество(B, b) & $t \in \text{Период}(r)$ & $s \in \text{Период}(r)$ \rightarrow Концентрация($a, \text{облреакции}(r), t$) - Концентрация($a, \text{облреакции}(r), s$) = Концентрация($b, \text{облреакции}(r), t$) - Концентрация($b, \text{облреакции}(r), s$))

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "Концентрация($a, \text{облреакции}(r), t$)" в послылке задачи на исследование. Указатель "контекст" определяет дополнительную идентификацию подвыражения "Концентрация($a, \text{облреакции}(r), s$)", где выражения s, t различны. Первые четыре antecedента идентифицируются с послылками, последние два - обрабатываются проверочными

операторами. Выражения "Концентрация(b , облреакции(r), s)" и "Концентрация(b , облреакции(r), t)" тоже встречаются в задаче. Уровень срабатывания равен 3.

3. Изменение массы в реакции разложения при известном периоде полураспада.

$\forall_{ABC\text{aprt}}$ (Химреакция(r , $\{A\}$, B) & вещество(A , a) & Полураспад(a , t) = p & порядокреакции(r) = 1 & $C \in$ химостаток(r) & вещество(C , a) \rightarrow масса(C) = масса(A) \cdot (1/2^{длина(Период(r))/ p))}

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "констрравновесия"

1. Выражение константы равновесия через концентрации.

$\forall_{abmnpqrst}$ (Период(r) = $[s, t]$ & химреакция(r , $\{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}$, $\{\lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}$) \rightarrow констрравновесия(r) = $\prod_{i=1}^m$ Концентрация($b(i)$, облреакции(r), t) ^{$q(i)$} / $\prod_{i=1}^n$ Концентрация($a(i)$, облреакции(r), t) ^{$p(i)$})

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "констрравновесия(r)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Переменные a, b, p, q функциональные. Описатели "отображение" идентифицируются с конечными наборами, конечные произведения выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 2.

2. Выражение константы равновесия через количества вещества.

$\forall_{ABabmnpqr}$ (Химреакция(r , A , B) & химреакция(r , $\{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}$, $\{\lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}$) \rightarrow констрравновесия(r) = $\prod_{i=1}^m$ Количества(B , $b(i)$) ^{$q(i)$} / $\prod_{i=1}^n$ Количества(B , $a(i)$) ^{$p(i)$})

Аналогично предыдущему. Для блокировки повторных срабатываний в данном и предыдущем приемах используется один и тот же комментарий.

Приемы, связанные с символом "обратимреакция"

Создан единственный прием, связывающий количества веществ продуктов и реагентов:

$\forall_{ABCDEadkmnpqrs}$ (Химреакция(r , $\{A; B\}$, $\{C, D; E\}$) & вещество(A , a) & вещество(C , a) & вещество(D , d) & обратимреакция(r) & химреакция(r , $\{(n, k); m\}$, $\{(p, q); s\}$) & химсостав(a , n) & химсостав(d , p) $\rightarrow q \cdot$ (количества(A , a) – количества(C , a)) = $k \cdot$ количества(D , d)

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "количества(D , d)" в посылке задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 4.

Приемы, связанные с символом "термохимреакция"

1. Влияние температуры на точку равновесия.

\forall_{ABprx} (термохимреакция(r, A, B, p) & $0 < p$ & $x =$ уменьшить(температура, r) \rightarrow химнапр($r, x, п$))

\forall_{ABprx} (термохимреакция(r, A, B, p) & $p < 0$ & $x =$ увеличить(температура, r) \rightarrow химнапр($r, x, п$))

\forall_{ABprx} (термохимреакция(r, A, B, p) & $p < 0$ & $x =$ уменьшить(температура, r) \rightarrow химнапр($r, x, л$))

\forall_{ABprx} (термохимреакция(r, A, B, p) & $0 < p$ & $x =$ увеличить(температура, r) \rightarrow химнапр($r, x, л$))

Выражение "уменьшить(u, v)" обозначает действие, состоящее в уменьшении параметра u объекта v . Аналогично - "увеличить(u, v)". Утверждение "химнапр($r, x, п$)" означает смещение точки равновесия реакции r при воздействии x вправо, утверждение "химнапр($r, x, л$)" - смещение ее влево.

Приемы имеют заголовок "подборзначений". Консеквент идентифицируется с условием задачи на описание, имеющей цель "пример". При этом x - неизвестная. Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста, второй - обрабатывается проверочным оператором. Третий антецедент, выделенный указателем "подборзначений", замещает рассматриваемое условие задачи при обратном выводе. Уровень срабатывания равен 3.

2. Влияние давления на точку равновесия газовой реакции.

$\forall_{abefmnpqrstux}$ (термохимреакция($r, \{\lambda_i((a(i), e(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i((b(i), f(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}, u$) & $s = \sum_{i=1}^n (p(i)$ при газ($a(i)$), иначе 0) & $t = \sum_{i=1}^m (q(i)$ при газ($b(i)$), иначе 0) & $0 < s$ & $0 < t$ & $t < s$ & $x =$ увеличить(давление, r) \rightarrow химнапр($r, x, п$))

$\forall_{abefmnpqrstux}$ (термохимреакция($r, \{\lambda_i((a(i), e(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i((b(i), f(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}, u$) & $s = \sum_{i=1}^n (p(i)$ при газ($a(i)$), иначе 0) & $t = \sum_{i=1}^m (q(i)$ при газ($b(i)$), иначе 0) & $0 < s$ & $0 < t$ & $s < t$ & $x =$ уменьшить(давление, r) \rightarrow химнапр($r, x, л$))

$\forall_{abefmnpqrstux}$ (термохимреакция($r, \{\lambda_i((a(i), e(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i((b(i), f(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}, u$) & $s = \sum_{i=1}^n (p(i)$ при газ($a(i)$), иначе 0) & $t = \sum_{i=1}^m (q(i)$ при газ($b(i)$), иначе 0) & $0 < s$ & $0 < t$ & $t < s$ & $x =$ уменьшить(давление, r) \rightarrow химнапр($r, x, л$))

$\forall_{abefmnpqrstux}$ (термохимреакция($r, \{\lambda_i((a(i), e(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i((b(i), f(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}, u$) & $s = \sum_{i=1}^n (p(i)$ при газ($a(i)$), иначе 0) & $t = \sum_{i=1}^m (q(i)$ при газ($b(i)$), иначе 0) & $0 < s$ & $0 < t$ & $s < t$ & $x =$ увеличить(давление, r) \rightarrow химнапр($r, x, л$))

Приемы имеют заголовок "подборзначений". Консеквент идентифицируется с условием задачи на описание, имеющей цель "пример". При этом x - неизвестная. Первый антецедент идентифицируется с утверждением из контекста.

Второй и третий антецеденты выделены указателем "идентификатор", антецеденты с четвертого по шестой обрабатываются проверочными операторами. Последний антецедент замещает консеквент при обратном выводе. Переменные a, b, e, f, p, q функциональные. Описатели "отображение" идентифицируются с конечными наборами, конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 3.

3. Ввод в рассмотрение шаблона термохимического уравнения по обычному уравнению при наличии цели "термохимреакция".

$$\forall_{abcdmnpqrx}(\text{химреакция}(r, \{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}) \rightarrow \text{термохимреакция}(r, \{\lambda_i((a(i), c(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{\lambda_i((b(i), d(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}, x))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цель "термохимреакция". Такая цель означает, что требуется составить термохимическое уравнение. Переменная r - неизвестная. Отсутствует посылка вида "термохимреакция(r, \dots)". Переменные a, b, p, q функциональные. Описатели "отображение" идентифицируются и выписываются как конечные наборы. Прием вводит наборы c, d новых переменных, имеющие, соответственно, длины n и m . Эти переменные регистрируются как неизвестные. Вводится также новая неизвестная x . Уровень срабатывания равен 2.

4. Доопределение агрегатного состояния вещества в термохимическом уравнении.

$$\forall_{abcmprx}(\text{термохимреакция}(r, \{(p, x, m); a\}, b, c) \& \text{газ}(p) \rightarrow x = 0)$$

$$\forall_{abcmprx}(\text{термохимреакция}(r, b, \{(p, x, m); a\}, c) \& \text{газ}(p) \rightarrow x = 0)$$

$$\forall_{abcmprx}(\text{термохимреакция}(r, \{(p, x, m); a\}, b, c) \& \text{жидкость}(p) \rightarrow x = 1)$$

$$\forall_{abcmprx}(\text{термохимреакция}(r, b, \{(p, x, m); a\}, c) \& \text{жидкость}(p) \rightarrow x = 1)$$

$$\forall_{abcmprx}(\text{термохимреакция}(r, \{(p, x, m); a\}, b, c) \& \text{твердый}(p) \rightarrow x = 2)$$

$$\forall_{abcmprx}(\text{термохимреакция}(r, b, \{(p, x, m); a\}, c) \& \text{твердый}(p) \rightarrow x = 2)$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - обрабатывается проверочным оператором. Переменная x - неизвестная. Уровень срабатывания равен 3.

Заметим, что рассмотренные при обучении примеры из школьного задачника не потребовали учета конкретных условий протекания реакции. Поэтому в приведенных приемах используются лишь проверочные операторы, усматривающие агрегатное состояние вещества при нормальных условиях. При дальнейшем обучении системы их следует заменить операторами, учитывающими условия реакции, перейдя от предикатов "газ(p)", "жидкость(p)", "твердый(p)" к предикатам "Газ(p, t)", "Жидкость(p, t)", "Твердый(p, t)", отнесенным к соответствующим моментам реакции.

5. Передача во внешнюю задачу на описание найденного термохимического уравнения.

Теорема приема имеет вид "замещениеусловий(термохимреакция(a, b, c, d))". Заголовок приема - "замещениеусловий". Прием применяется в задачах на исследование, имеющих цели "исследовать" и "термохимреакция". Переменная a - неизвестная. Выражения b, c, d не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "теплэффект"

1. Использование термохимического уравнения для определения теплового эффекта химической реакции.

$\forall_{Aabcdefmnpqr}$ (Химреакция($r, \{A; b\}, c$) & вещество(A, a) & химсостав(a, d) & термохимреакция($r, \{(d, m, n); e\}, f, p$) & точнрасход(A, r) & количества(A, a) = $q \rightarrow$ теплэффект(r) = $pq/(n \cdot \text{моль})$)

Прием имеет заголовок "вывод". Третий антецедент обрабатывается проверочным оператором, последний - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 3.

$\forall_{Aabcdefmnpqr}$ (Химреакция($r, b, \{A; c\}$) & вещество(A, a) & химсостав(a, d) & термохимреакция($r, f, \{(d, m, n); e\}, p$) & количества(A, a) = $q \rightarrow$ теплэффект(r) = $pq/(n \cdot \text{моль})$)

Аналогично предыдущему.

$\forall_{Aabcdefmnpqr}$ (Химреакция(r, b, c) & $A \in c$ & вещество(A, a) & химсостав(a, d) & термохимреакция($r, f, \{(d, m, n); e\}, p$) & количества(A, a) = $q \rightarrow$ теплэффект(r) = $pq/(n \cdot \text{моль})$)

Аналогично предыдущему. Проверочным оператором обрабатывается четвертый антецедент.

2. Использование обычного химического уравнения для определения теплового эффекта химической реакции.

$\forall_{ABCabcdefjmnprqs}$ (Химреакция($r, \{A; B\}, C$) & вещество(A, e) & химсостав(e, f) & $j \in \{1, \dots, n\}$ & химреакция($r, \{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\}), \{\lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}$) & $c = \lambda_i(\text{тепlobразования}(a(i)), i \in \{1, \dots, n\})$ & $d = \lambda_i(\text{тепlobразования}(b(i)), i \in \{1, \dots, m\})$ & точнрасход(A, r) & количества(A, e) = s & $f = a(j) \rightarrow$ теплэффект(r) = $(\sum_{i=1}^m (d(i)q(i)) - \sum_{i=1}^n (c(i)p(i)))s/p(j)$)

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый и восьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Четвертый антецедент выделен указателем "программа", остальные - выделены указателем "идентификатор". Выражение "теплэффект(r)" уже встречается в задаче. Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Описатели "отображение" рассматриваются как конечные наборы, конечные суммы выписываются как обычные. Переменные a, b, p, q функциональные. После обработки нормализатором "нормтепlobразования", элементы наборов c и d не содержат символа "тепlobразования". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{ABCabcdefjmnprqs} (\text{Химреакция}(r, A, \{B; C\}) \& \text{вещество}(B, e) \& \text{химсостав}(e, f) \& j \in \{1, \dots, m\} \& \text{химреакция}(r, \{; \lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \{; \lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}) \& c = \lambda_i(\text{теплообразования}(a(i)), i \in \{1, \dots, n\}) \& d = \lambda_i(\text{теплообразования}(b(i)), i \in \{1, \dots, m\}) \& \text{количества}(B, e) = s \& f = b(j) \rightarrow \text{теплэффект}(r) = (\sum_{i=1}^m (d(i)q(i)) - \sum_{i=1}^n (c(i)p(i)))s/q(j))$$

Аналогично предыдущему.

3. Независимость теплового эффекта от пути процесса.

$$\forall_{ABCDEabcprq} (\text{Химреакция}(a, A, B) \& \text{Химреакция}(b, C, D) \& \text{Химреакция}(c, E, D) \& B \subseteq C \& E = A \cup (C \setminus B) \& \text{теплэффект}(a) = p \& \text{теплэффект}(b) = q \rightarrow \text{теплэффект}(c) = p + q)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Четвертый антецедент обрабатывается проверочным оператором, пятый - выделен указателем "идентификатор". Остальные антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения p, q не содержат неизвестных. Уровень срабатывания равен 2.

4. Составная реакция.

$$\forall_{anr} (\text{составнреакция}(r, \{; a\}) \& l(a) = n \rightarrow \text{теплэффект}(r) = \sum_{i=1}^n \text{теплэффект}(a(i)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - выделен указателем "идентификатор". Выражение a имеет заголовок "набор". Выражение "теплэффект(r)" уже встречается в задаче. Конечная суммы выписывается как обычная. Уровень срабатывания равен 2.

5. Определение теплового эффекта горения по заданной теплоте сгорания.

$$\forall_{arst} (\text{горение}(r, a) \& \text{Период}(r) = [s, t] \& \text{Газ}(a, s) \rightarrow \text{теплэффект}(r) = \text{Объем}(a, s) \text{Теплсгорания}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплэффект(r)" в посылке задачи на исследование. Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - обрабатывается проверочным оператором. Выражение "Теплсгорания(a)" уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdmpr} (\text{Химреакция}(r, \{a, b\}, c) \& \text{вещество}(b, d) \& \text{химсостав}(d, O_2) \& \text{вещество}(a, p) \& \text{теплсгорания}(p) = m \& \text{точнрасход}(a, r) \rightarrow \text{теплэффект}(r) = m \cdot \text{количества}(a, p))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении подвыражения "теплэффект(r)" в посылке задачи на исследование. Антецеденты идентифицируются с посылками. Выражение m не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

6. Определение теплового эффекта разложения по заданной теплоте разложения.

$$\forall_{abcdempr} (\text{Химреакция}(r, \{a\}, c) \& \text{вещество}(a, d) \& \text{химсостав}(d, e) \& m = \text{теплразложения}(e) \rightarrow \text{теплэффект}(r) = m \cdot \text{количества}(a, d))$$

Аналогично предыдущему.

Приемы, связанные с символом "тепlobразования"

1. Определение теплоты реакции в термохимическом уравнении через теплоты образования компонент реакции.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefmnpqr}x(\text{термохимреакция}(r, \{; \lambda_i((a(i), e(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\})\}, \\ & \{; \lambda_i((b(i), f(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}, x) \& \\ & c = \lambda_i(\text{тепlobразования}(a(i)), i \in \{1, \dots, n\}) \& \\ & d = \lambda_i(\text{тепlobразования}(b(i)), i \in \{1, \dots, m\}) \rightarrow \\ & x = \sum_{i=1}^m(d(i)q(i)) - \sum_{i=1}^n(c(i)p(i)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, два других - выделены указателем "идентификатор". Элементы их наборов обрабатываются нормализатором "нормтепlobразования", после чего они не содержат символа "тепlobразования". Переменные a, b, e, f, p, q функциональные. Выражение x содержит неизвестные. Описатели "отображение" рассматриваются как конечные наборы, конечные суммы выписываются как обычные. Уровень срабатывания равен 3. Созданы еще две версии приема. Первая из них срабатывает на уровне 5. В ней выражение x не содержит неизвестных, причем не требуется, чтобы нормализатор "нормтепlobразования" исключали символы "тепlobразования". В посылках должно встречаться выражение "тепlobразования(X)", такое, что X - подвыражение рассматриваемого термохимического уравнения. Вторая версия срабатывает на уровне 6. Ее отличие от первой состоит в том, что выражение x содержит неизвестные, причем должна существовать посылка "термохимреакция(A, B, C, D)", у которой D не содержит неизвестных.

2. Разрешение константного линейного уравнения относительно теплоты образования.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcd}(\neg(a = 0) \rightarrow a \cdot \text{тепlobразования}(b) + c = d \leftrightarrow \\ & \text{тепlobразования}(b) = (d - c)/a) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи, не содержащей переменных. Выражение "тепlobразования(b)" не является подвыражением выражений a, c, d . Выражение d не имеет заголовка "тепlobразования". Либо $a \neq 1$, либо $c \neq 0$. Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 4.

3. Ориентация равенства.

$$\forall_{ab}(b = \text{тепlobразования}(a) \leftrightarrow \text{тепlobразования}(a) = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Выражение a константное. Выражение b не имеет невырожденных числовых атомов. Перестановка частей равенства при идентификации не допускается. Преобразованная посылка сопровождается комментарием "ориентация равенства". Уровень срабатывания равен 1.

4. Нормализатор общей стандартизации "нормтепlobразования".

- (a) Использование равенства из посылок.

$$\forall_{ab}(a = b \rightarrow a = b)$$

Выражение a имеет заголовок "теплообразования", выражение b не содержит символа "теплообразования". Уровень срабатывания равен 1.

(b) Простое вещество.

$$\forall_A(\text{химэлемент}(A) \rightarrow \text{теплообразования}(A) = 0)$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{An}(\text{химэлемент}(A) \rightarrow \text{теплообразования}(\text{атомы}(A, n)) = 0)$$

Аналогично предыдущему.

(c) Учет посылки "химсостав(...)".

$$\forall_{abc}(\text{химсостав}(a, b) \& \text{теплообразования}(a) = c \rightarrow \text{теплообразования}(b) = c)$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "идентификатор". Он реализует рекурсивное обращение к нормализатору. Выражение c не содержит символа "теплообразования". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "химразлаг"

Утверждение "химразлаг(a)" означает, что вещество a разлагается при нагревании. Для проверки этого утверждения создан нормализатор "усмхимразлаг", заполнение которого приемами лишь начато (по существу, имеется лишь единственный прием для нитрата меди):

1. Переход к формуле вещества.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \& \text{химразлаг}(b) \rightarrow \text{химразлаг}(a))$$

Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - реализует рекурсивное обращение.

2. Нитрат меди.

$$\text{"химразлаг}(Cu(NO_3)_2)\text{"}$$

Приемы, связанные с символом "химпреобр"

Для поиска в базе теорем уравнений химических реакций, реагентом которых является заданное вещество, создана реализованная на ЛОСе процедура "химпреобр(a, b, c)". Входным данным a служит формула вещества. Процедура перечисляет значение выходных переменных b (терм "химреакция($r \dots$)" для найденного уравнения) и c (конъюнкция дополнительных условий на протекание данной реакции). Здесь в качестве r выбирается некоторая не используемая в текущей задаче переменная. Обращение к процедуре "химпреобр" возможно из приемов ГЕНОЛОГа, и мы приведем в этом пункте один из таких приемов. Сама процедура будет приведена ниже в разделе, посвященном реализованным на ЛОСе приемам по элементарной химии.

Для поиска уравнений с идентифицируемыми реагентами создан следующий прием:

$$\forall_{abcdpqrxy}(\text{химсостав}(p, x) \& x \in \{a; b\} \& \text{химпреобр}(a, c, d) \& c = \text{химреакция}(y, q, r) \rightarrow c \& d)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, имеющей цель "разделить". В задачах с данной целью требуется идентифицировать неизвестный объект x , относительно которого известна принадлежность его заданному конечному списку. Ответом задачи служит группа утверждений $A_1, \dots, A_n, x = t$, где A_1, \dots, A_n - некоторые вспомогательные действия (например, уравнения реакций и условия их протекания), в зависимости от результатов которых определяется значение t . В нашем случае переменная x - неизвестная, выражение a не содержит переменных. Третий антецедент, выделенный указателем "программа", реализует обращение к процедуре "химпреобр". Четвертый антецедент выделен указателем "идентификатор". Он определяет список реагентов q , используемый в блокирующем повторы комментарии приема. Уровень срабатывания равен 4.

Выводимые приемом уравнения реакций будут анализироваться другими приемами - для усмотрения возможности отличить a от остальных веществ списка.

Приемы, связанные с символами "цепьреакций", "Цепьреакций"

1. Отношение количеств веществ исходного реагента и продукта, если в дополнительных реагентах и продуктах некоторый химический элемент не встречается.

$$\forall_{ABCDEFGGacmnpq}(\text{цепьреакций}(A, B, G, C) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, p) \ \& \ p = \text{химсоед}(\text{атомы}(D, n), E) \ \& \ \neg(D \in \text{химэлемент}(B)) \ \& \ \neg(D \in \text{химэлемент}(G)) \ \& \ \text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{химсостав}(c, q) \ \& \ q = \text{химсоед}(\text{атомы}(D, m), F) \rightarrow \text{количества}(A, a) \cdot n \text{ количества}(C, c) \cdot m)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого и девятого, выделенных указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражения p, q обрабатываются нормализатором "стандхимсоед". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{ABCDEFGGammnp}(\text{цепьреакций}(A, B, G, C) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \ \text{химсостав}(a, p) \ \& \ p = \text{химсоед}(\text{атомы}(D, n), E) \ \& \ \neg(D \in \text{химэлемент}(B)) \ \& \ \neg(D \in \text{химэлемент}(G)) \ \& \ \text{вещество}(C, D) \rightarrow \text{количества}(A, a) \cdot n \text{ количества}(C, D))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Выражение p обрабатывается нормализатором "стандхимсоед". Уровень срабатывания равен 3.

2. Исходная регистрация данных веществ и получаемого вещества при нахождении цепочки химических реакций.

$$\forall_{abcd}(\text{Цепьреакций}(a, b, c) \ \& \ \text{химсостав}(c, d) \rightarrow \text{химцель}(d))$$

$$\forall_{abcde}(\text{Цепьреакций}(a, \{b; d\}, c) \ \& \ \text{химсостав}(b, e) \rightarrow \text{химдано}(e))$$

Приемы имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Передача результата во внешнюю задачу на описание.

Теорема приема имеет вид "замещениеусловий(равно(a, b))". Заголовок приема - "замещениеусловий". текущая задача на исследование имеет цель "исследовать", внешняя задача на описание - цель "Химреакция", указывающую на нахождение цепи химических реакций. Переменная a - неизвестная, выражение b не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3. Заметим, что в задачах указанного типа выражение b будет иметь вид " $\{r_1, \dots, r_n\}$ ", где r_i - обозначения найденных химических реакций. Уравнения этих реакций передаются из блока анализа во внешнюю задачу другими приемами.

Приемы, связанные с символом "химцепь"

Создан пакетный синтезатор "химцепь", определяющий по списку посылок задачи на исследование список уже найденных химических реакций, позволяющих получить требуемое вещество:

1. Исходное вещество.

$$\forall_a(\text{химдано}(a) \rightarrow \text{химцепь}(a, \emptyset))$$

Антеcedент идентифицируется с посылкой. Уровень срабатывания равен 1.

2. Шаг рекурсии.

$$\forall_{abnrxy}(\text{химполучено}(a, r) \ \& \ \text{химсводится}(a, r, \{; b\}) \ \& \ l(b) = n \ \& \ \forall_i(i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химцепь}(b(i), x(i))) \ \& \ y = \bigcup_{i=1}^n x(i) \cup \{r\} \rightarrow \text{химцепь}(a, y))$$

Первые два антеcedента идентифицируются с посылками. Выражение b имеет заголовок "набор". Третий и пятый антеcedенты выделены указателем "идентификатор", четвертый - реализует рекурсивное обращение к синтезатору. Конечное объединение выписывается как обычное. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "химполучено"

1. Усмотрение возможности получить искомое вещество.

$$\forall_{abr}(\text{химсводится}(a, r, \{; b\}) \rightarrow \text{химполучено}(a, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антеcedент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, причем для каждого элемента $b(i)$ набора b имеется посылка "химдано($b(i)$)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcpr}(\text{химполучено}(b, p) \ \& \ \text{химсводится}(a, r, \{b; c\}) \rightarrow \text{химполучено}(a, r))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антеcedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Для каждого операнда u набора $b; c$ имеется либо посылка "химдано(u)", либо посылка вида "химполучено(u, x)". Уровень срабатывания равен 1.

2. Составление итогового списка реакций.

$$\forall_{abcdr}(\text{Цепьреакций}(a, \{; b\}, c) \ \& \ \text{химсостав}(c, e) \ \& \ \text{химполучено}(e, d) \ \& \ \text{химцепь}(e, r) \rightarrow a = r)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, четвертый - обрабатывается пакетным синтезатором. Точка привязки выбрана в третьем антецеденте. Переменная a - неизвестная. Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "химотделение"

Утверждение "химотделение(a, b, c)" означает, что a есть группа химических реакций, позволяющая отделить вещество c из смеси (тела) b .

1. Поиск в базе теорем уравнения реакции, отделяющего заданные два вещества.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABCbcdepqrstxy} (\text{химотделение}(x, A, e) \ \& \ \text{химсостав}(e, d) \ \& \ A = \text{Смесь}(\{B; C\}) \\ & \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, c) \ \& \ \text{химпреобр}(c, p, q) \ \& \\ & \ \forall_y (\text{вещреакции}(p, y) \ \& \ \neg(\text{эквтермы}(y, c)) \rightarrow \text{химотделимо}(y, d)) \ \& \\ & \ p = \text{химреакция}(r, s, t) \rightarrow p \ \& \ \text{химотделяет}(r, b, d) \end{aligned}$$

Здесь процедура "вещреакции(p, y)", получая в качестве входного данного уравнение p химической реакции, перечисляет формулы y веществ, участвующих в реакции - реагентов и продуктов. Процедура "эквтермы(y, c)" проверяет, что термы y, c отличаются лишь изменением порядка операндов коммутативных операций. Проверочный оператор "химотделимо" был описан ранее, в разделе "Общие свойства веществ".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, имеющей цель "исследовать". Переменная x - неизвестная. Шестой антецедент выделен указателем "программа", седьмой - обрабатывается проверочным оператором. Последний антецедент выделен указателем "идентификатор". Отсутствует посылка вида "химотделяет(u, b, d)". Выражения c, d различны. Уровень срабатывания равен 4.

2. Заключительное составление списка реакций.

$$\begin{aligned} & \forall_{ABCcdnpqx} (A = \text{Смесь}(\{B; C\}) \ \& \ \text{вещество}(B, p) \ \& \ l(C) = n \ \& \\ & \ \forall_i (i \in \{1, \dots, n\} \rightarrow \text{химотделяет}(d(i), c(i), p)) \rightarrow \\ & \ \text{химотделение}(x, A, p) \leftrightarrow x = \{; d\} \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание. Все антецеденты, кроме третьего, выделенного указателем "идентификатор", идентифицируются с утверждениями из контекста. Переменные c, d функциональные. Кванторы общности идентифицируются с группами утверждений. Переменная x - неизвестная. Уровень срабатывания равен 6.

Приемы, связанные с символом "химотделяет"

Созданы приемы, передающие во внешнюю задачу на описание найденные уравнения. Теорема первого из них имеет вид "замещениеусловий(химреакция(a, b, c))". Он применяется в задачах на исследование, имеющих цель "исследовать" и посылку вида "химотделяет(a, x, y)". Теорема второго приема имеет вид "замещениеусловий(химотделяет(a, b, c))". Заголовки обоих приемов - "замещениеусловий", уровень срабатывания равен 3.

2.7 Электrolитическая диссоциация

2.7.1 Логические символы, используемые решателем в связи с электролитической диссоциацией

Утверждение "диссоциирует(a, b)" означает, что химическое вещество a в растворе диссоциирует согласно множеству пар (ион - количество данных ионов).

Утверждение "ионная реакция(a, b, c)" означает, что a есть химическая реакция, сокращенное ионное уравнение которой имеет множество b реагентов и множество c продуктов реакции. Элементами множеств b, c служат пары (ион либо абстрактная молекула - коэффициент).

2.7.2 Пример формулировки задачи на электролитическую диссоциацию на языке решателя

Преобразовать обычное уравнение химической реакции $Ba(NO_3)_2 + FeSO_4 = BaSO_4 + Fe(NO_3)_2$ в ионное уравнение.

Задача на преобразование имеет единственное условие:

"химреакция($r, Ba(NO_3)_2 + FeSO_4 = BaSO_4 + Fe(NO_3)_2$)"

Единственная цель задачи - "ионная реакция".

2.7.3 Приемы, используемые решателем в связи с электролитической диссоциацией

Приемы, связанные с символом "диссоциирует"

Создан пакетный синтезатор "диссоциирует". Он реализует утверждение "диссоциирует(a, b)". Значением входной переменной a служит молекулярная формула вещества. Выходной переменной b присваивается множество пар (формула вещества либо иона - коэффициент). Как обычно, пока в синтезаторе представлены лишь те приемы, которые понадобились при проработке обучающего материала.

1. Растворимое основание.

$$\forall_{An}(\text{растворимо}(\text{химсоед}(A, \text{молекулы}(\text{OH}, n)), \text{вода}) \rightarrow \text{диссоциирует}(\text{химсоед}(A, \text{молекулы}(\text{OH}, n)), \{(\text{ион}(A, n), 1), (\text{ион}(\text{OH}, -1), n)\}))$$

$$\forall_A(\text{растворимо}(\text{химсоед}(A, \text{кислород}, \text{водород}), \text{вода}) \rightarrow \text{диссоциирует}(\text{химсоед}(A, \text{кислород}, \text{водород}), \{(\text{ион}(A, 1), 1), (\text{ион}(\text{OH}, -1), 1)\}))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. A - логический символ.

2. Серная кислота.

$$\text{диссоциирует}(H_2SO_4, 2\text{ион}(H, 1) + \text{ион}(SO_4, -2))$$

Здесь знак "+" используется лишь формульным редактором; фактически второй операнд представляет собой двухэлементное множество пар.

$$\forall_{Akmn}(mn = 2k \ \& \ \text{растворимо}(\text{химсоед}(\text{атомы}(A, n), \text{молекулы}(SO_4, k)), \text{вода}) \rightarrow \\ \text{диссоциирует}(\text{химсоед}(\text{атомы}(A, n), \text{молекулы}(SO_4, k)), \\ \{(\text{ион}(A, m), n), (\text{ион}(SO_4, -2), k)\}))$$

Первый антецедент выделен указателем "программа", второй - обрабатывается проверочным оператором. Переменные k, n идентифицируются с натуральными константами.

3. Соляная кислота.

$$\text{диссоциирует}(HCl, \text{ион}(H, 1) + \text{ион}(Cl, -1))$$

$$\forall_{An}(\text{растворимо}(\text{химсоед}(A, Cl_n), \text{вода}) \rightarrow \text{диссоциирует}(\text{химсоед}(A, Cl_n), \\ \{(\text{ион}(A, n), 1), (\text{ион}(Cl, -1), n)\}))$$

Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Переменная n идентифицируется с натуральной константой.

4. Азотная кислота.

$$\text{диссоциирует}(HNO_3, \text{ион}(H, 1) + \text{ион}(NO_3, -1))$$

$$\forall_{An}(\text{растворимо}(\text{химсоед}(A, \text{молекулы}(NO_3, n)), \text{вода}) \rightarrow \\ \text{диссоциирует}(\text{химсоед}(A, \text{молекулы}(NO_3, n)), \{(\text{ион}(A, n), 1), (\text{ион}(NO_3, -1), n)\}))$$

Аналогично предыдущему.

5. Бромоводородная кислота.

$$\forall_{An}(\text{растворимо}(\text{химсоед}(A, Br_n), \text{вода}) \rightarrow \text{диссоциирует}(\text{химсоед}(A, Br_n), \\ \{(\text{ион}(A, n), 1), (\text{ион}(Br, -1), n)\}))$$

Аналогично предыдущему.

6. Угльная кислота.

$$\forall_{Akmn}(mn = 2k \ \& \ \text{растворимо}(\text{химсоед}(\text{атомы}(A, n), \text{молекулы}(CO_3, k)), \text{вода}) \rightarrow \\ \text{диссоциирует}(\text{химсоед}(\text{атомы}(A, n), \text{молекулы}(CO_3, k)), \\ \{(\text{ион}(A, m), n), (\text{ион}(CO_3, -2), k)\}))$$

Первый антецедент выделен указателем "программа", второй - обрабатывается проверочным оператором. Переменные k, n идентифицируются с натуральными константами.

Приемы, связанные с символом "ионная реакция"

1. Переход к ионному уравнению.

$$\forall_{abc}(\text{химреакция}(a, b, c) \leftrightarrow \text{ионная реакция}(a, b, c))$$

Прием имеет заголовок "второй терм" и применяется к условиям задач на преобразование, имеющих цель "ионная реакция". Он создает заготовку ионного уравнения, которая будет обрабатываться другими приемами. Уровень срабатывания равен 1.

2. Подстановка в уравнение результата диссоциации.

$$\forall_{abcde n q r s} (\text{диссоциирует}(b, q) \ \& \ q = \{\lambda_i((r(i), s(i)), i \in \{1, \dots, n\})\} \rightarrow \\ \text{ионная реакция}(a, \{b, c; d\}, e) \leftrightarrow \\ \text{ионная реакция}(a, \{\lambda_i((r(i), cs(i)), i \in \{1, \dots, n\}); d\}, e))$$

$$\forall_{abcde n q r s} (\text{диссоциирует}(b, q) \ \& \ q = \{\lambda_i((r(i), s(i)), i \in \{1, \dots, n\})\} \rightarrow \\ \text{ионная реакция}(a, e, \{b, c; d\}) \leftrightarrow \\ \text{ионная реакция}(a, e, \{\lambda_i((r(i), cs(i)), i \in \{1, \dots, n\}); d\}))$$

Приемы имеет заголовок "второйтерм". Первый антецедент обрабатывается пакетным синтезатором, второй - выделен указателем "идентификатор". Переменные r, s функциональные. Описатели "отображение" рассматриваются как конечные наборы. Уровень срабатывания равен 2.

3. Сокращение ионного уравнения.

$$\forall_{abcd} (\text{ионная реакция}(a, \{b; c\}, \{b; d\}) \leftrightarrow \text{ионная реакция}(a, \{; c\}, \{; d\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{acdmn} (0 < n - m \rightarrow \text{ионная реакция}(a, \{(a, m); c\}, \{(a, n); d\}) \leftrightarrow \\ \text{ионная реакция}(a, \{; c\}, \{(a, n - m); d\}))$$

$$\forall_{acdmn} (0 < n - m \rightarrow \text{ионная реакция}(a, \{(a, n); d\}, \{(a, m); c\}) \leftrightarrow \\ \text{ионная реакция}(a, \{(a, n - m); d\}, \{; c\}))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Антецедент обрабатывается проверочным оператором. Уровень срабатывания равен 1.

4. Приведение подобных членов в ионном уравнении.

$$\forall_{abcmnr} (\text{ионная реакция}(r, \{(a, m), (a, n); b\}, c) \leftrightarrow \\ \text{ионная реакция}(r, \{(a, m + n); b\}, c))$$

$$\forall_{abcmnr} (\text{ионная реакция}(r, c, \{(a, m), (a, n); b\}) \leftrightarrow \\ \text{ионная реакция}(r, c, \{(a, m + n); b\}))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 1.

5. Сокращение коэффициентов уравнения на общий множитель.

$$\forall_{abcdk m n p q r} (\text{нодвсех}(\{; p\}) = c \ \& \ \text{нодвсех}(\{; q\}) = d \ \& \ \text{нод}(c, d) = k \rightarrow \\ \text{ионная реакция}(r, \{\lambda_i((a(i), p(i)), i \in \{1, \dots, n\}), \\ \{\lambda_i((b(i), q(i)), i \in \{1, \dots, m\})\}) \leftrightarrow \\ \text{ионная реакция}(r, \{\lambda_i((a(i), p(i)/k), i \in \{1, \dots, n\}), \\ \{\lambda_i((b(i), q(i)/k), i \in \{1, \dots, m\})\}))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Антецеденты выделены указателем "идентификатор". Переменные a, b, p, q функциональные. Описатели "отображение" рассматриваются как конечные наборы. Выражение k не содержит заголовка "нод" и отлично от 1. Уровень срабатывания равен 2.

2.8 Органическая химия

Обучение решателя элементам органической химии находится на самой начальной стадии, однако специфика работы со структурными формулами достаточно наглядно иллюстрируется уже на приводимых ниже простейших приемах. Сразу отметим, что структурная формула представляется в решателе не логической, а технической структурой данных - отмеченным графом. Ссылки на эти графы из логического контекста происходят посредством вспомогательных переменных, а работа с ними осуществляется при помощи вспомогательных предикатов и операций, реализованных на ЛОСе и активируемых из приемов ГЕНОЛОГа. Техника работы с графами уже рассматривалась в предыдущем томе монографии.

2.8.1 Логические символы, используемые решателем в органической химии

Пока список символов невелик, но в процессе обучения системы будет пополняться.

Утверждение "Химсостав(a, b)" означает, что строение молекулы вещества a описывается структурной формулой b . Эта формула представляет собой неориентированный граф, вершины которого отмечены молекулярными формулами, а ребра указывают связи между ними. Отметкой ребра служит натуральное число - кратность связи. В посылках задачи данное утверждение ссылается на граф через вспомогательную переменную b . В комментариях к посылкам имеется набор (текобъект b граф G), указывающий на техническое представление G графа b . Формат такого представления был определен в предыдущем томе монографии. При вводе задачи со структурными формулами используется специальный интерфейс, который будет описан ниже.

Утверждение "углскелет(a, b)" означает, что неориентированный граф a является углеродным скелетом структурной формулы b . Отметки вершин и ребер этого графа - символы "неопред".

Утверждение "Химназвание(a, b)" означает, что b есть название химического органического вещества a по правилам международной номенклатуры. Кодировается термом вида "набор(A_1, \dots, A_n)", где A_i - элементы названия - числа либо логические символы, обозначающие радикалы и углеводороды.

Утверждение "химназв(a, b)" означает, что b есть название химического органического вещества, имеющего структурную формулу a .

Логический символ "ди" - элемент названия химического органического вещества.

Утверждение "углеводород(a)" означает, что химическое вещество a - углеводород.

Утверждение "химпределън(a)" означает, что a есть предельный углеводород.

Утверждение "алкан(a)" означает, что a есть вещество предельного углеводорода с древовидной структурной формулой.

Утверждение "циклоалкан(a)" означает, что a есть вещество предельного углеводорода с циклическим углеродным скелетом.

Утверждение "реакцияВюрца(a)" означает, что a есть реакция Вюрца.

Утверждение "крекинг(a)" означает, что a есть реакция крекинга.

Утверждение "дегидрирование(a)" означает, что a есть реакция дегидрирования углеводорода.

2.8.2 Примеры формулировки задач по органической химии на языке решателя

1. Напишите структурную формулу какого-либо предельного углеводорода с разветвленным углеродным скелетом.

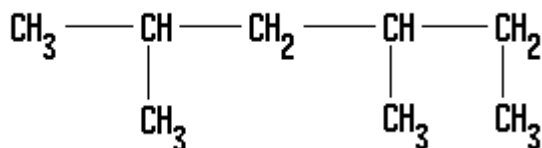
Задача имеет целевую установку "найти пример для x " и единственное условие:

$$\exists_a(\text{Химсостав}(a, x) \ \& \ \text{углеводород}(a) \ \& \ \text{химпредельн}(a) \ \& \ \neg(\text{линграф}(x)))$$

2. Напишите структурные формулы всех изомерных алканов состава C_5H_{12} .

Задача имеет единственную посылку "химсостав(a, C_5H_{12})" и условие "Химсостав(a, x)".
Неизвестная задачи - x . Целевая установка - стандартная для задач на вычисление (т.е. с целью "известно"). В ответе выдается утверждение " $x = c \vee x = e \vee x = g$ ", под которым прорисовываются структурные формулы, обозначенные буквами c, e, g . Сверху слева от каждой структурной формулы помещается обозначающая ее переменная с двоеточием.

3. Назовите углеводород по правилам международной номенклатуры:



Единственная посылка - "Химсостав(a, p)". После того, как эта посылка введена, следует нажать клавишу "д". Тогда слева под посылкой будет прорисована переменная p с двоеточием, и будет инициирована работа редактора графов. Этим редактором нужно набрать указанную выше структурную формулу.

Порядок действий таков. Сначала последовательно вводятся вершины графа. Нужно войти в режим ввода вершин (в), и далее вводить вершины левой кнопкой мыши. Каждый раз на текущей позиции появляется курсор формульного редактора, которым вводится необходимый химический элемент либо молекулярная формула. Затем - переход в режим ввода связей (с). Сначала левой кнопкой мыши выбирается начало связи, затем - конец. По окончании ввода всех связей нажать 0. Если нужно сдвинуть вершину, то ее нужно выделить и затем сдвигать клавишами курсора. Если нужно создать кратную связь, то ее нужно выделить и, нажав Enter, набрать с позиции мыши число - кратность связи. Пока связь выделена, ее пометку можно сдвигать клавишами Str-курсоры. Для завершения редактирования нажимается End. Повторное редактирование - снова через клавишу "д".

Задача имеет единственное условие - "Химназвание(a, x)". Неизвестная задачи - x . Ответом служит равенство " $x = ((2,4, \text{ди, метил}), \text{гексан})$ ".

4. Из какого бромпроизводного по реакции Вюрца можно получить 2,7-диметил-4,5-диэтилоктан ?

Посылки задачи:

"Химреакция(r, A, B)"

"реакцияВюрца(r)"

" $C \in B$ "

"вещество(C, c)"

"Химназвание($c, ((2,7, \text{ди, метил}), (4,5, \text{ди, этил}), \text{октан})$)"

" $D \in A$ "

"вещество(D, d)"

"Химэлементы(d, p)"

"бром $\in p$ "

Условие задачи - "Химсостав(d, x)"

Неизвестная - x .

5. При дегидрировании 10 л бутана выделилось 15 л водорода и образовалось 7,5 л непредельного углеводорода. Установите молекулярную формулу второго продукта реакции и рассчитайте выход реакции. Объемы газов измерены при одинаковых условиях.

Посылки задачи:

"Химреакция($r, \{A\}, \{B, C\}$)"

"дегидрирование(r)"

"вещество($A, \text{бутан}$)"

"Объем(A, t) = 10л"

"вещество(B, b)"

"химсостав(b, H_2)"

"Объем(B, s) = 15л"

"Объем(C, s) = 7.5л"

"Газ(C, s)"

"вещество(C, c)"

"углеводород(c)"

" $\neg(\text{химпредельн}(c))$ "

"температура(A, t) = температура(B, s)"

"давление(A, t) = давление(B, s)"

"температура(A, t) = температура(C, s)"

"давление(A, t) = давление(C, s)"

Условия задачи:

"химсостав(c, x)"

" $y = \text{практвыход}(r)$ "

Неизвестные - x, y .

2.8.3 Приемы, используемые решателем в органической химии

Обучение находится на начальной стадии - проработаны простейшие общие понятия и начата проработка раздела "алканы".

Приемы, связанные с символом "Химсостав"

1. Степень углеводородной вершины структурной формулы.

$\forall_{abcnx}(a \in \text{вершины}(b) \ \& \ \text{Химсостав}(c, b) \ \& \ \text{об}(a) = CH_n \ \& \ \forall_x(x \in \text{ребра}(b) \rightarrow \text{об}(x) = 1) \rightarrow n = 4 - \text{степеньвершины}(a, b))$

Напомним, что выражение " $\text{об}(X)$ " обозначает объект, являющийся отметкой вершины либо ребра X .

Прием имеет заголовок "выводусловия". Первый антецедент идентифицируется с условием задачи на описание, остальные - с условиями либо посылками. Переменная n - неизвестная. Выражение " $\text{степеньвершины}(a, b)$ " уже встречается в задаче. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{abcn}(a \in \text{вершины}(b) \ \& \ \text{Химсостав}(c, b) \ \& \ \text{об}(a) = CH_n \rightarrow \text{степеньвершины}(a, b) \leq 4 - n)$

Аналогично предыдущему, но уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{Gabknp}(\text{Химсостав}(a, G) \ \& \ \text{степеньвершины}(b, G) = k \ \& \ \text{об}(b) = CH_n \ \& \ \text{инцидентны}(b, G) = \{; p\} \ \& \ l(p) = k \rightarrow n = 4 - \sum_{i=1}^k \text{об}(p(i)))$

Выражение " $\text{инцидентны}(b, G)$ " обозначает множество ребер неориентированного графа G , инцидентных вершине b .

Прием имеет заголовок "выводусловия". Третий антецедент идентифицируется с условием задачи на описание, первые два - с условиями либо посылками. Два последних антецедента выделены указателем "идентификатор". Левая часть

четвертого antecedента обрабатывается нормализатором "инцидентны", описанным в предыдущем томе монографии. Он использует явные указания на ребра, представленные утверждениями "ведет(...)". Переменная n - неизвестная. Выражение p имеет заголовок "набор". Конечная сумма выписывается как обычная. После обработки нормализаторами общей стандартизации она не содержит неизвестных. Уровень срабатывания равен 3.

2. Перечисление изомеров предельного углеводорода.

$$\forall_{admnx}(\text{химсостав}(a, C_n H_m \ \& \ 2n + 2 = m \rightarrow \text{Химсостав}(a, x) \leftrightarrow \exists_d(\text{Дерево}(d, n, 4) \ \& \ \text{углскелет}(d, x)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание. Первый antecedент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "программа". Переменная x - неизвестная. Переменные m, n идентифицируются с десятичными константами. Указатель "или" определяет развертку квантора существования в дизъюнкцию. Утверждение "Дерево(X, N, M)" реализуется при помощи запрограммированного на ЛОСе оператора "деревья(N, M, X)", перечисляющего всевозможные попарно неизоморфные деревья X с N вершинами, у которых степень вершины не превосходит M . Прием имеет указатель "объект(d)", определяющий ввод новых переменных для всех создаваемых таким образом деревьев. Сами деревья сохраняются как неориентированные графы в стандартном вычислительном формате ГЕНОЛОГа, описанном в предыдущем томе монографии. Комментарии "(текобъект X T граф)" к посылкам текущей задачи связывают обозначающую дерево переменную X и само дерево T . Указатель "подслучай" блокирует замену условия на соответствующую дизъюнкцию, а вместо этого организует немедленное рассмотрение подслучаев по членам данной дизъюнкции. Это существенно ускоряет процесс решения. По окончании рассмотрения подслучаев дизъюнктивный ответ склеивается из фрагментов. Уровень срабатывания равен 3.

3. Усмотрение структурной формулы.

$$\forall_{ab}(\text{химсостав}(a, b) \leftrightarrow \text{Химсостав}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Переменная b идентифицируется с переменной, причем имеется комментарий (текобъект b x y) к посылкам задачи. Уровень срабатывания равен 1. Прием может применяться в ситуациях, когда сначала возникает уравнение реакции, где вещество задано структурной формулой, а затем срабатывает прием, связывающий исходные реагенты с упоминаемыми в уравнении веществами и использующий для этого символ "химсостав".

4. Определение множества химических элементов структурной формулы.

$$\forall_{abcdxy}(\text{Химсостав}(a, b) \ \& \ c = \text{set}_x(\exists_y(y \in \text{вершины}(b) \ \& \ x \in \text{химэл}(\text{об}(y)))) \ \& \ \text{Химэлементы}(a, d) \rightarrow d = c)$$

Выражение "химэл(X)" обозначает множество названий химических элементов, встречающихся в молекулярной формуле X .

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и третий antecedенты идентифицируются с посылками задачи на исследование, второй - выделен указателем "про-

грамма". Он работает с техническим представлением структурной формулы в виде графа.

Компилятор ГЕНОЛОГа реализует предикат " $y \in$ вершины(b)" посредством оператора ЛОСа, просматривающего элементы набора вершин графа b . Далее программа ЛОСа находит отметку вершины (т.е. молекулярную формулу либо символ химического элемента) и при помощи операторного выражения "хим-эл" перечисляет входящие в нее химические элементы. Для связи процедур ЛОСа с предикатами и операциями теоремы приема компилятор использует справочник "вычисл".

Прием предварительно проверяет, что выражение d - не константное. Уровень срабатывания равен 2.

5. Отождествление структурных формул.

$$\forall_{abc}(\text{Химсостав}(a, b) \rightarrow \text{Химсостав}(a, c) \leftrightarrow b = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с утверждением из контекста. Уровень срабатывания равен 1.

6. Регистрация неизвестной.

$$\forall_{ax}(\text{Химсостав}(a, x) \rightarrow \emptyset)$$

Прием имеет заголовок "замечание". Антецедент идентифицируется с условием задачи на описание, причем переменная x - неизвестная. Проверяется отсутствие комментария (Химсостав x), после чего такой комментарий к текущей задаче вводится. Этот комментарий указывает, что значением неизвестной x служит химическая структурная формула. Он используется при сохранении ответа задачи из задачника, так как позволяет распознавать требующий сохранения граф даже в тех случаях, когда в условиях задачи отсутствует явное указание, что значением неизвестной служит структурная формула. Уровень срабатывания равен 0.

7. Ввод в рассмотрение тела для константного вещества.

$$\forall_{ab}(\text{вещество}(b, a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Указатель "контрольвывода" инициирует попытку его применения при усмотрении утверждения "Химсостав(a, c)" в условиях задачи на описание. Выражение a константное, выражение c содержит неизвестные. Отсутствует посылка вида "вещество(d, a)". Прием вводит новую переменную b . Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "углскелет"

Создан прием для восстановления формулы по углеродному скелету:

$$\forall_{abx}(\text{углскелет}(a, b) \rightarrow \text{углскелет}(a, x) \leftrightarrow x = b)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в условиях задачи на описание. Переменная x - неизвестная. Антецедент выделен указателем "программа". Он обращается к реализованной на ЛОСе процедуре "углерформ", восстанавливающей структурную формулу b по углеродному скелету a . Компилятор организует поиск

графа для углеродного скелета a по комментарию (текобъект a G граф). Указатель "объект(b)" инициирует вставку в программу приема операторов, осуществляющих ввод обозначения b для найденного графа H структурной формулы и создание комментария (текобъект b H граф). Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "углеводород"

1. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{abmnx}(\text{углеводород}(a) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow n - \text{натуральное} \ \& \ m - \text{натуральное} \ \& \ n \leq 2m + 2 \rightarrow x = C_m H_n)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменная x - неизвестная. Отсутствует посылка вида " $x = d$ ". Прием вводит новые переменные m, n . Уровень срабатывания равен 3.

2. Неравенство для числа атомов водорода.

$$\forall_{amn}(\text{химсостав}(a, C_m H_n) \rightarrow n \leq 2m + 2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Хотя бы одно из выражений m, n содержит неизвестные. Уровень срабатывания равен 4.

3. Переформулировка условия "углеводород(...)" в терминах отметок вершин структурной формулы.

$$\forall_{abnx}(\text{Химсостав}(a, b) \rightarrow \text{углеводород}(a) \leftrightarrow \forall_x(x \in \text{вершины}(b) \rightarrow \exists_n(n - \text{целое} \ \& \ 0 \leq n \ \& \ \text{об}(x) = C H_n)))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание. Переменная b - неизвестная. Уровень срабатывания равен 2.

4. Усмотрение противоречия.

$$\forall_a(\text{химсостав}(a, C H_3) \rightarrow \text{ложь})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, имеющей цель "контроль". Уровень срабатывания приема равен 1.

5. Нитрование углеводорода.

$$\forall_{ABabmnpq}(\text{Химреакция}(a, \{A, B\}, b) \ \& \ \text{вещество}(A, p) \ \& \ \text{вещество}(B, q) \ \& \ \text{химсостав}(p, C_m H_n) \ \& \ n = 2m + 2 \ \& \ \text{химсостав}(q, HNO_3) \rightarrow \text{химреакция}(a, C_m H_n + HNO_3 = C_m H_{n-1} NO_2 + H_2O))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме пятого, выделенного указателем "программа", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменные m, n идентифицируются с натуральными константами. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, \dots)". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "химпредельн"

1. Переформулировка в терминах отметок ребер структурной формулы.

$$\forall_{abx}(\text{Химсостав}(a, b) \ \& \ \text{углеводород}(a) \rightarrow \text{химпредельн}(a) \leftrightarrow \forall_x(x \in \text{ребра}(b) \rightarrow \text{об}(x) = 1))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к условию задачи на описание. Переменная b - неизвестная. Уровень срабатывания равен 1.

2. Соотношение для коэффициентов.

$$\forall_{amn}(\text{химпредельн}(a) \ \& \ \text{химсостав}(a, C_m H_n) \rightarrow n = 2m \ \& \ 3 \leq m \vee n = 2m + 2)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Хотя бы одно из выражений m, n - не константное. Уровень срабатывания приема равен 2.

Приемы, связанные с символом "алкан"

1. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{amx}(\text{алкан}(a) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow m - \text{натуральное} \ \& \ x = C_m H_{2m+2})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем x - неизвестная. Отсутствует посылка вида " $x = \dots$ ". Прием вводит новую переменную m . Уровень срабатывания равен 3.

2. Получение алкана.

$$\forall_{ABCDabdkmnr}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \ \& \ \text{вещество}(a, C_m H_n) \ \& \ \text{вещество}(B, b) \ \& \ \text{химсостав}(b, H_2) \ \& \ D \in C \ \& \ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{химсостав}(d, C_m H_k) \ \& \ k = 2m + 2 \ \& \ n = 2m - 2 \rightarrow \text{химреакция}(r, C_m H_n + 2H_2 = C_m H_k))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме двух последних, выделенных указателем "идентификатор", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Переменные k, m, n идентифицируются с натуральными константами. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, \dots)". Уровень срабатывания равен 3.

3. Взаимодействие алкана с галогеном.

$$\forall_{ABabcdkmnpqr}(\text{Химреакция}(a, \{A, B\}, b) \ \& \ \text{вещество}(A, p) \ \& \ \text{химсостав}(p, C_m H_n) \ \& \ 2m + 2 = n \ \& \ \text{вещество}(B, q) \ \& \ \text{химсостав}(q, Cl_2) \ \& \ c \in b \ \& \ \text{вещество}(c, d) \ \& \ \text{химсостав}(d, C_m H_r Cl_k) \ \& \ r = n \rightarrow \text{химреакция}(a, \{(C_m H_n, 1), (Cl_2, k)\}, \{(C_m H_r Cl_k, 1), (HCl, k)\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты, кроме четвертого и десятого, выделенных указателем "программа", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Точка привязки выбрана в шестом антецеденте. Допускается замена символа "хлор" на "бром". Переменные k, m, n, r идентифицируются с натуральными константами. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, \dots)". Уровень срабатывания равен 2.

4. Крекинг метана.

$$\forall_{Aabp}(\text{Химреакция}(a, \{A\}, b) \ \& \ \text{крекинг}(a) \ \& \ \text{вещество}(A, p) \ \& \ \text{химсостав}(p, CH_4) \rightarrow \text{химреакция}(a, 2CH_4 = C_2H_2 + 3H_2))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "химреакция(a, \dots)". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "циклоалкан"

1. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{amx}(\text{циклоалкан}(a) \ \& \ \text{химсостав}(a, x) \rightarrow m - \text{натуральное} \ \& \ 3 \leq m \ \& \ x = C_mH_{2m})$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем x - переменная. Отсутствует посылка вида " $x = \dots$ ". Прием вводит новую переменную m . Уровень срабатывания равен 2.

2. Усмотрение углеводорода.

$$\forall_a(\text{циклоалкан}(a) \rightarrow \text{углеводород}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

3. Ввод в рассмотрение молекулярной формулы.

$$\forall_{ab}(\text{циклоалкан}(a) \rightarrow \text{химсостав}(a, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Задача имеет посылку вида "вещество(A, a)", причем A - подвыражение некоторой посылки вида "Химреакция(\dots)". Отсутствует посылка вида "химсостав(a, \dots)". Прием вводит новую переменную b . Уровень срабатывания равен 1.

Приемы, связанные с символом "химназв"

1. Определение названия химического вещества по его структурной формуле.

$$\forall_{abcx}(\text{Химсостав}(a, b) \ \& \ \text{химназв}(b, c) \ \& \ \text{Химназвание}(a, x) \rightarrow x = c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый и последний антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем переменная x - неизвестная. Второй антецедент выделен указателем "программа". Он обрабатывается реализованной на ЛОСе процедурой "химназв", которая получает в качестве входного данного граф структурной формулы b , а выдает терм c , являющийся названием соответствующего вещества согласно правилам международной номенклатуры. Уровень срабатывания равен 2.

2. Определение структурной формулы вещества по его названию.

$$\forall_{abc}(\text{Химназвание}(a, b) \ \& \ \text{химназв}(c, b) \rightarrow \text{Химсостав}(a, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, причем выражение b константное. Вторым антецедент выделен указателем "программа". Он обрабатывается реализованной на ЛОСе процедурой "Химназв", которая получает в качестве входного данного терм, являющийся названием органического вещества согласно правилам международной номенклатуры. Выдается структурная химическая формула этого вещества (граф). Указатель "объект(c)" инициирует ввод вспомогательной переменной c для обозначения структурной формулы и регистрацию обозначения в комментарии "текобъект". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abc}(\text{Химназвание}(a, b) \ \& \ \text{химназв}(c, b) \rightarrow \text{Химсостав}(a, x) \leftrightarrow x = c)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "программа". Переменная x - неизвестная, выражение b константное. Используется указатель "объект(c)". Уровень срабатывания равен 2.

Приемы, связанные с символом "реакцияВюрца"

1. Определение исходного реагента.

$$\begin{aligned} &\forall_{ABCDEcdefghpqrs}(\text{Химреакция}(r, A, B) \ \& \ \text{реакцияВюрца}(r) \ \& \ C \in B \ \& \\ &\text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{Химсостав}(c, d) \ \& \ p = \text{Копияграфа}(d) \ \& \ \text{центрдеревя}(p, e) \\ &\ \& \ e = (f, g) \ \& \ \text{Исклребро}(p, f, g) \ \& \ D = \text{компграфа}(p, f) \ \& \\ &E = \text{компграфа}(p, g) \ \& \ \text{изоморфндеревья}(f, D, g, E) \ \& \\ &\text{новвершина}(D, \text{бром}, h, q) \ \& \ \text{новребро}(q, f, h, 1, s) \rightarrow \\ &\text{химреакция}(r, 2q + 2Na = d + NaBr)) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". В них используются вспомогательные процедуры, реализованные на ЛОСе. Сначала создается копия p графа структурной формулы d вещества, которое должно быть получено в результате реакции. Затем переменной e присваивается набор центральных вершин дерева p (одна либо две вершины). Проверяется, что этих вершин две; они присваиваются переменным f и g . В графе p исключается ребро, соединяющее найденные вершины. Переменным D, E присваиваются компоненты связности графа p , к которым относятся, соответственно, вершины f и g . Проверяется, что деревья D, E с корнями f, g изоморфны (с учетом совпадения отметки вершин и ребер). Создается граф q , полученный присоединением к D новой вершины h с отметкой "бром", и далее вводится ребро с отметкой 1, соединяющее f и h . Выводимое уравнение реакции ссылается на структурные формулы посредством переменных q, d . Указатель "объект(q)" инициирует ввод переменной для графа q и создание комментария, связывающего их между собой. Перед применением приема проверяется отсутствие посылки вида "химреакция(r, \dots)". Уровень срабатывания равен 3.

2. Получение заданного предельного углеводорода.

$$\begin{aligned} &\forall_{mnk}(\text{химцель}(C_m H_n) \ \& \ m = 2k \ \& \ n = 2m + 2 \rightarrow \\ &\text{химреакция}(r, 2C_k H_{m+1} Br = 2Na = C_m H_n + 2NaBr) \ \& \\ &\text{химцель}(C_k H_{m+1} Br) \ \& \ \text{химсводится}(C_m H_n, r, \{C_k H_{m+1} Br\})) \end{aligned}$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, причем m, n - натуральные константы. Два других антецедента выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную r . Специальный комментарий блокирует повторные применения приема. Уровень срабатывания равен 3.

3. Взаимодействие предельного углеводорода с бромом.

$$\forall_{mnr}(\text{химцель}(C_m H_n Br) \ \& \ n = 2m + 1 \rightarrow \\ \text{химреакция}(r, C_m H_{n+1} + Br_2 = C_m H_n Br + HBr) \ \& \ \text{химцель}(C_m H_{n+1}) \ \& \\ \text{химсводится}(C_m H_n Br, r, \{C_m H_{n+1}\}))$$

Аналогично предыдущему.

4. Уравнение реакции Вюрца.

$$\forall_{ABCamnrx}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, C) \ \& \ \text{реакцияВюрца}(r) \ \& \ \text{вещество}(A, a) \ \& \\ \text{химсостав}(a, \text{химсоед}(C_n, H_m, x)) \ \& \ m = 2n + 1 \rightarrow \\ \text{химреакция}(r, \{(\text{химсоед}(C_n, H_m, x), 2), (\text{натрий}, 2)\}, \\ \{(C_{2n} H_{2m}, 1), (\text{химсоед}(\text{натрий}, x), 2)\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, пятый - выделен указателем "программа". Переменные m, n идентифицируются с натуральными константами, выражение x - один из символов "хлор", "фтор", "бром", "йод". Отсутствует посылка вида "химреакция(r, \dots)". Уровень срабатывания равен 3.

5. Усмотрение реакции Вюрца.

$$\forall_{ABCDcdkmnrx}(\text{Химреакция}(r, \{A, B\}, \{C, D\}) \ \& \ \text{вещество}(B, \text{натрий}) \ \& \\ \text{вещество}(C, c) \ \& \ \text{химсостав}(c, C_m H_n) \ \& \ m = 2k \ \& \ n = 2m + 2 \ \& \\ \text{вещество}(D, d) \ \& \ \text{химсостав}(d, \text{химсоед}(\text{натрий}, x)) \ \& \ \text{галоген}(x) \rightarrow \\ \text{химреакция}(r, \{(\text{химсоед}(C_k, H_{m+1}, x), 2), (\text{натрий}, 2)\}, \\ \{(C_m H_n, 1), (\text{химсоед}(\text{натрий}, x), 2)\}))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также седьмой и восьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование. Пятый и шестой антецеденты выделены указателем "программа", девятый - обрабатывается проверочным оператором. Переменные k, m, n идентифицируются с натуральными константами. Отсутствует посылка вида "химреакция(r, \dots)". Уровень срабатывания равен 3.

Приемы, связанные с символом "дегидрирование"

Создан прием, устанавливающий связь между коэффициентами уравнения реакции:

$$\forall_{abcmnpqr}(\text{химреакция}(r, \{(C_m H_n, a)\}, \{(H_2, b), (C_p H_q, c)\}) \ \& \ \text{дегидрирование}(r) \rightarrow \\ m = p \ \& \ a = c)$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в первом из них. Выводимые равенства содержат неизвестные. Уровень срабатывания равен 1.

2.9 Приемы по элементарной химии, реализованные на ЛОСе

Главным образом, на ЛОСе были реализованы приемы по химии, извлекающие уравнения химических реакций из базы теорем.

Хранение уравнений химических реакций в базе теорем

В логической системе база теорем играет роль источника приемов. Хотя запись приема на ГЕНОЛОГе приближена к записи теоремы, но теорема приема, все же, является частью алгоритмического языка, и во многих случаях существенно отличается от породившей ее "обычной" теоремы. Могут отбрасываться antecedentes, указывающие на о.д.з. рассматриваемых в теореме выражений, часть необходимых проверок перебрасываться в фильтры и т.д. Некоторые теоремы приемов просто организуют обращения к вспомогательным процедурам или вводят комментарии. Иногда теорема приема вообще может выглядеть как что-то сомнительное. Все это отражает совершенно объективный процесс "деформации" теоретических формулировок, ориентированной на потребности программирования.

Чтобы научить систему самостоятельно создавать новые приемы, необходимо изучить процесс преобразования теорем в алгоритмы. Как минимум, для этого нужно сначала хотя бы создать базу теорем. Ее можно было бы создавать непосредственно по учебникам, переводя на логический язык содержащиеся в них знания. Однако, при таком подходе теоремы окажутся оторваны от базы приемов решателя, и использовать их для указанной цели будет сложно. Поэтому при развитии решателя пришлось двигаться в обратном порядке - по уже созданным теоремам приемов записывать их аккуратные логические переформулировки и заносить в базу теорем. Обычно таким путем получают "вторичные" теоремы, перегруженные техническими параметрами или представляющие собой следствия либо вариации базисных фактов теории. Лишь после этого в базу теорем заносятся сами базисные факты и прослеживаются шаги "программирующего логического вывода", извлекающего из них вторичные теоремы - непосредственные источники приемов. Подробнее все эти переходы будут рассмотрены в шестом томе монографии.

Несмотря на то, что главная роль базы теорем - служить источником приемов, иногда все же разумно использовать ее не в процессе самообучения системы, а непосредственно в процессе решения задач. Это происходит в тех ситуациях, когда складываются большие массивы однотипных утверждений, применение которых не требует большого алгоритмического разнообразия. В нашем случае речь пойдет о базе уравнений химических реакций, которые можно извлекать из базы теорем и сразу погружать в логический контекст задачи.

Заметим в скобках, что неудачи попыток создания универсальных решателей задач с помощью каких-то "общих процедур", непосредственно работающих с базой теорем, объясняются тем вытекающим из обучения логической системы обстоятельством, что теоремы требуют индивидуального и притом весьма разнообразного управления. Попытки связать такое управление с теоремой, так или иначе, приведут к языку типа ГЕНОЛОГа и де-факто к появлению приемов.

Возвращаясь к базе химических уравнений, прежде всего уточним общие принципы организации базы теорем, частью которой она является.

База теорем расположена в 6-м информационном блоке логической системы. Корневой указатель этого блока - каталог. Ссылка из него по логическому символу s осуществляется на указатель - список, являющийся корнем статьи символа s . Как и в базе приемов, используется дерево номеров узлов статьи символа s . Ребрам этого дерева сопоставлены десятичные цифры; нумерация узлов начинается с 1.

Узел статьи логического символа s называется также узлом теоремы. Он однозначно определяется своим адресом - парой (s, n) , где n - десятичный номер узла. По метке "терм" из узла теоремы выполняется переход к логическому терминалу, хранящему теорему узла. По метке "комментарии" - переход к логическому терминалу, хранящему характеристики теоремы. Обычно эти характеристики используются при программирующем логическом выводе либо при создании приемов. По метке "примечание" - переход к текстовому терминалу, хранящему примечания к теореме. Пока такие терминалы практически не используются, однако интерфейс базы теорем позволяет их создавать.

Кроме непосредственной адресации теорем, возможна их косвенная адресация через оглавление базы теорем. Переход к корневому указателю данного оглавления - по меткам "оглавление", "теорема" из корневого каталога базы теорем. Как и обычно, метками ребер оглавления служат последовательные логические символы, начинающиеся с 1. По каждой метке из узла оглавления имеет место переход к некоторой паре объектов. Первым элементом пары служит ссылка на текстовый терминал, хранящий текст данного пункта оглавления. Вторым объектом пары служит либо ссылка на очередной указатель оглавления ("поддиректорию"), либо на логический терминал, представляющий собой конечный пункт оглавления.

В конечном пункте оглавления базы теорем хранятся ссылки "теорема(s, n)", перечисляющие адреса узлов теорем, отнесенных к данному пункту. Так как оглавление запоминает последний пункт просмотра, то ссылка "теорема(s, n)" для последнего просмотренного узла теоремы заменяется на ссылку "нормуравн(s, n)". Такое странное название объясняется тем, что изначально использовался символ "теорема", но впоследствии он оказался неиспользуемым, а его номер был передан символу "нормуравн".

Оглавление базы теорем позволяет хранить знания согласно стандартному распределению понятий по разделам - так же, как в обычных учебниках. Тексты названий пунктов оглавления позволяют ориентироваться в его разделах человеку. Чтобы логическая система тоже могла ориентироваться в оглавлении, введены логические терминалы, к которым от промежуточных узлов оглавления (т.е. указателей - списков) имеются переходы по метке "замечание". В конечном пункте оглавления, помимо ссылок "теорема(...)", предусмотрены термы "замечание($A_1 \dots A_k$)". В обоих случаях приводятся наборы информационных элементов, характеризующих принцип группировки теорем в данном разделе либо конечном пункте.

Для хранения теоретических сведений по химии выделен подраздел "Химия" корневого оглавления базы теорем. Его указатель - список сопровождается информационным элементом "раздел(химия)". Пока здесь хранятся только уравнения реакций. Единственный подраздел - "Химические элементы". Он сопровождается информационным элементом "раздел(химэлементы)". Далее идут подразделы, соответствующие конкретным элементам - "Азот", "Алюминий", и т.д. Сопровождающие информационные элементы - "логсимвол(азот)", "логсимвол(алюминий)", и т.п. Внутри раздела, соответствующего химическому элементу, располагаются подразделы, связанные

с различными веществами, в которых этот элемент встречается. Например, внутри раздела "Азот" идут подразделы "Азот", "Оксид азота (II)", "Оксид азота (IV)", "Аммиак", "Азотная кислота", и др. Сопровождающие информационные элементы имеют вид "вещество(атомы(азот 2))", "вещество(химсоед(азот кислород))", "вещество(химсоед(азот атомы(кислород 2)))", "вещество(химсоед(азот атомы(водород 3)))", "вещество(химсоед(водород азот атомы(кислород 3)))".

Так как при обучении решателя рассматривались лишь такие задачи, в которых уравнение химической реакции нужно было найти по одному или нескольким известным реагентам, то в базе теорем уравнения реакций пока сгруппированы только "по реагентам". Предполагается, что по мере надобности будут создаваться и разделы, соответствующие группировке "по продуктам". Пока в разделе "Азотная кислота" имеется единственный подраздел "Реакции с азотной кислотой". Сопровождающий информационный элемент - "раздел(химреагенты)". В точности такой же элемент сопровождает и другие подразделы, группирующие реакции с заданным реагентом.

В разделе "Реакции с азотной кислотой" созданы концевые пункты "Взаимодействие с серебром", "Взаимодействие с гидроксидами", и др. Эти пункты не имеют никаких сопровождающих информационных элементов. При поиске реакции они просматриваются все подряд. В отдельном пункте могут быть собраны несколько уравнений. Например, в пункте "Взаимодействие с гидроксидами" представлены уравнения для взаимодействия с гидроксидами калия и натрия.

Уравнение реакции r записывается в базе теорем как утверждение о существовании реакции: $\exists_r(\text{химреакция}(r, HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O))$. Если требуется указать условия протекания реакции, то они заносятся под квантор существования. Например, $\exists_r(\text{химреакция}(r, 3Cu_2O + 2NH_3 = 6Cu + N_2 + 3H_2O) \& \text{нагревание}(r))$. Сопровождающая уравнение характеристика теоремы "нормсуществует" - всего лишь общелогическая констатация наличия квантора существования в консеквенте теоремы или в ее заголовке.

Приведенная схема хранения уравнений реакций, в целом, соответствует принятой в учебниках по химии. Заметим, что в этих учебниках одно и то же уравнение зачастую приводится в разделах, соответствующих различным химическим элементам, встречающимся в реагентах или продуктах. Такое дублирование вполне допустимо и в базе теорем. Обычно традиционная древовидная группировка знаний "по понятиям" оказывается достаточной, чтобы человек быстро находил требуемые сведения.

В принципе, даже полный просмотр базы теорем логической системой, если он сравнительно редок, занимает вполне приемлемое время. Однако, для ускоренного поиска теорем, помимо оглавления, используется и другое средство. Этим средством являются разнообразные справочники, позволяющие по предъявляемому логическому символу перечислять адреса теорем, связанных с этим символом заданным образом. Такие справочники создаются при заблаговременном анализе теорем. Пока они используются лишь в процедурах программирующего логического вывода и автоматического синтеза приемов. При необходимости, можно их создавать и для случаев непосредственного использования базы теорем, например, для поиска уравнений химических реакций.

Перечисление уравнений химических реакций по одному из реагентов - привязка по символу "химреагенты"

Этот прием и остальные приемы данного раздела можно найти в ветви "Приемы решателя" - "Химия" оглавления программ.

Прием срабатывает на уровне 7. Усматривается условие "химреагенты(r, a)" задачи на описание. Переменной x_6 присваивается переменная r . Проверяется, что r - неизвестная. Проверяется, что a имеет вид "перечень(набор(A_1, \dots, A_n))", причем переменной x_8 присваивается входение символа "набор". Проверяется, что текущая задача имеет цель "пример" либо не имеет цели "полный". Перечисляются термы A_i , указанные в наборе. Переменной x_{10} присваивается результат обработки текущего такого термина нормализатором "станд", обеспечивающим лексикографическое переупорядочение операндов коммутативных операций. Проверяется, что x_{10} - название химического элемента либо невырожденная молекулярная формула, не имеющая переменных. Предпринимается обращение к оператору "отнэлемент($x_{10} x_{11}$)", выбирающему тот входящий в x_{10} химический элемент x_{11} , к которому вещество x_{10} отнесено в базе теорем. За исключением кислорода, выбирается элемент с наибольшим номером. Затем начинается передвижение по оглавлению базы теорем. Сначала оператор "поискраздела(химия x_{12})" находит ссылку на указатель базы теорем, являющийся корнем раздела "химия". Затем операторы "подраздел" последовательно проходят по ребрам с метками "раздел(химэлементы)", "логсимвол(x_{11})", "вещество(x_{10})", "раздел(химреагенты)". В итоге определяется указатель-список x_{19} оглавления базы теорем. Оператор "теоремыраздела($x_{19} x_{21} x_{22}$)" перечисляет наборы x_{22} : (теорема - логический символ ее узла - номер узла - ссылка на узел - список характеристик теоремы) для всех теорем, достижимых из x_{19} . Переменной x_{23} присваивается извлеченная из набора x_{22} теорема; проверяется, что ее заголовок - квантор существования. Переменной x_{24} присваивается первый символ s связывающей приставки данного квантора. Проверяется, что связывающая приставка одноэлементна. Определяется набор x_{25} конъюнктивных членов подкванторного утверждения, в котором повсеместно вместо переменной s подставляется переменная r - обозначение рассматриваемой в задаче реакции.

Если в этом наборе встречаются утверждения "концентрир(A)", "среднконцентр(A)", "разбавлено(A)", то они отбрасываются. Это необходимо из-за того, что фактически данные утверждения используются в другом виде - как "концентрир(B, r)", "среднконцентр(B, r)", "разбавлено(B, r)". Здесь B - объект химической реакции r (т.е. тело), в то время как A - молекулярная формула реагента. Чтобы воспользоваться указателями на степень концентрации, необходимо обращаться к базе теорем, отправляясь от посылки вида "Химреакция(...)", в которой реагенты представлены как тела. Это делается приемом, приводимым ниже. Причем он не заносит в задачу указатели концентрации, а лишь сравнивает уже имеющиеся в задаче указатели с указателями теоремы.

Если в списке x_8 требуемых реагентов было более одного элемента, то к набору x_{25} добавляется равенство множества оставшихся элементов набора x_8 множеству отличных от x_{10} реагентов найденной реакции. Затем процедура "попыткаспуска" реализует попытку решения задачи, полученной заменой текущего условия "химреагенты(r, a)" на конъюнкцию утверждений набора x_{25} . Если попытка удачная, то выдается найденный ответ, иначе - продолжение перечисления уравнений.

Сразу поясним, что приемы создавались лишь для простейших примеров из школь-

ного задачника, как иллюстрация обучения решателя химии. В частности, приведенный прием выдает первый же допустимый ответ. Если требуется отбор уравнений с учетом дополнительной оптимизации, то можно было бы сохранять все найденные варианты, а затем помещать их в общий логический контекст для дальнейшего анализа.

Перечисление уравнений химических реакций по одному из реагентов - привязка по символу "химреагент"

Прием срабатывает на уровне 7. Усматривается условие "химреагент(r, a)" задачи на описание. Переменной x_6 присваивается переменная r . Проверяется, что r - неизвестная. Проверяется отсутствие в посылках задачи уравнения реакции r . Проверяется отсутствие другой неизвестной реакции s , у которой известно больше реагентов, чем у реакции r . Переменной x_7 присваивается результат обработки выражения a нормализатором "станд", и проверяется, что этот результат - название химического элемента либо невырожденная молекулярная формула, не имеющая переменных. Предпринимается обращение к оператору "отнэлемент($x_7 x_8$)". Дальнейшие действия - такие же, как в предыдущем приеме, за исключением того, что не добавляется равенство множеств остаточных реагентов.

Определение списка всех уравнений для данных реагентов

Как и первый прием данного раздела, данный прием срабатывает на уровне 7 при рассмотрении в задаче на описание условия "химреагенты(r, a)". Однако, здесь уже задача имеет цель "полный" и не имеет цели "пример". Соответственно, текущее условие будет заменяться на дизъюнкцию всех найденных в базе теорем уравнений реакций. Разумеется, требование получить полное описание в данной задаче - не более чем технический прием, расширяющий кругозор решателя хотя бы до списка уравнений, представленных в базе теорем. О настоящей полноте, в отличие от математических задач, здесь речь не идет.

Как и раньше, переменной x_6 присваивается переменная r . Проверяется, что r - неизвестная. Проверяется, что a имеет вид "перечень(набор(A_1, \dots, A_n))", причем переменной x_8 присваивается вхождение символа "набор".

Далее вводится пустой накопитель x_9 , куда будут заноситься уравнения реакций. Просматриваются элементы набора x_8 . Переменной x_{11} присваивается результат обработки текущего такого элемента нормализатором "станд". Проверяется, что x_{11} - название химического элемента либо невырожденная молекулярная формула, не имеющая переменных. Предпринимается обращение к оператору "отнэлемент($x_{11} x_{12}$)". После этого, как и ранее, предпринимается продвижение по оглавлению базы теорем и перечисление теорем x_{24} , имеющих своим заголовком квантор существования. Переменной x_{26} присваивается набор конъюнктивных членов подкванторного утверждения. В нем выполняется переход к обозначению r рассматриваемой в задаче реакции. В списке x_{26} находится утверждение x_{27} , имеющее заголовок "химреакция". Проверяется, что список реагентов уравнения x_{27} совпадает с a , и уравнение x_{27} заносится в накопитель x_9 . По окончании цикла заполнения накопителя x_9 проверяется, что он непуст. После этого текущее условие "химреагенты(...)" заменяется на дизъюнкцию утверждений списка x_9 . Заметим, что данный прием не обращается к вспомогательной задаче, а изменяет текущую задачу. После его срабатывания сканирование задачи возобновляется согласно оператору "пересмотр".

Попытка найти уравнение химической реакции в базе теорем

Этот прием срабатывает на уровне 7 при усмотрении в задаче на исследование посылки "Химреакция(r, A, B)". Переменной х6 присваивается переменная r . Проверяется, что она является неизвестной. Проверяется отсутствие в задаче посылки вида "химреакция(r, \dots)", а также посылки вида "составреакция(r, \dots)". Проверяется, что A имеет вид $\{A_1, \dots, A_n\}$. Вводятся пустые накопители х8 и х9. В накопитель х8 будут заноситься молекулярные формулы реагентов, в накопитель х9 - пары посылок "вещество(\dots)", "химсостав(\dots)", характеризующие реагенты. Чтобы заполнить эти накопителя, просматриваются выражения A_i , являющиеся переменными. Для каждого такого A_i ищется посылка вида "вещество(A_i, B_i)". Если B_i - название химического элемента, то оно регистрируется в накопителе х8, а в х9 заносится только посылка "вещество(\dots)". Иначе ищется посылка "химсостав(B_i, C_i)", в накопитель х8 заносится C_i , а к накопителю х9 добавляются обе посылки "вещество(\dots)" и "химсостав(\dots)".

По завершении заполнения накопителей х8 и х9 - переход через "иначе 3". Здесь начинается перечисление элементов х10 набора х8. Проверяется, что х10 - название химического элемента либо невырожденная молекулярная формула, не имеющая переменных. Предпринимается обращение к оператору "отнэлемент(х10 х11)". Происходит продвижение по оглавлению базы теорем и перечисление теорем х23, имеющих своим заголовком квантор существования. Переменной х25 присваивается набор конъюнктивных членов подкванторного утверждения, в которых выполнен переход к обозначению r рассматриваемой в задаче реакции. В наборе х25 находится утверждение х26 вида "химреакция(r, P, Q)". Переменной х27 присваивается набор пар (молекулярная формула - кратность) для списка реагентов P . Далее рассматриваются два случая:

1. Длины списка х8 молекулярных формул реагентов и списка х27 равны. Тогда проверяется, что список молекулярных формул в парах х27 совпадает со списком х8. Если в списке х25 имеется указатель степени концентрации реагента ("концентрир", "среднконцентр", "разбавлено"), то проверяется наличие соответствующего указателя в посылках задачи. Если его нет, то переход к очередной теореме. Иначе - веса всех посылок задачи понижаются до 1, предпринимается вывод уравнения реакции х26, и возобновление сканирования согласно оператору "пересмотр".
2. Список х27 на единицу длиннее списка х8, причем х8 - подсписок списка молекулярных формул в парах из х27. Переменной х30 присваивается молекулярная формула из х27, отсутствующая в х8. Хотя уравнение х26 и не годится для текущей реакции r , но возможен случай, когда утверждение "Химреакция(r, \dots)" возникло в результате ошибочного разбиения некоторой другой реакции r' на несколько подреакций. В этой ситуации предпринимается попытка скорректировать разбиение и все-таки воспользоваться уравнением х26.

Прежде всего, в списке посылок находится утверждение х31 вида "составреакция($r', \{r, s\}$)". Затем переменной х35 присваивается посылка "Химреакция(r', U, V)". В списке реагентов U находится переменная u , для которой имеется посылка вида " $u = \text{Смесь}(\{c, \dots\})$ ", и далее находятся посылки "вещество(c, d)", "химсостав(d, e)", где e - "недостающая" молекулярная формула х30. Проверяется наличие посылки "химизбыток(u, r')". Если смесь u была подразбита на

две части, одна из которых относилась к реагентам реакции s , то оставшаяся ее часть добавляется к реагентам реакции r . Иначе - она подразбивается на две части, одна из которых добавляется к реагентам реакции r , а другая будет рассматриваться как непрореагировавший остаток. В обоих случаях прием завершает свою работу, не вводя уравнения реакции r . Это уравнение будет введено им на последующем сканировании, так как тогда списки веществ реагентов в задаче и теореме совпадут.

Используемые в приемах по элементарной химии процедуры, реализованные на ЛОСе

Для работы со структурными формулами пришлось расширить ГЕНОЛОГ, введя ряд отношений и операций, которые компилятор может обрабатывать, если они выделены указателем "программа". Так как структурная формула представлена графом, то часть таких отношений и операций, относящихся к произвольным графам, была рассмотрена в предыдущем томе. Кроме того, на ЛОСе реализованы следующие процедуры, к которым можно обращаться через ГЕНОЛОГ:

1. "химназв(x_1 x_2)". x_1 - структурная химическая формула. Переменной x_2 присваивается терм, являющийся названием соответствующего вещества согласно правилам международной номенклатуры.
2. "Химназв(x_1 x_2)". x_1 - терм, являющийся названием органического химического вещества согласно правилам международной номенклатуры. Переменной x_2 присваивается структурная химическая формула этого вещества.
3. "деревья(x_1 x_2 x_3)". x_1 , x_2 - натуральные числа. Переменная x_3 перечисляет всевозможные попарно неизоморфные деревья с x_1 вершинами, у которых степень вершины не превосходит x_2 . Для обращения к процедуре из ГЕНОЛОГа используется запись "Дерево(x_3 x_1 x_2)".
4. "углерформ(x_1 x_2)". x_1 - углеродный скелет структурной формулы (граф). Переменной x_2 присваивается соответствующая структурная формула. Для обращения из ГЕНОЛОГа используется запись "углскелет(x_1 x_2)".

Как уже говорилось выше, проработка задач по органической химии находится на начальной стадии, и приведенный список, разумеется, должен быть продолжен. Отметим также, что для адекватной прорисовки структурных формул пришлось существенно скорректировать процедуру "смграф", реализующую интерфейс редактирования графов. Эта работа тоже требует дальнейших шагов.

Глава 3

Приемы решателя в шахматах

Шахматы предоставляют исключительно ценный материал для исследования логических процессов, связанных с принятием решений. Накоплены огромные запасы позиций, сопровождаемых анализом рассуждений шахматиста. Они позволяют не только создавать базы приемов компьютерных решателей, моделирующих пошаговым образом данные рассуждения, но и проследить источники таких приемов. Безусловно, этот материал требует детального осмысления в рамках логической системы.

Хорошо известные успехи в создании мощных шахматных программ не отменяют данной необходимости. Следуя оценке М.М.Ботвинника, они не столько моделируют рассуждения человека, сколько добиваются результатов с помощью вычислительных мощностей, далеко превосходящих человеческие возможности. Тем более важно, не вступая пока в конкуренцию с такими программами, начать систематическую работу по разбиению на атомарные шаги процессов рассуждений, извлекаемых из шахматных учебников, и накоплению базы шахматных приемов решателя. На первых порах достаточно, чтобы решатель не столько играл в шахматы, сколько адекватно воспроизводил рассуждения, приводящие к выбору наилучшего хода в конкретных обучающих позициях.

Предлагаемый результат обучения логической системы выбору хода в шахматах основан на проработке разделов учебника "Полный курс шахмат. С.Б.Губницкий, М.Г.Хануков, С.А.Шедей. Изд-во "Фолио", М., 2004". Этот учебник содержит большое количество задач на выбор хода в текущей позиции, сопровождаемых ответами. Автор не ставил перед собой цели создать играющую шахматную программу, а ограничился проработкой указанных упражнений, тем более что сам играет в шахматы лишь на уровне новичка. Тем не менее, логика рассуждений при выборе хода прослеживалась однозначно и была переведена на язык приемов ГЕНОЛОГа. Полученные таким образом приемы, как и в других разделах решателя, предполагается связать с информацией уровня базы теорем и использовать для разработки систем, способных к самообучению.

Как и в остальных разделах, решатель по шахматам должен рассматриваться не как завершённый продукт, а как стартовая площадка для тех, кто хотел бы связать свою судьбу с исследованием мира логических процессов.

3.1 Ввод задач на выбор хода в шахматах

Для ввода новой задачи следует выполнить следующие действия:

1. В оглавлении задачника создать новый концевой пункт и зайти в просмотр пустого экрана, у которого сверху прорисована отделяющая бланк задачи горизонтальная линия.
2. Нажатием клавиши "ц" войти в оглавление целевых установок задач. Перейти к корневому меню, от которого перейти в подраздел "Игровые задачи" - "Шахматы". Здесь выбрать одну из четырех возможностей:
 - (a) Игра белыми фигурами. Иницируется начало шахматной партии, в которой человек будет играть белыми фигурами, а решатель - черными.
 - (b) Игра черными фигурами. Иницируется начало шахматной партии, в которой человек будет играть черными фигурами, а решатель - белыми.
 - (c) Создание специальной позиции и игра белыми фигурами. Это - вход в интерфейс создания специальной позиции, в которой человек будет играть белыми фигурами, а первый ход станет делать решатель, играющий черными.
 - (d) Создание специальной позиции и игра черными фигурами. Это - вход в интерфейс создания специальной позиции, в которой человек будет играть черными фигурами, а первый ход станет делать решатель, играющий белыми.

Заметим, что специальные позиции создаются для ввода обучающего материала. Поэтому в них всегда первый ход делает решатель.

Интерфейс создания специальной позиции прорисовывает пустую шахматную доску, которая развернута в сторону игрока - человека. Соответственно, нумерация строк будет возрастать снизу вверх, если человек играет белыми, и убывать, если он играет черными. Однако, ввод позиции из учебника удобно производить при стандартной ориентации шахматной доски (нумерация строк возрастает снизу вверх). Поэтому нажатием клавиши "п" перевернутую доску можно поворачивать для ввода позиции, а затем возвращать ее в исходное состояние.

Чтобы разместить фигуру на поле, сначала левой кнопкой мыши следует слева либо справа от доски выбрать тип фигуры, а затем повторно нажать эту кнопку на данном поле. Чтобы удалить фигуру с поля, используется правая кнопка мыши. По завершении ввода позиции нажимается Enter. Это нажатие одновременно завершает ввод задачи. На экране появляется кадр только что введенной задачи в задачнике. В этом кадре, кроме верхней линии и прорисованной шахматной позиции, ничего нет.

Если нужно скорректировать уже созданную шахматную позицию, то следует повторно войти в соответствующий пункт оглавления целевых установок. Вместо пустой доски появится изменяемая позиция, и далее - те же действия по размещению фигур, что и выше.

3. Запуск задачи на выбор хода осуществляется так же, как любой другой задачи. Для пошаговой трассировки нажимается "р". Под шахматной позицией, которая все время сохраняется на экране, будет прорисована информация об очередном сработавшем приеме. Обычно это вывод следствия в посылках. Заметим, что задача на выбор хода является задачей на исследование. Изначально она

имеет всего две посылки - "текпозиция(a)" и "шахпозиция(a)", где a - переменная. Собственно представление A шахматной позиции представляет собой не логическую, а техническую структуру данных. Оно "спрятано" в комментариях (текобъект a Шахматы) к посылкам задачи. Как и обычно, для просмотра списка посылок текущей задачи после срабатывания очередного приема можно использовать прокрутку: этот список посылок размещен над прорисовкой текущей позиции.

Если пошаговая трассировка не нужна, то сразу нажимается "о". Тогда решатель делает ход, который прорисовывается слева от шахматной позиции, и предлагает партнеру сделать встречный ход. С этого момента партия может быть продолжена.

3.2 Структуры данных и вспомогательные процедуры для шахмат

3.2.1 Структуры данных, используемые решателем для работы с шахматной позицией

Шахматная позиция задается тройкой (A_1, A_2, A_3) , где A_1 - матрица шахматной позиции, A_2 - 0 либо последний ход, после которого возникла позиция, A_3 - пара указателей на возможность рокировки. Каждый такой указатель представляет собой пару (B_1, B_2) , где B_1 - возможность рокировки в направлении первой вертикали, B_2 - возможность рокировки в направлении восьмой вертикали. Если рокировка возможна, то значение B_i равно 0, иначе оно равно 1. Первый элемент пары A_3 соответствует белым фигурам, второй - черным.

Матрица шахматной позиции представляет собой набор (C_1, \dots, C_8) наборов C_i , определяющих столбцы позиции. Каждое C_i - набор (D_1, \dots, D_8) элементов столбца. Если на j -й строке в i -м столбце находится фигура, тип которой определяется логическим символом F , а цвет равен R , то D_j - терм " $F(R, (i, j))$ ", иначе D_j есть 0. Типы фигур - символы "король", "ферзь", "ладья", "конь", "слон", "пешка". Для фигур белого цвета R равно 0, для фигур черного - 1.

Для ссылки на шахматное поле используется пара цифр (i, j) , где i - номер столбца, j - номер строки. Для удобства программирования пришлось отказаться от традиционного буквенного обозначения столбцов позиции. Как в приемах, так и в интерфейсах решателя столбцы обозначаются цифрами.

Для ссылки на ход используется пара (H_1, H_2) ссылок на поля: H_1 - поле, откуда делается ход, H_2 - поле, куда делается ход.

Чтобы выбрать очередной ход в шахматах, решатель использует задачу на исследование, имеющую цель (шахматы), где - указатель цвета фигур, которыми играет решатель. Как и выше, белый цвет обозначается нулем, черный - единицей.

Текущая позиция, в которой нужно сделать ход, обозначена какой-либо переменной p и выделена посылкой "текпозиция(p)". Собственно набор $A = (A_1, A_2, A_3)$, представляющий данную позицию, является не логической, а технической структурой данных, ссылка на которую из логического контекста осуществляется только посредством переменной. Для связи p с A задача имеет комментарий посылок (текобъект

p А шахматы). Заметим, что в одном и том же списке посылок могут рассматриваться многие различные позиции, возникающие при анализе ходов на ту или иную глубину. Все они обозначены переменными, связанными с описаниями позиций комментариями (текобъект ...). Фактически анализ позиции в задаче на исследование представляет собой цепочку вычислений над шахматными позициями, управляемую с логического уровня.

Кроме основных структур данных, приведенных выше, при анализе позиций используются также указатели направлений и линий шахматной доски.

Направление перемещения по шахматной доске задается векторами $(0,1)$, $(0,-1)$, $(1,0)$, $(-1,0)$ горизонтальных и вертикальных перемещений, а также векторами $(1,1)$, $(1,-1)$, $(-1,1)$, $(-1,-1)$ диагональных перемещений.

Вертикальная, горизонтальная либо диагональная линии на шахматной доске представляются парами (A_1, A_2) , где A_1 - ссылка на некоторое поле линии, A_2 - направляющий вектор линии.

3.2.2 Процедуры для работы с шахматной позицией, реализуемые интерпретатором ЛОСа

Чтобы ускорить выполнение стандартных действий, связанных с просмотром шахматной позиции, они реализованы в виде серии базисных операторов ЛОСа, имеющих вид "шахмблок(a, x_1, \dots, x_n)". Здесь логический символ a указывает на выполняемое действие, а x_1, \dots, x_n - сопутствующие вход-выходные данные.

Все эти операторы обрабатываются интерпретатором ЛОСа и запрограммированы на СИ. Их реализует функция F227, программа которой расположена в файле log syst.cpp. Переключатель switch(a) организует разбор случаев для заголовка оператора a . Фактическая реализация операторов осуществляется вспомогательными функциями, которые вынесены в отдельный файл shahmati.cpp.

Для добавления нового оператора достаточно вставить в цепочку подслучаев переключателя новый фрагмент. Во избежание чрезмерного увеличения размеров файла log syst.cpp, программу оператора лучше выделить в отдельную функцию и поместить ее в файле shahmati.cpp, предварительно охарактеризовав как extern.

Перечислим операторы "шахмблок(...)":

1. шахмблок(сматака x_1 x_2 x_3 x_4). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - координаты поля, x_3 - цвет фигуры. Переменной x_4 присваивается набор троек (A, B, C) , где A - поле, на котором находится фигура противоположного цвета, атакующая поле x_2 ; B - поле, на которое перемещается атакующая фигура при взятии; C - терм, представляющий атакующую фигуру. Возможна альтернативная версия обращения к оператору, когда x_3 - цвет фигур, увеличенный на 2 (2 - белые, 3 - черные). Тогда перечисляются фигуры противоположного цвета, контролируемые поле x_2 . Отличие заключается в том, что допускается случай контроля королем поля, контролируемого также чужой фигурой.
2. шахмблок(допустход x_1 x_2 x_3). Истинно, если в шахматной позиции x_1 ход с поля x_2 на поле x_3 не открывает своего короля нападению чужой фигуры и не игнорирует шаха своему королю.

3. шахмблок(смход $x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле некоторой фигуры. Переменной x_3 присваивается набор троек (A, B, C) где A - поле, на которое фигура x_2 может сделать ход. Если ход без взятия, то $B = C = 0$. Иначе B - поле, на котором находится взятая фигура, C - терм, представляющий эту фигуру.
4. шахмблок(опрход $x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле некоторой фигуры, x_3 - поле, на которое эта фигура делает ход. Переменной x_4 присваивается представление шахматной позиции, возникающей после данного хода. Представление исходной позиции x_1 при этом не изменяется.
5. шахмблок(смнападение $x_1 x_2 x_3$). x_1 - предстввление шахматной позиции, x_2 - поле некоторой фигуры. Переменной x_3 присваивается набор пар (A, B) , перечисляющих все возможности сделать ход фигурой противоположного цвета, при которых фигура x_2 будет оказываться под нападением фигуры, сделавшей ход. A - координаты поля фигуры, делающей ход, B - координаты поля, на которое делается ход.
6. шахмблок(смзащита $x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле некоторой фигуры, x_3 - поле фигуры, атакующей либо защищающей фигуру x_2 . Переменной x_4 присваивается набор пар (A, B) , перечисляющих возможные ходы, приводящие к загромождению x_2 от x_3 (если x_3 атакует, то - для защиты, иначе - для блокировки защиты; соответственно выбирается цвет фигуры). A - поле фигуры, делающей ход, B - поле, на которое эта фигура делает ход.
7. шахмблок(шахпомеха $x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором находится фигура. Переменной x_3 присваивается набор пар (A, B) , перечисляющих всевозможные помехи защите фигур того же цвета, созданные фигурой x_2 . A - поле защищающей фигуры, B - поле защищаемой фигуры.
8. шахмблок(шахблок $x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором находится фигура. Переменной x_3 присваивается набор пар (A, B) , перечисляющих всевозможные помехи защите фигур другого цвета, созданные фигурой x_2 . A - поле защищающей фигуры; B - поле защищаемой фигуры.
9. шахмблок(шахсвязка $x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором находится фигура. Переменной x_3 присваивается набор пар (A, B) , перечисляющих всевозможные связки, образованные фигурой x_2 . A - поле нападающей фигуры, B - поле загромождаемой фигуры.
10. шахмблок(блокатаки $x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором находится фигура. Переменной x_3 присваивается набор пар (A, B) , таких, что фигура поля x_2 загромождает чужую фигуру поля B от нападения на нее своей фигуры поля A .
11. шахмблок(Ход $x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором находится фигура. Переменной x_3 присваивается набор троек (A, B, C) , где A поле, на которое фигура x_2 может сделать ход. Игнорируется все случаи подставления своего короля под удар. Если ход без взятия, то

$B = C = 0$, иначе B - поле, на котором находится взятая фигура, C - терм, представляющий эту фигуру.

12. шахмблок(контрполя $x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором находится фигура. Переменной x_3 присваивается набор полей, которые контролируются (в смысле или защиты) фигурой x_2 . Связки с королем и ходы королем "под удар" игнорируются.
13. шахмблок(шахотделяет $x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле некоторой фигуры, x_3 - поле фигуры того же цвета, защищающей фигуру x_2 . Переменной x_4 присваивается набор пар (A, B) , перечисляющих возможные ходы фигурами того же цвета, приводящие к загромождению x_2 от x_3 . A - поле фигуры, делающей ход, B - поле, на которое эта фигура делает ход.
14. шахмблок(шахмблок x_1). При $x_1 = 0$ снимает блокировку проверку допустимости хода процедурами "шахмблок(...)", при $x_1 = 1$ - устанавливает ее. Под проверкой допустимости понимается, что ход не открывает королю нападению чужой фигуры и не игнорирует шаха.
15. шахмблок(сквознойход $x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле линейной фигуры. Переменной x_3 присваивается набор пар (A, B) , где A - поле, куда фигура x_2 могла бы сделать ход, если бы ей не мешала фигура поля B .

Чтобы прорисовывать изображения шахматных фигур, в блоке "видео(...)" операторов ЛОСа, реализуемых интерпретатором, созданы несколько операторов, работающих с двоичными матрицами. Эти матрицы определяют пиксели черно-белого изображения (0 - белый, 1 - черный).

1. видео(матрица логсимвол $x_1 x_2$). x_1 - набор (A_1, \dots, A_m) наборов $A_i = (B_{i1} \dots B_{in})$, где каждое B_{ij} - 0 либо 1. Этот набор определяет прямоугольное двоичное изображение размером $m \times n$ (т.е. A_1, \dots, A_m - строки, перечисляемые сверху вниз). Переменной x_2 присваивается набор логических символов, кодирующих это изображение в сжатом виде: двоичные знаки выписываются последовательно и делятся на отрезки длины 15; каждый такой отрезок образует номер очередного логического символа, уменьшенный на 1. Такие наборы логических символов далее называем кодами двоичных матриц.
2. видео(набор $x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - код двоичной матрицы, x_2 - число строк этой матрицы, x_3 - число столбцов. Оба числа - в формате логических символов. Переменной x_4 присваивается набор наборов символов 0 и 1, описывающий двоичную матрицу.
3. видео(матрица видео $x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6 x_7$). x_1 и x_2 - символьные столбец и строка, определяющие верхний левый край прямоугольника, в котором нужно прорисовать двоичную матрицу, имеющую код x_5 . x_3, x_4 - цвет фона и символов для прорисовки. x_6 - число строк матрицы, x_7 - число столбцов. Оба числа - в формате логических символов. Происходит прорисовка матрицы.

Битмэпы шахматных фигур хранятся в логических терминалах 1-го информационного блока, достижимых из корневого указателя-списка по меткам "шахматы",

название фигуры, цифра от 0 до 3. Последняя цифра указывает сочетание "цвет фигуры - цвет фона". В терминале хранится код двоичной матрицы размера 32 на 32. Чтобы войти в его просмотр и редактирование, когда в левом верхнем углу экрана появляется символ "терм", достаточно выбрать в пункте меню "Просмотр" подпункт "просмотр битмэпа 32 на 32" либо нажать клавишу "б". Изменение цвета клетки матрицы обеспечивается левой кнопкой мыши.

Кроме стандартного "большого" изображения шахматной позиции, была создана уменьшенная версия прорисовки. Предполагалось использование ее в приемах ГЕНОЛОГа, но в итоге это оказалось не очень удобным, и развития пока не получило. Главной причиной отказа явилось то, что логическое описание обычно бывает достаточно общим, и для его иллюстрации единственного примера недостаточно. Тем не менее, аппарат прорисовки уменьшенной позиции сохранен, и уменьшенные версии битмэпов фигур (16 на 16) хранятся в логических терминалах 1-го информационного блока, достижимых из корня по меткам "смфигуры", название фигуры, цифра от 0 до 3. Вход в просмотр и редактирование терминала - клавиша "ш" либо пункт меню "Просмотр".

3.2.3 Вспомогательные процедуры для работы с шахматной позицией, реализованные на ЛОСе

Кроме перечисленных выше вспомогательных процедур для работы с позицией, реализуемых интерпретатором, создана группа процедур, реализованных на ЛОСе. Они обеспечивают шахматные интерфейсы, а также используются компилятором при переводе на ЛОС приемов ГЕНОЛОГа. Часть данных процедур можно найти в разделе "Приемы решателя" - "Игровые задачи" - "Шахматы" - "Вспомогательные процедуры" оглавления программ. Другие реализованные на ЛОСе процедуры будут упомянуты ниже при перечислении логических символов шахматных приемов, допускающих непосредственное вычисление.

Особняком стоит процедура "битмэп(x1 x2 x3 x4)", которая была создана для прорисовки шахматных фигур, но может применяться и в других случаях. Здесь x1 - ссылка на указатель-список активного информационного блока, x2 - логический символ. Если по метке x2 из x1 имеется переход к логическому терминалу, хранящему код двоичной матрицы размера x3 на x4 (x3 - число строк, x4 - число столбцов, оба числа в формате логических символов), то выполняется просмотр и редактирование этой двоичной матрицы. Если такого перехода нет, то вводится нулевая матрица и также выполняется ее редактирование. Матрица определяет пиксели черно-белого изображения. После каждой операции над матрицей содержимое логического терминала по x2 корректируется.

Перечислим процедуры из указанного выше раздела оглавления программ. Некоторые из них повторно будут упомянуты ниже, в разделе "Логические символы теорем приемов, реализующие вычисления".

1. смпозиция(x1 x2 x3 x4). x1 - представление шахматной позиции. x2 - цвет фигур решателя. x3 - строка для прорисовки позиции. x4 - величина смещения вправо при прорисовке. Происходит прорисовка позиции x1.
2. смфигуры(x1 x2 x3 x4). x1 - представление шахматной позиции, уже прорисованной на экране. x2 - цвет фигур решателя. x3 - набор пар (номер столбца -

номер строки), указывающих поля на шахматной доске, для которых требуется перерисовка. x_4 - цвет перерисовки. Нумерация столбцов и строк - начиная с единицы. Процедура используется при выделении синим цветом фигуры, выбранной игроком для очередного хода, при коррекции изображения позиции после хода и при создании искусственной позиции.

3. ход(x_1 x_2). x_1 - задача на исследование, описывающая некоторую игровую позицию. x_2 - набор, определяющий ход в игре x_1 . Предпринимается проверка допустимости хода, изменение представления текущей позиции в задаче x_1 и соответствующая перерисовка этой позиции. Обращение к процедуре происходит дважды - после хода решателя и после хода его партнера.
4. шахрасчистка(x_1). x_1 - задача на исследование, имеющая цель (шахматы ...) и возникшая после очередного хода партнера решателя. Выполняется "перегрузка" задачи x_1 для анализа новой текущей позиции. Ненужные послышки удаляются, нужные - корректируются. Обращение к оператору выполняется после обращения к оператору "ход".
5. смполе(x_1 x_2 x_3 x_4). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 - координаты поля. Переменной x_3 присваивается содержимое элемента матрицы позиции x_1 , соответствующей полю x_2 . Переменной x_4 присваивается вхождение этого элемента в столбец матрицы позиции.
6. Смполе(x_1 x_2). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - координаты поля. Если на этом поле отсутствует фигура, то значением выражения служит логический символ 0, иначе - терм $F(R, (i, j))$, представляющий данную фигуру.
7. редпозиции(x_1). Интерфейс редактирования шахматной позиции, определяемой задачей на исследование x_1 , имеющей цель (шахматы ...). Процедура используется для создания специальных шахматных позиций в обучающих примерах. Обращается к ней процедура "списокзадач".
8. шахредактор(x_1 x_2 x_3). x_1 - строка, начиная с которой происходит прорисовка уменьшенного изображения шахматной позиции, x_2 - матрица шахматной позиции. x_3 - набор информационных элементов, уточняющих режим редактирования и содержащих дополнительные вход-выходные данные. Оператор реализует прорисовку и редактирование шахматной позиции x_2 . Он предназначен для создания шахматных позиций, иллюстрирующих прием ГЕНОЛОГа. В наборе x_3 предусматриваются следующие типы элементов:
 - (a) "выход" - выход из редактора сразу после прорисовки позиции.
 - (b) "(теорема A)" - A есть теорема приема.
 - (c) "(ходфигуры A_1A_2)" - A_1 и A_2 суть пары координат (от 1 до 8) начальных и конечных позиций стрелок, проводимых для пояснения приема.

Как уже говорилось выше, пока данная процедура не используется.

9. смнападение(x_1 x_2 x_3 x_4). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 - поле, занятое фигурой. Оператор перечисляет все возможности сделать ход фигурой противоположного цвета, при которых фигура x_2 будет оказываться под

нападением фигуры, сделавшей ход. Переменной x_3 присваивается поле фигуры, делающей ход, переменной x_4 - поле, на которое делается ход. Фактически оператор "смнападение" представляет собой лишь промежуточное звено, обращающееся к оператору "шахмблок(смнападение . . .)". Оно понадобилось для обработки компилятором ГЕНОЛОГА предиката "нападение" (см. ниже раздел, посвященный шахматным предикатам и операциям, используемым в теоремах приемов).

10. шахлиния(x_1 x_2 x_3 x_4). x_1 - координаты поля шахматной доски, x_2 - направляющий вектор, x_3 - число. Переменной x_4 присваиваются координаты шахматной линии, перпендикулярной x_2 и полученной параллельным переносом линии, проходящей через поле x_1 , на вектор, полученный умножением x_2 на число x_3 . Если такой линии нет, оператор ложен.
11. Шахлиния(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5). x_1 - матрица шахматной позиции, x_2 - координаты поля шахматной доски, x_3 - указатель направления линии: 0 - горизонтальное, 1 - вертикальное, 2 - диагональ из левого нижнего угла в правый верхний, 3 - диагональ из левого верхнего угла в правый нижний. Переменная x_4 перечисляет координаты полей в направлении x_3 от поля x_2 (не включая само поле x_2), в каждую сторону от x_2 - вплоть до первого поля, занятого фигурой, включая такое занятое поле. При этом переменной x_5 присваивается содержимое поля x_4 (0 либо терм, обозначающий фигуру).
12. напрфигура(x_1 x_2 x_3 x_4). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 - координаты поля этой позиции. x_3 - направляющий вектор. Если существует занятое фигурой поле, к которому можно перейти, двигаясь от поля x_2 в направлении x_3 и не проходя через поля (не считая самого поля x_2), занятые другими фигурами, то переменной x_4 присваиваются координаты этого поля. Иначе оператор ложен.
13. ходконя(x_1 x_2 x_3 x_4). x_1 - матрица шахматной позиции. x_2 - координаты поля этой позиции. Переменная x_3 перечисляет координаты полей, на которые можно попасть из x_2 ходом коня. При этом переменной x_4 присваивается содержимое данного поля (0 либо терм, обозначающий фигуру).
14. сматака(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - координаты поля, x_3 - цвет фигуры. Переменная x_4 перечисляет поля, на которых находится фигура противоположного цвета, атакующая позицию x_2 . При этом переменной x_5 присваивается поле, на которое перемещается атакующая фигура при взятии, а переменной x_6 - терм, представляющий атакующую фигуру. Если x_3 - цвет фигуры, увеличенный на 2 (2 - белые, 3 - черные), то перечисляются фигуры, контролирующие позицию x_2 . Здесь допускается случай контроля королем позиции, контролируемой также чужой фигурой.
15. смзащита(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 - поле некоторой фигуры, x_3 - поле фигуры, атакующей либо защищающей фигуру x_2 . Перечисляются возможные ходы, приводящие к загораживанию x_2 от x_3 (если x_3 атакует x_2 , то - для защиты, иначе - для блокировки защиты; цвет фигуры определяется соответственно). Переменной x_4 присваивается поле фигуры, делающей ход, переменной x_5 - поле, на которое эта фигура делает ход.

16. смход($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5$). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 - поле некоторой фигуры. Переменная x_3 перечисляет всевозможные поля, на которые фигура x_2 может сделать ход. Если ход без взятия, то переменной x_4 присваивается 0, иначе - поле, на котором находится взятая фигура. Переменной x_5 тогда присваивается терм, представляющий эту фигуру.
17. опрход($x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 - поле некоторой фигуры. x_3 - поле, на которое эта фигура делает ход. Значением выражения является представление шахматной позиции, возникающей после данного хода. Оператор создает буфер, сохраняющий результаты нескольких предыдущих обращений. Перед тем, как обратиться к процедуре "шахмблок(опрход ...)", делается попытка извлечь готовый результат из буфера.
18. смуходит($x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 - поле некоторой фигуры. Переменная x_3 перечисляет всевозможные поля, на которые фигура x_2 может сделать ход, чтобы уйти от нападения.
19. текпозиция(x_1). x_1 - задача на исследование, имеющая цель "шахматы". Значением выражения служит представление текущей шахматной позиции.
20. смвскрнападение($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5$). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 - координаты поля, занятого фигурой. Оператор перечисляет все возможности сделать ход фигурой противоположного цвета, при которых фигура x_2 окажется под нападением некоторой другой фигуры. Переменной x_3 присваиваются координаты поля фигуры, делающей ход, переменной x_4 - координаты поля, на которое делается ход, переменной x_5 - координаты поля фигуры, нападающей после вскрытия на фигуру x_2 .
21. полефигуры($x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - цвет фигур. Переменная x_3 перечисляет координаты всех полей, на которых в позиции x_1 находится фигура цвета x_2 .
22. ходфигуры($x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором в позиции x_1 находится фигура. Переменная x_3 перечисляет все поля, на которые фигура x_2 может сделать ход. Программа оператора просто переадресует действия оператору "смход".
23. чужойцвет(x_1). x_1 - задача на исследование, имеющая цель (шахматы A). Значением выражения является цвет фигур, отличный от A .
24. свойцвет(x_1). x_1 - задача на исследование, имеющая цель (шахматы A). Значением выражения является A .
25. возмход($x_1 x_2 x_3$). x_1 - представление шахматной позиции. x_2 и x_3 - поля шахматной доски. Оператор истинен, если на позиции x_2 находится фигура, которая может сделать ход на позицию x_3 . Программа оператора создает буфер результатов нескольких предыдущих обращений и начинает проверку с попытки извлечь готовый результат.
26. шахнапр(x_1). Оператор перечисляет направляющие векторы x_1 перемещения по шахматной доске. Порядок перечисления таков: (0,1), (0,-1), (1,0), (-1,0), (1,1), (1,-1), (-1,1), (-1,-1).

27. фигураполя($x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - координаты поля. Если на этом поле находится фигура типа x_3 и цвета x_4 , то оператор истинен.
28. местофигуры($x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - тип фигуры, x_3 - цвет фигуры. Переменная x_4 перечисляет координаты полей, на которых находится фигура данного цвета и типа.
29. линход($x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - координаты поля, лежащего на линии с координатами x_3 . Переменная x_4 перечисляет координаты полей линии x_3 , отличных от x_2 и таких, что между x_2 и x_4 (включая x_4 и не включая x_2) на линии x_3 нет шахматных фигур.
30. одналиния($x_1 x_2 x_3$). Оператор истинен, если поля x_1 , x_2 и x_3 шахматной доски лежат на одной горизонтальной, вертикальной либо диагональной линии.
31. напрполе($x_1 x_2 x_3$). Оператор истинен, если поле x_3 на шахматной доске лежит в направлении, определяемом вектором x_2 , от поля x_1 , и не совпадает с этим полем.
32. матрицапозиции(x_1). x_1 - список термов, определяющих фигуры шахматной позиции (как обычно, с указанием цвета и координат). Значением выражения служит матрица данной шахматной позиции. Оператор практически не используется, но может быть полезен при считывании шахматной позиции из файла.
33. позицияматрицы(x_1). x_1 - матрица шахматной позиции. Значением выражения служит список термов, представляющих фигуры этой позиции (т.е. ненулевых клеток матрицы). Оператор может быть полезен при сохранении шахматной позиции в файле.
34. сохрпозиции($x_1 x_2$). x_1 - цель (шахматы A), указывающая цвет фигур A , которыми играет решатель. x_2 - список термов, представляющих фигуры некоторой шахматной позиции. В подразделе "Доработать" корневого раздела "Шахматы" оглавления задачника вводится новый концевой пункт - задача на исследование с целью x_1 и списком посылок x_2 . Заметим, что при запуске решения данной задачи все послышки списка x_2 будут удалены и заменены посылкой "текпозиция(a)". При этом создается стандартное представление шахматной позиции, регистрируемое в комментарии (текобъект $a \dots$). Обращение к оператору "сохрпозиции" оказывается необходимым, если в процессе игры решатель сделал неудачный ход, требующий доучивания. Сохраняется позиция до этого хода.
35. контрольполя($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - цвет фигур, x_3 - поле шахматной доски. Перечисляются пары x_4 , x_5 , для которых ход фигуры цвета x_2 с поля x_4 на поле x_5 приводит к тому, что поле x_3 оказывается под ударом этой фигуры.
36. шахсвязка($x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором находится фигура. Переменные x_3 и x_4 перечисляют всевозможные связки, образованные фигурой x_2 : фигура поля x_2 заслоняет свою фигуру поля x_4 от нападения на нее фигуры поля x_3 .

37. разделяет($x_1 x_2 x_3$). Оператор истинен, если поле x_1 шахматной доски находится между полями x_2 и x_3 и на одной линии с ними.
38. сквознконтроль($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - цвет фигур. x_3 и x_4 - поля на одной шахматной линии, причем поле x_4 занято фигурой. Перечисляются пары x_5, x_6 , для которых ход фигуры цвета x_2 с поля x_5 на поле x_6 приводит к тому, что единственной фигурой между x_6 и x_3 , по линии действия фигуры x_6 , оказывается фигура, занимающая поле x_4 .
39. шахлуч($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5$). x_1 - матрица шахматной позиции, x_2 - координаты поля, x_3 - направляющий вектор. Переменная x_4 перечисляет координаты полей в направлении x_3 от поля x_2 (не включая само поле x_2), вплоть до первого поля, занятого фигурой, включая такое занятое поле. Переменной x_5 при этом присваивается 0 либо терм, представляющий фигуру поля x_4 .
40. ценаполя($x_1 x_2$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - координаты поля. Значение выражения равно ценности шахматной фигуры, расположенной в позиции x_1 на поле x_2 . Если фигуры на этом поле нет, значение равно 0. Ценности фигур обычные: пешка - 1, слон или конь - 3, ладья - 5, ферзь - 9. Ценность короля полагается равной 100.
41. рокировка($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - цвет фигур. Если возможна рокировка королем цвета x_2 , то переменной x_3 присваивается поле, на которое он делает ход. При этом ладья идет с поля x_4 на поле x_5 . Оператор перечисляющий.
42. шахполя(x_1). x_1 - набор пар координат полей на шахматной доске. Значением выражения служит терм для множества этих полей.
43. вскршахсвязка($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, на котором находится фигура. Переменные x_3 , x_4 и x_5 перечисляют тройки полей, соответствующих вскрытым связкам для x_2 . Фигура поля x_2 становится связанной, как только чужая фигура поля x_3 делает ход, уводящий ее с линии x_2 - x_3 . При этом x_4 - поле, на котором находится связывающая фигура, x_5 - поле, на котором находится прикрываемая фигура.
44. вскрконтроль($x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6$). Оператор истинен, если в шахматной позиции x_1 ход фигурой цвета x_2 с поля x_4 на поле x_5 приводит к тому, что фигура поля x_6 начинает контролировать поле x_3 .
45. ходкполю($x_1 x_2 x_3 x_4$). x_1 - представление шахматной позиции, x_2 - поле, x_3 - указатель цвета фигур. Переменная x_4 перечисляет поля фигур цвета x_3 , которые могут сделать ход на поле x_2 .

3.3 Логические символы, используемые решателем в шахматах

3.3.1 Задание шахматных приемов на ГЕНОЛОГе

Практически все шахматные приемы решателя осуществляют вывод в посылках задачи на исследование, имеющей цель (шахматы A). Это - обычные приемы вывода,

однако антецеденты делятся всего на два класса - непосредственно идентифицируемые с посылками антецеденты и антецеденты, выделенные указателем "программа", т.е. обрабатываемые путем вычислений. Большинство встречающихся в шахматных приемах логических символов введено только для непосредственных вычислений. Справочник "вычисл" связывает их с операторами и операторными выражениями ЛОСа, выполняющими эти вычисления. Как правило, программно реализованные символы в посылках задач не встречаются. Для характеристики позиции в посылках задачи введены другие символы.

По мере обучения решателя, приходится вводить новые программно реализованные символы для теорем приемов. Чтобы компилятор ГЕНОЛОГа мог воспользоваться новым предикатом либо операцией $s(x_1 \dots x_n)$, нужно проделать следующие действия:

1. В случае предиката s - определить, какие из переменных x_1, \dots, x_n являются входными, а какие - выходными.
2. Написать на ЛОСе программу оператора либо операторного выражения $S(x_1 \dots x_n)$, необходимого для вычисления значений выходных переменных предиката $s(x_1 \dots x_n)$ либо вычисления значения операции $s(x_1 \dots x_n)$.
3. Создать прием справочника "вычисл", указывающий компилятору способ обработки $s(x_1 \dots x_n)$ при заданных входных и выходных переменных (для различных разбиений переменных на входные и выходные - различные приемы справочника "вычисл"). Прием справочника задается на ГЕНОЛОГе. Теорема этого приема имеет вид "вычисл(s $s(x_1 \dots x_n)$ $A_1 \dots A_m$ T)". Здесь каждое A_i - либо вида "вход($x_i t_i$)", либо вида "выход($x_i t_i$)", либо (для задания типа значения операторного выражения) вида "выход(t)". Каждое t_i - тип значения переменной x_i . Используемые решателем типы вычислительных данных перечислены в справочной программе символа "тип". Для шахмат используются следующие типы:
 - (а) "шахматы" - представления шахматной позиции.
 - (б) "полефигуры" - координаты поля фигуры.
 - (с) "напрлин" - направляющий вектор для линии шахматной доски.

Для различных численных характеристик и для цвета фигуры используется тип "десчисло".

Наконец, T - оператор либо операторное выражение ЛОСа, реализующие вычисления. Обычно T совпадает с $S(x_1 \dots x_n)$, однако может иметь любой более сложный вид. В частности, не требуется какое-либо соответствие порядка и количества переменных вспомогательного оператора S переменным терма $s(x_1 \dots x_n)$. В ряде случаев вводить новый оператор S не требуется, так как T обеспечивает необходимые вычисления через старые операторы и операторные выражения.

После ввода теоремы приема вводим заголовок приема справочника - символ "вычисл". Третье окно оставляем пустым (Esc), а в четвертом помещаем символ "пусто". После нажатия на F3 прием справочника готов. Теперь логический символ s (но только для тех разбиений на входные и выходные переменные,

которые обслуживаются созданными приемами "вычисл") можно использовать в приемах ГЕНОЛОГа.

Чтобы провести компиляцию шахматного приема ГЕНОЛОГа, необходим еще один справочник. Если антецедент $s(p_1 \dots p_n)$ идентифицируется с посылкой задачи, причем часть операндов p_i должна быть преобразована в технический формат для дальнейших вычислений, то компилятору требуется информация, как такое преобразование выполнить. Эту информацию он получает через справочник "данные", реализованный на ГЕНОЛОГе. Теорема приема справочника имеет вид "данные($s(x_1 \dots x_n)$ значение($x_1 t_1 R_1$) ... значение($x_n t_n R_n$))". Здесь t_i - тип технического формата для термина p_i , R_i - операторное выражение, преобразующее терм p_i в технический формат. Обычно используются три типа выражений R_i . Если p_i - переменная, связанная с обозначаемым объектом через комментарий "текобъект $p_i \dots$ ", то R_i - логический символ "текобъект". Если p_i - терм для пары координат поля шахматной доски, то R_i имеет вид "смчисла(x_i)". Если p_i - десятичная запись числа, то R_i имеет вид "числзначение(левыйкрай(x_i))". В теореме приема справочника "данные" указатели "значение(...)" редко приводятся для всех операндов x_i , обычно - лишь для их части.

Действия по созданию приема справочника "данные" - такие же, как для справочника "вычисл". После создания теоремы приема вводится заголовок "данные", третье окно пропускается, а в четвертом помещается символ "пусто". Здесь неважно, какой символ поместить - лишь бы третье и четвертое окна одновременно не были пустыми. Для ГЕНОЛОГа это недопустимо.

При создании шахматного приема на ГЕНОЛОГе те антецеденты, которые идентифицируются с посылками задачи, никак не выделяются. Остальные антецеденты должны быть выделены указателем "программа(...)", перечисляющим их символьные номера. Вручную вводить такой указатель достаточно долго. Для ускорения процесса и исключения возможных ошибок предусмотрено автоматическое создание указателя. После того, как заготовка приема набрана и сохранена нажатием F4, следует нажать клавишу "н". Снизу начнут появляться подсказки по вводу дополнительных элементов описания приема либо удалению старых. Как только появится подсказка вида "программа(...)", нужно нажать клавишу Insert. Напомним, что нажатие Delete означает отказ от подсказки. Нужна определенная осторожность, связанная с рассмотрением старых указателей. Как только в верхнем меню появится надпись "Старый указатель", нажатие Delete приведет к его удалению (возможно, нежелательному). Процесс рассмотрения подсказок в любой момент можно оборвать нажатием Esc. При этом уже введенные изменения приема временно сохраняются, но в файлах не зарегистрированы. Для окончательного изменения приема нужно нажать одну из клавиш сохранения - F4 (без перекомпиляции) либо F3 (с перекомпиляцией).

Во избежание трудностей с компиляцией, рекомендуется избегать одинаковых переменных связывающих приставок в различных кванторах и описателях теоремы приема.

3.3.2 Логические символы теорем приемов, реализующие вычисления

Перечень логических символов теорем приемов, обрабатываемых с помощью непосредственного вычисления, можно найти в разделе "Игровые задачи" - "Шахматы" -

"Справочники" оглавления базы приемов. В этом разделе рассматриваются подразделы "Шахфигуры", "Ходыфигур", "Шахдоска", "Шахпозиции", "Шахнападения". В каждом из них нужно выбрать подраздел "Вычисл", содержащий приемы справочника "вычисл", организующие компиляцию вычислений для соответствующих символов.

Ниже эти символы перечисляются согласно разбиению на указанные подразделы. Для каждого символа будут заданы допустимые разбиения операндов на входные и выходные, а также процедуры ЛОСа, реализующие в этих случаях предикат либо операцию.

Шахматные фигуры

Утверждение "пешка(a, b, c)" означает, что в позиции a на поле c находится пешка цвета b . Если определены все три операнда, то оператор "фигураполя(a с пешка b)" проверяет наличие пешки на поле. Если определены только a и b , то оператор "местофигуры(a пешка b c)" перечисляет поля c пешек цвета b /

Утверждение "слон(a, b, c)" означает, что в позиции a на поле c находится слон цвета b . Реализация вычислений - аналогично пешке.

Утверждение "ладья(a, b, c)" означает, что в позиции a на поле c находится ладья цвета b . Реализация вычислений - аналогично пешке.

Утверждение "конь(a, b, c)" означает, что в позиции a на поле c находится конь цвета b . Реализация вычислений - аналогично пешке.

Утверждение "ферзь(a, b, c)" означает, что в позиции a на поле c находится ферзь цвета b . Реализация вычислений - аналогично пешке.

Утверждение "король(a, b, c)" означает, что в позиции a на поле c находится король цвета b . Реализация вычислений - аналогично пешке.

Утверждение "полефигуры(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a на поле c находится фигура цвета b . Если определены все три операнда, то оператор "смполефигуры(a, b, c)" проверяет наличие фигуры заданного цвета на заданном поле. Если определены только a и b , то оператор "полефигуры(a, b, c)" перечисляет поля c фигур цвета b .

Утверждение "Полефигуры(a, b)" означает, что в шахматной позиции a на поле b находится фигура. Если определены оба операнда, то оператор "занятоеполе(a, b)" проверяет наличие фигуры на заданном поле. Если определено только a , то оператор "Полефигуры(a, b)" перечисляет поля b , занятые фигурами.

Выражение "шахцвет(a, b)" обозначает цвет фигуры, расположенной на поле b шахматной позиции a . Его значение вычисляется операторным выражением "шахцвет(a, b)". При обращении должно быть известно, что b - поле фигуры.

Выражение "шахфигура(a, b)" обозначает тип фигуры, расположенной на поле b шахматной позиции a . Его значение вычисляется операторным выражением "шахфигура(a, b)". При обращении должно быть известно, что b - поле фигуры.

Выражение "ценностьфигуры(a)" обозначает условную ценность шахматной фигуры типа a . Его значение вычисляется операторным выражением "ценностьфигуры(a)". Ценности фигур стандартные: пешка - 1, конь или слон - 3, ладья - 5, ферзь - 9. Для удобства ценность короля взята равной 100.

Ходы фигур

Выражение "Ход(a, b, c)" обозначает позицию в шахматах, возникающую из позиции a после того, как фигура, находившаяся на поле b , сделала ход на поле c . Его значение вычисляется операторным выражением "опрход(a, b, c)".

Утверждение "ходфигуры(a, b, c)" означает, что c есть поле, на которое в шахматной позиции a может сделать ход фигура, находящаяся на поле b . Если определены a, b , то оператор "ходфигуры(a, b, c)" перечисляет допустимые для хода поля c .

Утверждение "напрфигура(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a можно перейти от поля b в направлении вектора c к занятому фигурой полю d , не проходя через поля, занятые другими фигурами (не считая самого поля b). Если определены a, b, c , то оператор "напрфигура(a, b, c, d)" перечисляет возможные поля d .

Утверждение "возмход(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a возможен ход фигурой поля b на поле c . Не допускаются ходы, игнорирующие шах либо подставляющие своего короля под удар чужой фигуры. Если все три операнда определены, то оператор "возмход(a, b, c)" проверяет допустимость хода.

Утверждение "рокировка(a, b, c, d, e)" означает, что в шахматной позиции a возможна рокировка королем цвета b , при которой он переходит на поле c а ладья - с поля d на поле e . Если определены a и b , то оператор "рокировка(a, b, c, d, e)" доопределяет значения c, d, e . Оператор перечисляющий: если возможны обе рокировки, то он выдает их поочередно.

Утверждение "допустход(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход с поля b на поле c не открывает своего короля нападению чужой фигуры. Если все три операнда определены, то оператор "допустход(a, b, c)" проверяет это условие.

Утверждение "линход(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a на промежутке между полями b, d линии c нет шахматных фигур (поле b не включается, а поле d - включается в промежуток). Если определены значения a, b, c , то оператор "линход(a, b, c, d)" перечисляет возможные значения d . Если определены лишь a и b , то оператор "смлинход(a, b, c, d)" перечисляет возможные значения c и d .

Выражение "шахудаление(a, b)" обозначает шахматную позицию, полученную из шахматной позиции a удалением фигуры поля b . Его значение вычисляется операторным выражением "шахудаление(a, b)". Исходная позиция a при этом не изменяется.

Утверждение "ходкполю(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a фигура поля d , имеющая цвет c , может сделать ход на поле b . Если определены a, b, c , то оператор "ходкполю(a, b, c, d)" перечисляет возможные значения d .

Геометрия шахматной доски

Утверждение "разнстор(a, b, c, d)" означает, что проекции полей b, c шахматной доски на линию с направляющим вектором, перпендикулярным вектору d , лежат по разные стороны от проекции на эту линию поля a . Если все операнды определены, то оператор "разнстор(a, b, c, d)" проверяет данное условие.

Утверждение "однстор(a, b, c, d)" означает, что проекции полей b, c шахматной доски на линию с направляющим вектором, перпендикулярным вектору d , лежат по одну сторону от проекции на эту линию поля a . Если все операнды определены, то оператор "однстор(a, b, c, d)" проверяет данное условие.

Утверждение " $\text{прямнапр}(a)$ " означает, что a есть направляющий вектор горизонтального либо вертикального направления на шахматной доске. Если a не определено, то оператор " $\text{прямнапр}(a)$ " перечисляет такие векторы. Если же a определено, то оператор " $\text{смпрямнапр}(a)$ " проверяет указанное условие.

Утверждение " $\text{диагнапр}(a)$ " означает, что a есть направляющий вектор диагонального направления на шахматной доске. Если a не определено, то оператор " $\text{диагнапр}(a)$ " перечисляет такие векторы.

Выражение " $\text{обрнапр}(a)$ " обозначает направляющий вектор линии шахматной доски, обратный вектору a . Значение выражения вычисляется операторным выражением " $\text{обрнапр}(a)$ ".

Утверждение " $\text{напрполе}(a, b, c)$ " означает, что поле c на шахматной доске лежит в направлении, определяемом вектором b , от поля a , и не совпадает с полем a . Если все три операнда определены, то оператор " $\text{напрполе}(a, b, c)$ " проверяет данное условие. Если же определены только a и c , то оператор " $\text{смнапрполе}(a, c, b)$ " проверяет, что эти поля лежат на одной линии, и определяет соответствующий вектор b .

Выражение " $\text{напрлин}(a, b, c)$ " обозначает направляющий вектор, ортогональный направляющему вектору c шахматной доски и определяющий ту полуплоскость, отделяемую проходящей через поле a прямой направления c , в которой лежит поле b . Его значение определяется операторным выражением " $\text{напрлин}(a, b, c)$ ".

Утверждение " $\text{следполе}(a, b, c)$ " означает, что поле c шахматной доски получено переходом из поля a на стандартный направляющий вектор шахматной доски b . Если a, b определены и переход не выводит за рамки доски, то оператор " $\text{следполе}(a, b, c)$ " находит поле c . Если все три операнда определены, то оператор " $\text{смследполе}(a, b, c)$ " проверяет выполнение рассматриваемого условия.

Утверждение " $\text{Следполе}(a, b, c, d)$ " означает, что поле d шахматной доски получено из поля a переходом вдоль направляющего вектора b на c шагов. Если a, b, c определены и переход не выводит за рамки доски, то оператор " $\text{Следполе}(a, b, c, d)$ " находит поле d .

Утверждение " $\text{крайняялиния}(a, b)$ " означает, что поле a находится на краю доски, причем b - направляющий вектор нормали к этому краю. Если a определено, то оператор " $\text{крайняялиния}(a, b)$ " перечисляет возможные значения b (для углового поля выдаются два значения).

Утверждение " $\text{соседнполя}(a, b)$ " означает, что поля a, b шахматной доски являются соседними по вертикали, горизонтали либо диагонали. Если оба операнда определены, то оператор " $\text{соседнполя}(a, b)$ " проверяет данное условие. Если определено только a , то оператор " $\text{Соседнполя}(a, b)$ " перечисляет соседние поля b .

Утверждение " $\text{пересечлиний}(a, b, c)$ " означает, что c есть поле, расположенное на пересечении различных линий a, b шахматной доски. Если a, b определены, то оператор " $\text{пересечлиний}(a, b, c)$ " определяет поле c .

Утверждение " $\text{шахлиния}(a, b, c, d)$ " означает, что d есть линия на шахматной доске (вертикаль, горизонталь либо диагональ), перпендикулярная направлению вектора b и полученная параллельным переносом линии, проходящей через поле a , на вектор, полученный умножением b на число c . Если a, b, c определены, то оператор " $\text{шахлиния}(a, b, c, d)$ " находит линию d . При отсутствии такой линии он ложен.

Утверждение "одналиния(a, b, c)" означает, что поля a, b, c шахматной доски лежат на одной горизонтальной, вертикальной либо диагональной линии. Если все операнды определены, то оператор "одналиния(a, b, c)" проверяет истинность данного утверждения.

Утверждение "шахдиагональ(a, b, c, d)" означает, что d есть диагональная линия шахматной доски, перпендикулярная направлению вектора b и полученная переходом через c диагональных линий того же направления от линии, проходящей через поле a . При положительном c еремецение происходит в направлении вектора b , при отрицательном - в противоположном направлении. При прохождении через диагональные линии цвета чередуются. Если a, b, c определены, то оператор "шахдиагональ(a, b, c, d)" находит линию d .

Утверждение "шахпереход(a, b, c, d)" означает, что d есть поле, расположенное на шахматной линии c и такое, что к нему возможен переход от поля a направлении вектора b либо вектора, противоположного b . Если a, b, c определены, то оператор "шахпереход(a, b, c, d)" находит поле d .

Выражение "линрасст(a, b, c)" обозначает расстояние между проекциями полей a и b шахматной доски на направление, перпендикулярное горизонтальному либо вертикальному направляющему вектору c . В случае диагонального направления - число диагональных линий, отделяющих параллельную c диагональ, проходящую через a , от параллельной c диагонали, проходящей через b . Диагонали здесь проходятся с чередованием цветов. Для вычисления данного значения используется операторное выражение "линрасст(a, b, c)".

Утверждение "диаглиния(a, b)" означает, что b есть главная диагональ шахматной доски, расположенная вдоль направляющего вектора a . Если a определено, то оператор "диаглиния(a, b)" находит линию b .

Утверждение "шахобласть(a, b, c, d)" означает, что поле d расположено в области шахматной доски, имеющей своей границей линию, полученную из линии, проходящей через поле a перпендикулярно направляющему вектору b , параллельным переносом на вектор, полученный умножением b на число c . Область распространяется от этой границы (включая ее) в направлении вектора b . Если все операнды определены, то оператор "шахобласть(a, b, c, d)" проверяет истинность данного утверждения. Если определены a, b, d , то оператор "смшахобласть(a, b, c, d)" находит число c .

Утверждение "крайдоски(a)" означает, что поле a находится на краю шахматной доски. Если a определено, то оператор "крайдоски(a)" проверяет истинность данного условия.

Выражение "числополей(a, b)" обозначает число полей шахматной доски, расположенных начиная с поля a в сторону направляющего вектора b , не считая самого поля a . Его значение находится операторным выражением "числополей(a, b)".

Выражение "шахрасст(a, b)" обозначает расстояние между шахматными полями a и b , определяемое, как наименьшее число переходов королем от одного до другого. Его значение вычисляется операторным выражением "шахрасст(a, b)".

Выражение "числолиний(a, b)" обозначает число ортогональных направляющему вектору b линий шахматной доски, к которым можно перейти от линии поля a в направлении b (не считая самой линии поля a).

Утверждение "облпешки(a, b, c)" означает, что поле c достижимо прямыми ходами пешки цвета b от поля a . Допускается случай совпадения a и c . Если определены a и b , то оператор "облпешки(a, b, c)" перечисляет поля c .

Выражение "напрпешки(a)" обозначает направляющий вектор, определяющий продвижение пешки цвета a . Его значение определяется операторным выражением "напрпешки(a)".

Выражение "горизлин(a)" обозначает номер горизонтальной линии шахматной доски, проходящей через поле a . Его значение вычисляется операторным выражением "горизлин(a)".

Выражение "вертиклин(a)" обозначает номер вертикальной линии шахматной доски, проходящей через поле a . Его значение вычисляется операторным выражением "вертиклин(a)".

Утверждение "критичполе(a, b, c)" означает, что c есть критическое поле проходной пешки цвета b находящейся на поле a (при занятии такого поля королем цвета b обеспечивается прохождение пешки в ферзи при игре против одинокого чужого короля). Если все три операнда определены, то оператор "критичполе(a, b, c)" проверяет истинность данного условия. Если определены только a и b , то оператор "критичполя(a, b, c)" перечисляет критические поля c .

Утверждение "конецлинии(a, b, c)" означает, что поле c является полем на краю доски, достижимым из поля a в направлении b . Если a, b определены, то оператор "конецлинии(a, b, c)" находит c .

Утверждение "разделяет(a, b, c)" означает, что поле a шахматной доски расположено между полями b и c и на одной линии с ними. Если все три операнда определены, то оператор "разделяет(a, b, c)" проверяет истинность данного утверждения. Если определены только b и c , то оператор "смразделяет(b, c, a)" перечисляет поля a .

Выражение "шахлин(a, b)" обозначает линию шахматной доски, идущую вдоль направляющего вектора b и проходящую через поле a . Его значение определяется операторным выражением "шахлин(a, b)".

Утверждение "шахнапр(a)" означает, что a есть направляющий вектор шахматной доски. Оператор "шахнапр(a)" перечисляет все такие векторы. Порядок перечисления таков: $(0,1)$, $(0,-1)$, $(1,0)$, $(-1,0)$, $(1,1)$, $(1,-1)$, $(-1,1)$, $(-1,-1)$.

Утверждение "полелинии(a, b)" означает, что поле a шахматной доски находится на линии b . Если a, b определены, то оператор "полелинии(a, b)" проверяет истинность данного условия.

Общие характеристики шахматной позиции

Утверждение "фигуралинии(a, b, c)" означает, что c - занятое фигурой поле линии b шахматной позиции a . Если определены a, b , то оператор "фигуралинии(a, b, c)" перечисляет значения c .

Утверждение "Своботрезок(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a отрезок от поля b до поля c , вдоль горизонтали, вертикали либо диагонали, является свободным. Сами поля b, c в данный отрезок не включаются. Если все операнды определены, то оператор "Своботрезок(a, b, c)" проверяет истинность данного условия.

Утверждение "своботрезок(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a отрезок от поля b до поля c , вдоль горизонтали, вертикали либо диагонали, является свободным. Само поле b в данный отрезок не включается, а поле c включается. Если все операнды определены, то оператор "своботрезок(a, b, c)" проверяет истинность данного условия.

Утверждение "пешокончание(a)" означает, что шахматная позиция a представляет собой пешечное окончание (остались только короли и пешки). Если a определено, то оператор "пешокончание(a)" проверяет истинность данного условия.

Утверждение "пустыеполья(a, b)" означает, что в шахматной позиции a поля множества b не заняты фигурами. Если a, b определены, то оператор "пустыеполья(a, b)" проверяет истинность данного условия.

Выражение "ценаполя(a, b)" обозначает ценность фигуры, расположенной в шахматной позиции a на поле b . Если фигуры на этом поле нет, то цена поля полагается равной нулю. Данное значение вычисляется операторным выражением "ценаполя(a, b)".

Утверждение "прохпешка(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a на поле b находится проходная пешка цвета c . Если все операнды определены, то оператор "прохпешка(a, b, c)" проверяет истинность данного условия.

Утверждение "дебют(a, b)" означает, что позиция a для фигур цвета b рассматривается как дебютная. Эвристическую проверку истинности данного условия выполняет оператор "дебют(a, b)". Фактически, он проверяет, что число фигур цвета b , расположенных на своих исходных позициях, достаточно велико.

Предикаты, связанные с нападениями

Утверждение "защита(a, b, c, d, e)" означает, что в шахматной позиции a ход на поле e фигурой, находящейся на поле d отделяет фигуру поля b от фигуры поля c , до этого атаковавшей либо защищавшей b . Если a, b, c определены, то оператор "смзащита(a, b, c, d, e)" перечисляет допустимые значения d, e .

Утверждение "атакует(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a фигура, находящаяся на поле b , атакует чужую фигуру, находящуюся на поле c , причем в случае взятия ее она переходит на поле d (учитывается случай взятия пешки на проходе). Если определены только a и c , то оператор "сматакует(a, c, b, d)" перечисляет допустимые значения b, d . Если определены только a и b , то оператор "смАтака(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения c, d . Если определены a, b, c , а d не определено, то оно доопределяется оператором "усматака(a, b, c, d)".

Утверждение "нападение(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a возможен ход фигурой поля c на поле d , причем этот ход приводит к тому, что чужая фигура, находящаяся на поле b , оказывается под нападением фигуры, сделавшей ход. Если определены a и b , то оператор "смнападение(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения c, d .

Утверждение "уходит(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a фигура, находящаяся на поле b , может уйти от нападения чужих фигур, сделав ход на поле c . Если a и b определены, то оператор "смуходит(a, b, c)" перечисляет допустимые значения c .

Утверждение "защищает(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a фигура, находящаяся на поле c , защищает фигуру, находящуюся на поле b . Если определены все

операнды, то оператор "усмзащита(a, c, b)" проверяет истинность данного условия. Если определены только a и b , то оператор "смзащищает(a, b, c)" перечисляет допустимые значения c . Если определены только a и c то оператор "защищаемые(a, c, b)" перечисляет допустимые значения b .

Утверждение "вскрнападение(a, b, c, d, e)" означает, что в шахматной позиции a возможен ход фигурой, находящейся на поле c , на поле d , причем этот ход приводит к тому, что чужая фигура, находящаяся на поле b , оказывается под ударом фигуры, находившейся на поле e . Если определены только a и b , то оператор "смвскрнападение(a, b, c, d, e)" перечисляет допустимые значения c, d, e . Если определены a, c, d , то оператор "открнападение(a, c, d, e, b)" перечисляет допустимые значения b, e .

Утверждение "контролирует(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a поле b находится под ударом фигуры цвета c находящейся на поле d . Участие фигуры d в связке со своим королем не допускается. Если определены все операнды, то оператор "смконтролирует(a, b, c, d)" проверяет истинность данного утверждения. Если определены a, b, c , то оператор "контролирует(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения d .

Утверждение "Контролирует(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a поле b находится под ударом фигуры цвета, противоположного цвету c , находящейся на поле d . Допускается участие фигуры d в связке со своим королем. Если определены a, b, c , то оператор "Контролирует(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения d .

Утверждение "контрольполя(a, b, c, d, e)" означает, что в шахматной позиции a ход фигуры цвета b с поля d на поле e приводит к тому, что поле c оказывается под ударом этой фигуры. Если a, b, c определены, то оператор "контрольполя(a, b, c, d, e)" перечисляет допустимые значения d, e .

Утверждение "шахсвязка(a, b, c, d)" означает, что в позиции a на поле b находится фигура, заслоняющая собой фигуру, находящуюся на поле d , от нападения на нее чужой фигуры, находящейся на поле c . Если все операнды определены, то оператор "смшахсвязка(a, b, c, d)" проверяет истинность данного утверждения. Если определены только a и b , то оператор "шахсвязка(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения c, d . Если определены a, b, c , то оператор "опршахсвязка(a, b, c, d)" находит значение d . Если определены только a и d , то оператор "Смшахсвязка(a, d, b, c)" перечисляет допустимые значения b, c .

Утверждение "шахпомеха(a, b, c, d)" означает, что в позиции a на поле b находится фигура, заслоняющая свою фигуру, находящуюся на поле d , от защиты ее своей фигурой, находящейся на поле c (безотносительно к тому, защищает ли сама фигура b фигуру d). Если определены только a и b , то оператор "шахпомеха(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения c, d . Если определены только a и d , то оператор "смшахпомеха(a, d, b, c)" перечисляет допустимые значения b, c .

Утверждение "шахблок(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a фигура поля b блокирует защиту чужой фигуры поля d фигурой поля c . Если определены a и b , то оператор "шахблок(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения c, d .

Утверждение "блокатаки(a, b, c, d)" означает, что в позиции a на поле b находится фигура, заслоняющая чужую фигуру, находящуюся на поле d , от нападения на нее своей фигуры, находящейся на поле c . Если определены a и b , то оператор "блокатаки(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения c, d .

Утверждение "сквознконтроль(a, b, c, d, e, f)" означает, что в шахматной позиции a ход фигуры цвета b с поля e на поле f приводит к тому, что единственной фигурой между f и c , по линии действия фигуры f , оказывается фигура, занимающая поле d . Если все операнды определены, то оператор "усмсквознконтроль(a, b, c, d, e, f)" проверяет истинность данного условия. Если определены только a, b, c, d , то оператор "сквознконтроль(a, b, c, d, e, f)" перечисляет допустимые значения e, f .

Утверждение "сквознатака(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a занятые фигурами поля b, c, d расположены на общей линии, c - между b и d , причем фигура поля d атакует фигуру поля b после того, как будут удалены фигура c и все фигуры, заслоняющие b от c . Если определены a, b, c то оператор "сквознатака(a, b, c, d)" находит значение d .

Утверждение "сквознзащита(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a на полях b, c находятся фигуры противоположного цвета, причем фигура поля d защищала бы фигуру b , если убрать фигуру c . Если определены a, b, c , то оператор "сквознзащита(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения d .

Утверждение "вскршахсвязка(a, b, c, d, e)" означает, что в шахматной позиции a фигура, расположенная на поле b , становится связанной, как только чужая фигура, расположенная на поле c , делает ход, уводящий ее с линии $b - c$. При этом d - поле, на котором находится связывающая фигура, e - поле, на котором находится прикрываемая фигура. Если a, b определены, то оператор "вскршахсвязка(a, b, c, d, e)" перечисляет допустимые значения c, d, e .

Утверждение "угрожает(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a фигура, находящаяся на поле b , держит под ударом поле c , занимаемое чужой фигурой, причем в случае взятия ее она переходит на поле d (учитывается случай взятия пешки на проходе). Допускаются случаи, когда b - король, атакующий защищенную фигуру, а также когда фигура b участвует в связке с королем. Если определены a, b , то оператор "угрожает(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения c, d .

Утверждение "контрполя(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a фигура поля c контролирует поле b . Игнорируются связи со своим королем. Если все операнды определены, то оператор "контрполя(a, b, c)" проверяет истинность данного условия.

Утверждение "шахотделяет(a, b, c, d, e)" означает, что в шахматной позиции a фигура поля c защищает фигуру поля b , причем ход с поля d на поле e фигурой того же цвета приводит к загороживанию b от c . Если определены a, b, c , то оператор "шахотделяет(a, b, c, d, e)" перечисляет допустимые значения d, e .

Утверждение "сквознход(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a поле c лежит на линии, проходящей через линейную фигуру поля b , и становится доступным для нее, если убрать фигуру поля d (свою либо чужую). Если a, b определены, то оператор "сквознход(a, b, c, d)" перечисляет допустимые значения c, d .

Утверждение "вскрконтроль(a, b, c, d, e, f)" означает, что в шахматной позиции a ход фигурой цвета b с поля d на поле e приводит к тому, что фигура поля f начинает контролировать поле c . Если определены a, b, c , то оператор "вскрконтроль(a, b, c, d, e, f)" перечисляет допустимые значения d, e, f .

3.3.3 Логические символы, встречающиеся в задачах на выбор хода

Кроме "активных" логических символов предикатов и операций теорем приемов, реализуемых путем непосредственных вычислений, нужны "пассивные" логические символы, используемые в посылках задач на выбор хода. В терминах таких символов будет постепенно складываться характеристика позиции, приводящая к окончательному выбору хода. Заметим, что некоторые непосредственно реализуемые путем вычислений символы могут играть и роль "пассивных" - встречаться в посылках задачи. Ниже мы приведем их повторно. Создание посылки, дублирующей непосредственно вычисляемый предикат, бывает оправдано потому, что такая посылка может инициировать срабатывание приемов либо экономить на повторных проверках часто используемого факта.

Некоторые приводимые ниже символы имеют не только эвристический, но вообще технический характер. Они только инициируют определенные циклы рассмотрений либо играют роль внешних управляющих факторов, а каких именно и каким образом - будет ясно лишь из использующих эти символы приемов.

Все используемые в шахматах логические символы (активные и пассивные) перечислены в теоремах приемов справочника "содержание", расположенных в упомянутых ранее подразделах "Шахфигуры", "Ходыфигур", "Шахдоска", "Шахпозиции", "Шахнападения". Явного выделения "пассивных" символов в решателе не приводится. Символ заведомо является таковым, если для него нет приема справочника "вычисл".

Если посылка ссылается на технический объект, который приемы ГЕНОЛОГа должны использовать в своих вычислениях, то компилятору необходимо пояснить, каким образом конвертировать подтерм посылки в такой объект. Для этой цели служит справочник "данные". Формат его теорем приемов был указан выше. Приемы справочника "данные" легко найти по соседству с приемами справочника "вычисл". Ниже мы лишь указываем те операнды посылок, для которых справочник "данные" допускает их преобразование в технический объект (шахматную позицию, поле фигуры, направляющий вектор и т.п.). Говорим в таких случаях, что операнды могут быть использованы для вычислений.

Шахматные фигуры

Посылка "прохпешка(a, b, c)" указывает, что в шахматной позиции a на поле b находится проходная пешка цвета c . Все три операнда могут быть использованы для вычислений.

Посылка "новфигура(a)" сопровождает посылку "ход(...)", указывающую на сделанный решателем ход. Она вводится, если этот ход - достижение пешкой последней горизонтали. Тогда a - тип фигуры, в которую превращается пешка.

Ходы фигур

Посылка "смход(a, b, c)" обозначает посредством переменной a ход с поля b на поле c . Это обозначение может использоваться в одной и той же задаче при рассмотрении нескольких различных позиций. Для вычислений можно использовать b и c .

Посылка " $\text{смХод}(a, b, c)$ " указывает, что c - шахматная позиция, возникающая после того, как в шахматной позиции a был сделан ход b . Для вычислений можно использовать a и c .

Посылка " $\text{ход}(a, b)$ " указывает на решение системы о выполнении хода фигурой поля a на поле b . Сразу после ее вывода происходят преобразование позиции, предоставление хода партнеру и переход к задаче на выбор следующего хода.

Посылка " $\text{преврпешки}(a, b, c)$ " указывает, что в шахматной позиции a ход b обеспечивает превращение пешки, находящейся на поле c , в другую фигуру. Для вычислений можно использовать c .

Посылка " $\text{смрокировка}(a, b)$ " указывает, что ход a представляет собой рокировку, возможно, целесообразную в позиции b . Для вычислений можно использовать b .

Посылка " $\text{шахмразвитие}(a, b)$ " указывает, что ход b в шахматной позиции a направлен на развитие своих фигур. Для вычислений можно использовать a .

Посылка " $\text{опаснход}(a, b, c)$ " означает, что в шахматной позиции a ход фигурой c поля b на поле c снимает необходимую защиту либо подставляет под удар фигуру, сделавшую ход.

Общие характеристики шахматной позиции

Посылка " $\text{текпозиция}(a)$ " указывает, что a есть текущая шахматная позиция. Эта посылка сопровождается посылкой " $\text{шахпозиция}(a)$ ". Напомним, что помимо текущей шахматной позиции в списке посылок могут рассматриваться и другие шахматные позиции. Для вычислений можно использовать a .

Посылка " $\text{шахпозиция}(a)$ " указывает, что a есть шахматная позиция. При этом a - переменная, обозначающая позицию. Сама позиция A представлена в комментарии (текобъект a A шахматы). На практике данная посылка почти не используется, так как связь новых позиций со старыми осуществляется через посылки " $\text{смХод}(\dots)$ ". Для вычислений можно использовать a .

Посылка " $\text{текцвет}(a, b)$ " указывает, что в шахматной позиции a очередным ходом делаются фигурами цвета b . Для вычислений можно использовать a, b .

Посылка " $\text{отход}(a, b, c)$ " указывает множество c полей, на которые в шахматной позиции a может отойти фигура, находящаяся на поле b . Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка " $\text{одинкороль}(a)$ " означает, что в шахматной позиции a из фигур противной стороны остался только король. Для вычислений можно использовать a .

Посылка " $\text{линзапрет}(a, b, c)$ " означает, что в шахматной позиции a ладья либо ферзь на поле b запрещает чужому королю выход из области, ограниченной горизонталью либо вертикалью поля b и расположенной в направлении вектора c . В этой области нет других фигур, кроме чужого короля и своих ладьи либо ферзя. Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка " $\text{оттеснение}(a, b, c)$ " означает, что в шахматной позиции a ход b ограничивает область, в которой может перемещаться одинокий чужой король. c - направление оттеснения. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка " $\text{предвоттеснение}(a, b, c, d)$ " означает, что в шахматной позиции a фигура поля b для подготовки оттеснения ею чужого одинокого короля в направлении d может

сделать ход на одно из полей множества s . Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "диагзапрет(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a слон на поле b запрещает чужому королю выход через поля цвета данного слона из области, ограниченной диагональю поля b и расположенной в направлении вектора c . В этой области нет других фигур, кроме чужого короля и, быть может, своего слона. Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка "диагзапреты(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a слоны на полях b, c запрещают чужому королю выход из области, ограниченной диагональю поля c и расположенной в направлении вектора d . В этой области нет других фигур, кроме чужого короля. Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "огр короля(a, b)" означает, что в шахматной позиции a король на поле b сильно ограничен в перемещениях, а число фигур его цвета сравнительно невелико. Для вычислений можно использовать a, b .

Посылка "шахразвитие(a, b)" означает, что ход b в шахматной позиции a направлен на развитие своих фигур.

Посылка "пат(a, b)" означает, что ход b в шахматной позиции a приводит к пату.

Посылка "мат(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход фигурой c поля b на поле c приводит к мату для чужого короля.

Посылка "пешокончание(a)" означает, что шахматная позиция a представляет собой пешечное окончание.

Посылки, связанные с шахматными нападениями

Посылка "шах(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход b приводит к тому, что чужой король оказывается под ударом фигуры, расположенной на поле c . Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "потеря(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a размены на поле b приводят для стороны, делающей в этой позиции ход, к материальной потере, оцениваемой в c единиц. Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка "размен(a, b)" означает, что в шахматной позиции a необходим анализ разменов фигур на поле b . Для вычислений можно использовать a, b .

Посылка "Атакует(a, b, c, d)" означает, что в позиции a фигура, находящаяся на поле b , атакует фигуру, находящуюся на поле c при условии удаления фигур, находящихся на полях множества d . Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка "Защищает(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a фигура, находящаяся на поле b , защищает фигуру, находящуюся на поле c , при условии, что будут удалены фигуры, находящиеся на полях множества d . Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка "ценасквсвязки(a, b, c, d)" означает, что d есть оценка материального выигрыша для атакующей стороны при устранении в шахматной позиции a связки на поле b , возникающей после отвода "своей" фигуры поля c . Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "шахсвязка(a, b, c, d)" означает, что в позиции a на поле b находится фигура, заслоняющая свою фигуру, находящуюся на поле d , от нападения на нее чужой фигуры, находящейся на поле c . Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "шахвзятие(a, b, c)" указывает, что ход b в шахматной позиции a делает возможным взятие фигуры поля c с ненулевым выигрышем. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "Шахвзятие(a, b)" указывает, что в позиции a ход b взятия чужой фигуры требует дополнительного анализа ответных ходов. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "закрход(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход b закрывает своего короля от шаха фигурой, находящейся на поле c , причем этот ход либо делается на защищенное поле, либо открывает королю путь к отходу. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "следпотеря(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход b приводит для стороны, делающей этот ход, к материальной потере, оцениваемой в c единиц. Обычно такая посылка используется при анализе ответных ходов. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "выигрыш(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a первый ход b гарантирует получение материального выигрыша в c единиц. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "Выигрыш(a, b, c)" означает, что в позиции a ход b дает материальный выигрыш c при разменах на некотором поле, причем отсутствуют ходы противника, приводящие к такой же либо большей потере на других полях. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "отходкороля(a, b)" означает, что в шахматной позиции a ход b выводит своего короля из-под шаха. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "антишах(a, b)" означает, что в позиции a ход b - взятие фигуры, делающей шах королю. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "защсвязка(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a фигура, находящаяся на поле b , защищает фигуру, находящуюся на поле c , причем в случае отхода фигуры b баланс разменов на поле c становится отрицательным. Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка "шахнападение(a, b, c)" указывает, что ход b в шахматной позиции a приводит к нападению на фигуру поля c (прямому либо вскрытому). Для вычислений можно использовать a, c . Данная посылка обычно инициирует цикл рассмотрения ответных ходов.

Посылка "заслход(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a ход b заслоняет фигуру поля c от нападения на нее фигуры поля d , причем этот ход делается на защищенное поле, либо открывает фигуре c путь к отходу. Для вычислений можно использовать a, c, d .

Посылка "отходфигуры(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход b выводит фигуру поля c из-под удара некоторой другой фигуры. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "защход(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход b приводит к защите фигуры, находящейся на поле c . Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "связнападение(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a фигура поля b , образующая связку, нападает на фигуру поля c . Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка "смзащита(a, b)" указывает, что b есть один из отобранных ходов, позволяющий защитить сразу все фигуры, находящиеся под угрозой потери. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "ценаотхода(a, b, c, d)" указывает, что в шахматной позиции a при отходе фигуры с поля b на поле c ожидается материальная потеря в d единиц. Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "предвпешка(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход b выводит пешку на поле c , предшествующее последней горизонтали. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "пешсвязка(a, b, c, d)" означает, что в позиции a на поле b находится пешка, имеющая возможность следующим ходом превратиться в ферзя, причем чужая фигура поля c держит под ударом то поле, на которое должна перейти пешка, и одновременно атакует фигуру поля d . Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "шахразвязка(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход b обеспечивает развязку фигуры c . Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "прикрход(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a ход b заслоняет свою фигуру на поле c от нападения на нее фигуры поля d , причем заслоняющая фигура оказывается защищена. Для вычислений можно использовать a, c, d .

Посылка "огрзащиты(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a ход b связывает фигуру поля c , ранее защищавшую фигуру поля d , в результате чего возникает угроза потери этой фигуры. Для вычислений можно использовать a, c, d .

Посылка "Контрход(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a , возникшей после хода c , ход b осуществляет взятие фигуры, сделавшей ход c . Для вычислений можно использовать a .

Посылка "угрмат(a, b)" означает, что в шахматной позиции a , если бы ход имела противная сторона, то ее ход b привел бы к мату. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "Угрмат(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a , если убрать свою фигуру поля b , то совместное действие чужих фигур полей c и d гарантирует постановку ими мата. Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "блоксвязки(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a ход b может предотвратить угрозу создания связки фигуры c , заслоняющей свою фигуру d . Для вычислений можно использовать a, c, d .

Посылка "возмзащита(a, b, c)" означает, что ход b шахматной позиции a не приводит к материальному выигрышу при разменах на поле c . Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "ответнход(a, b, c, d, e)" указывает, что если в шахматной позиции a противная сторона делает ход b , то ответный ход с c на d гарантирует материальный

проигрыш противной стороны, оцениваемый в $x5$ единиц. Для вычислений можно использовать a, c, d, e .

Посылка "возмпотеря(a, b, c)" означает, что в позиции a ход b приводит к снятию защиты фигуры поля c , атакованной чужими фигурами. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "уточнмат(a, b)" сопровождает посылку "угрмат(a, b)", указывая, что нападающий на чужого короля ход b в позиции a не обязательно дает мат чужому королю. Она инициирует дополнительный анализ угрозы мата. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "Ценашаха(a, b, c)" указывает, что в позиции, возникающей из позиции a атакующим короля ходом b , гарантирован материальный выигрыш в c единиц для атакующей стороны. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "немат(a, b)" означает, что ход b в позиции a является шахом, но не матом. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "угрвилки(a, b, c, d, e)" означает, что в шахматной позиции a ход фигурой c поля b на поле c создает вилку, в которой атакуются фигуры полей d и e . Для вычислений можно использовать a, b, c, d, e .

Посылка "двойнатака(a, b, c, d, e, f)" означает, что в шахматной позиции a фигура поля b после хода на поле c атакует фигуру поля d , и при этом вскрывается нападение фигурой поля e на фигуру поля f . Для вычислений можно использовать a, b, c, d, e, f .

Посылка "блокатаки(a, b, c, d)" означает, что в позиции a на поле b находится фигура, заслоняющая чужую фигуру, находящуюся на поле d , от нападения на нее фигуры, находящейся на поле c . Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "нападсвязка(a, b, c, d)" указывает, что в шахматной позиции a ход b атакует чужую фигуру поля c , связанную чужой фигурой поля d . Для вычислений можно использовать a, c, d .

Посылка "вскрмат(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a фигура поля b заслоняет поле d от чужой линейной фигуры поля c , причем при отсутствии фигуры b ход c на d приводил бы к мату. Для вычислений можно использовать a, b, c, d .

Посылка "шахразруш(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a ход b приводит к разрушению угрозы, обозначенной логическим символом c . Для вычислений можно использовать a . Пока в качестве c использован только символ "Угрмат".

Посылка "следразруш(a, b, c)" означает, что ответ на ход противника b в позиции a разрушает угрозу, обозначенную логическим символом c . Для вычислений можно использовать a .

Посылка "услугрмат(a, b, c)" означает, что в шахматной позиции a , при условии удаления фигуры поля b , ход c приводит к мату для противной стороны. Для вычислений можно использовать a, c .

Посылка "следшах(a, b, c)" означает, что позиция a возникла в результате освобождения линии, чтобы ход фигуры поля b на поле c приводил к шаху. Для вычислений можно использовать a, b, c .

Посылка "возмдвойнатаки(a, b, c, d, e)" означает, что в позиции a после взятия фигурой поля b фигуры поля c становится возможным ход c поля d на поле e , обеспечивающий вскрытое нападение на фигуру поля c и одновременное нападение на другую фигуру. Для вычислений можно использовать a, b, c, d, e .

Посылка "заслонфигуры(a, b, c, d)" означает, что в шахматной позиции a ход b приводит к тому, что своя фигура на поле c оказывается заслоненной от нападения на нее фигуры поля d . Для вычислений можно использовать a, c, d .

Посылка "следмат(a, b)" означает, что в позиции a ход b ведет к мату для стороны, которая его делает. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "отвлатака(a, b, c, d, e)" означает, что в позиции a ход b одновременно нападает на фигуры полей c, d и отвлекает фигуру c , защищающую фигуру поля e . Для вычислений можно использовать a, c, d, e .

Посылка "шахсвяз(a, b)" указывает, что в позиции a при анализе ответных ходов следует учитывать возможность связывания чужой фигуры поля b . Для вычислений можно использовать a, b .

Посылка "смпешка(a, b)" указывает, что в позиции a при анализе ходов противника следует учитывать возможность продвижения своей пешки поля b на последнюю горизонталь. Для вычислений можно использовать a, b .

Посылка "Сматака(a, b)" указывает, что в позиции a при анализе потерь ответных ходов целесообразен учет атаки на чужую фигуру поля b . Для вычислений можно использовать a, b .

Посылка "блокзащиты(a, b, c, d)" означает, что в позиции a ход b блокирует защиту чужой фигуры c фигурой d . Для вычислений можно использовать a, c, d .

Посылка "контрвзятие(a, b, c)" указывает, что в позиции a после хода b , осуществляющего взятие фигуры, возможен ход c , осуществляющий ответное взятие не менее ценной фигуры. Для вычислений можно использовать a .

Посылка "косвсвязка(a, b, c)" указывает, что в позиции a фигура поля b необходима для предотвращения форсированного мата своему королю фигурой поля c . Для вычислений можно использовать b, c .

Посылка "защмат(a, b, c)" означает, что ход c в позиции a блокирует угрозу мата ходом b . Для вычислений можно использовать a .

Далее перечисляем посылки, для которых не предусмотрен приема справочника "данные".

Посылка "атакапешки(a, b, c)" указывает, что ход b в позиции a предпринимается для атаки чужой проходной пешки, находящейся на поле c .

Посылка "отвлшах(a, b)" указывает, что ход b в позиции a дает шах чужому королю и позволяет преодолеть кратные угрозы своим фигурам.

Посылка "неизбпотеря(a, b)" указывает, что в позиции a неизбежна потеря своей фигуры, занимающей поле b .

Посылка "контратака(a, b, c)" означает, что ход b в позиции a создает контратаку, позволяющую защитить фигуру поля c .

Посылка "шахсвязывает(a, b, c)" означает, что ход b в позиции a связывает чужую фигуру поля c .

Посылка "шахразмен(a, b)" указывает, что ход b в позиции a инициирует размен равноценных фигур.

Посылка "возмшах(a, b)" означает что в позиции a ход b оставляет возможность шаха своему королю.

Посылка "ходрокировки(a, b, c, d)" означает, что в позиции a ход b представляет собой рокировку, переводящую ладью с поля c на поле d .

Посылка "защответ(a, b, c)" означает, что ход c представляет собой один из рассматриваемых вариантов защиты от угрозы мата, проистекающей вследствие хода b в позиции a .

Посылка "следпроигрыш(a, b)" означает, что в позиции a ход b , первоначально дающий выигрыш, впоследствии ведет к проигрышу.

Посылка "шахпроигрыш(a, b, c, d, e, f)" означает, что в позиции a вслед за ходом b возможен ответный ход c на d , дающий шах королю и одновременно открывающий атаку фигуры поля f фигурой e , приводящую к потере.

Посылка "учетпотерь(a, b)" указывает, что при определении выигрыша для хода b в шахматной позиции a были учтены возможные потери, определяемые посылками "потеря(...)".

Посылка "вскршах(a, b, c)" означает, что ход b в шахматной позиции a приводит к тому, что фигура поля c может сделать шах, сопровождаемый вскрытым нападением на фигуру поля d .

Посылка "смвзятие(a, b)" указывает, что ход b в шахматной позиции a целесообразно рассматривать как ответный ход своей фигуры при разборе случаев по ходам противной стороны.

Посылка "смгоризонталь(a, b, c)" указывает, что ход b , приведший к шахматной позиции a , был сделан для отвлечения фигур цвета c с их крайней горизонтали.

3.4 Цикл реализации выбранного хода

Запуск задачи на выбор хода в шахматах осуществляется процедурой "списокзадач" так же, как любой другой задачи. Заметим лишь, что эта задача изначально имеет тип "исследовать". После того, как решатель выбрал ход, задача модифицируется (фактически - почти полностью расчищается), и после хода партнера решатель снова возвращается к ее решению. В ответах задачника будет сохранен лишь первый ход решателя.

Интерфейс взаимодействия с партнером и реализации выбранных ходов запрограммирован на ЛОСе. Эту программу можно найти в разделе "Приемы решателя" - "Игровые задачи" - "Шахматы" - "Очередной ход в шахматах" оглавления программ. Она распадается на следующие фрагменты:

Первая прорисовка позиции

Для задачи, имеющей цель (шахматы ...), при запуске решения предпринимается расчистка экрана и однократная прорисовка текущей анализируемой позиции. Фактически, это равнозначно удалению указания на выбранный ранее ход, размещенного слева от позиции.

Выбор первого хода решателем в исходной шахматной позиции

Если из задачника была извлечена задача, в которой первый ход делает партнер решателя, то она будет изначально иметь комментарий "Ход" к своим посылкам. В этом случае данный комментарий удаляется, а вместо него вводится комментарий "смфигуры", указывающий, что должен быть предоставлен ход партнеру. Иначе - проверяется, что имеет место начальная позиция шахматной игры и что решатель играет белыми. Тогда делается ход "e2 - e4". В любом случае далее вводится комментарий "смфигуры", иницирующий передачу хода партнеру.

Если решатель должен был сделать первый ход не в начальной, а в специальной шахматной позиции, то указанные действия не выполняются, а начинается обычный процесс сканирования задачи и вывода следствий. Он завершается, когда решатель выбирает конкретный ход. Этот выбор заключается в выводе посылки "ход(a, b)", соответствующей ходу с поля a на поле b . Здесь a, b - выражения "набор(i, j)", указывающие координаты полей.

Решатель реализует выбранный им ход

Проследим действия программы несколько подробнее. Прежде всего, перед контрольной точкой "прием(2 6)" программы символа "исследовать" переменной x_b присваивается посылка "ход(a, b)". Затем - переход через "ветвь 2".

Если отсутствовал комментарий "первый" к посылкам задачи, то такой комментарий вводится, и далее в файлах задачника регистрируется вся информация об ответе - длительность решения, сам ход (как ответ задачи) и сравнение его с предыдущим вариантом ответа. Если имеет место цикл решения задач из задачника, то в архив задачника заносится информация о сработавших приемах. Она понадобится при поиске всех задач, в которых срабатывал тот или иной прием.

Далее - переход через "ветвь 1" перед оператором "комментпосылок(x_1 первый)". Здесь вводится комментарий (сохраняющий позицию A), в котором сохраняется список A всех фигур текущей позиции (до хода решателя) и их координат. Далее посылка "ход(a, b)" удаляется, переменной x_8 присваивается пара пар координат полей a, b , и оператор "ход($x_1 x_8$)" выполняет изменение представления текущей позиции задачи. Вводится комментарий (ход (a, b)), сохраняющий информацию о сделанном ходе. Новая позиция прорисовывается на экране. Сбрасываются буферы обращений к вспомогательным операторам для предыдущей позиции, веса всех посылок становятся равны 0, и вводится комментарий "смфигуры" для предоставления хода партнеру.

Информация о ходе, сделанном решателем

При наличии комментария "смфигура" слева от шахматной позиции прорисовывается информация о сделанном ходе, согласно комментарию (ход (a, b)).

Усмотрение конца партии при выигрыше решателя

Далее, при наличии комментария "смфигуры", прежде чем предоставить ход партнеру, предпринимается попытка проверить, не дан ли мат королю противника. Если это так, то справа от прорисовки измененной шахматной позиции помещается надпись "Белые выиграли" либо "Черные выиграли". При нажатии любой клавиши далее - обрыв решения задачи.

Интерфейс предоставления очередного хода партнеру

При усмотрении комментария посылок "смфигуры", после контрольной точки "прием(1 7)", справа от шахматной позиции прорисовывается текст "ВАШ ХОД !", а снизу - текст "Выберите левой кнопкой мыши фигуру, которой будет сделан ход". Затем - обращение к оператору "автоменю". Далее возможны следующие варианты:

1. Следует нажатие "Esc". Тогда - обрыв решения и возвращение в просмотр текущей задачи задачника.
2. Была нажата кнопка мыши. Тогда партнер начал указывать свой ход. Проверяется, что эта кнопка - левая. Определяются координаты курсора мыши и по ним вычисляются координаты (x23, x24) соответствующего поля шахматной позиции. Здесь учитывается цвет фигур, которыми играет партнер. Находится элемент x26 матрицы позиции с координатами (x23, x24). Проверяется, что он ненулевой и что его цвет допустим. Затем выбранное поле перерисовывается с заменой черного цвета на синий. После оператора "повторение" - прорисовка под шахматной позицией текста "Выберите левой кнопкой мыши поле, на которое переходит фигура", и переход через "ветвь 2" к оператору "клавиатура(x29)".

Здесь, если нажато Esc, происходит отмена выбора фигуры, делающей ход (она перекрашивается обратно из синего в черный), и возвращение к ситуации выбора такой фигуры. Если же нажата кнопка мыши, то снова определяются координаты (x37, x38) выбранного поля. Оператор "ход" проверяет допустимость хода и преобразует шахматную позицию. Одновременно он выполняет перерисовку позиции.

Затем применяется оператор "шахрасчистка(x1)", который удаляет ненужные послылки, оставшиеся от анализа предыдущей позиции, и переносит необходимую информацию со старой позиции в новую. Он удаляет из комментариев к послылкам исходной задачи буферы, сохранявшие результаты обращений к некоторым часто встречающимся шахматным операторам ("сматака", "опрход", "возмход"). Такие буферы нужны для ускорения работы, чтобы извлекать из них готовые результаты. Далее из текущей задачи берутся только послылки "текпозиция(a)", "шахпозиция(a)", и их пара х5 замещает список посылок задачи x1. Комментарии к ним сохраняются. Одновременно отбрасываются все комментарии к задаче, не имевшие заголовков "просмотрзадачи", "начало", "ход", "первый", "текобъект", "сохрпозиции". При этом сохраняется лишь тот комментарий "текобъект", который определяет новую шахматную позицию. Фактически, таким образом новый ход решатель начинает анализировать "с нуля". По-видимому, в процессе обучения решателя станет целесообразным создание многоходовых планов действий и передача их от позиции к позиции. Тогда в процедуру "шахрасчистка" придется вводить дополнения. Пока многоходовые комбинации воссоздаются решателем в процессе их реализации заново на каждом шаге.

После расчистки задачи вводится, если его еще не было, комментарий "первый", указывающий, что первый ход уже был сделан и далее сохранять ходы в ответах задачи не нужно. Расчищается зона вокруг шахматной позиции, проверяется, что решатель не получил мат, и переход к сканированию задачи для выбора очередного его хода.

3. Была нажата клавиша "с". Это означает, что решатель сделал плохой ход, и требуется его доучивание на той позиции, которая предшествовала данному ходу. Такая позиция была сохранена в комментарии "сохрпозиции . . .", как указано выше. Оператор "сохрпозиции(x16 x18)" вводит (если его не было) подраздел "Доработать" корневого раздела "Шахматы" оглавления задачника, и в этом подразделе создает новый пункт - задачу с целью x16 и списком посылок (обозначений фигур, их цвета и координат) x18. Фактически, это задача на выбор хода решателем в предыдущей позиции. По завершении ввода задачи - возвращение в режим обращений к оператору "автоменю". Заметим, что сохранять позицию для доучивания имеет смысл лишь тогда, когда она возникла не на первом ходу игры. Иначе такая позиция - уже имеющаяся в задачнике текущая задача.

Отсутствие приема для выбора очередного хода

Напомним, что данная программа имеет не коммерческий, а исследовательский характер. Она нужна для изучения логики шахматиста и содержит в себе лишь то, что было извлечено из серии обучающих примеров. Если возникает ситуация, в которой ранее встречавшиеся приемы не могут выбрать ход, то естественно выдавать отказ от очередного хода. Это и реализуется фрагментом программы символа "исследовать", расположенным после контрольной точки "прием(4 8)". Решатель выходит на этот фрагмент по достижении текущим уровнем сканирования значения 16. Здесь происходит прорисовка текста "Нет приема для выбора хода". Далее - переход к обработке сигналов с клавиатуры. При нажатии Esc - выход из задачи, при нажатии "с" сохранение позиции для доучивания решателя.

3.5 Приемы, используемые решателем в шахматах

Описывая приемы в шахматах, мы отступим от традиционной группировки их "по понятиям". Такая группировка, хотя и была бы возможна, приведет к разбросу нацеленных на достижение одной и той же цели средств по различным разделам и затруднит понимание действий решателя.

3.5.1 Приемы, реализованные на ЛОСе

Имеется всего два таких приема. Их можно найти в разделе "Приемы решателя" - "Игровые задачи" - "Шахматы" - "Общая характеристика позиции" оглавления программ.

1. Определение цвета фигур, делающих ход в текущей позиции.

Прием срабатывает на уровне 0 при сканировании посылки "текпозиция(a)". Если отсутствует посылка вида "текцвет(a, x)", то по цели (шахматы c) определяется цвет c фигур, делающих ход, и вводится посылка "текцвет(a, c)".

2. Усмотрение одинокого короля противной стороны.

Прием срабатывает на уровне 0 при сканировании посылки "текпозиция(a)". Переменной x9 присваивается матрица шахматной позиции. Проверяется, что в этой матрице единственной фигурой противника является король. Выводится посылка "одинкороль(a)".

3.5.2 Расчистка обозначений ходов

1. Отождествление обозначений ходов.

$$\forall_{abcd}(\text{смход}(a, b, c) \rightarrow \text{смход}(d, b, c) \leftrightarrow d = a)$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Уровень срабатывания равен 0.

2. Отбрасывание избыточных посылок "смход".

$$\forall_{abc}(\text{смход}(a, b, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Переменная a идентифицируется с переменной, не встречающейся в других посылках. Уровень срабатывания равен 0.

3.5.3 Усмотрение мата в один ход

1. Усмотрение мата без вилки.

$$\forall_{abcdeprs}(\text{шах}(a, s, e) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{текцвет}(a, b) \& r = \text{Ход}(a, c, d) \& \text{король}(r, \neg b, p) \& \neg(\exists_z(\text{уходит}(r, p, z))) \& \neg(\exists_{zv}(\text{защита}(r, p, e, z, v))) \& \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(r, z, e, v))) \rightarrow \text{мат}(a, c, d))$$

По уже усмотренному шаху s проверяется, что данный шах является матом.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 0.

2. Усмотрение мата с вилкой.

$$\forall_{abcdefgprs}(\text{шах}(a, s, e) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{текцвет}(a, b) \& r = \text{Ход}(a, c, d) \& \text{король}(r, \neg b, p) \& \neg(\exists_z(\text{уходит}(r, p, z))) \& \text{атакует}(r, f, p, g) \& \neg(f = e) \rightarrow \text{мат}(a, c, d))$$

По уже усмотренному шаху s проверяется, что после шаха король атакован более чем одной фигурой. Соответственно, при проверке мата не учитываются случаи взятия атакующей фигуры и заслона от нее. В остальном - аналогично предыдущему.

3. Выбор хода, дающего мат.

$$\forall_{abc}(\text{текпозиция}(a) \& \text{мат}(a, b, c) \rightarrow \text{ход}(b, c))$$

При усмотрении хода, дающего мат, этот ход немедленно делается.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

4. Превращение пешки в фигуру, дающее мат.

$$\forall_{abcdepq}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, b) \& \text{пешка}(a, b, c) \& d = \text{напрпешки}(b) \& \text{числополей}(c, d) = 1 \& \text{следполе}(c, d, e) \& \text{возмход}(a, c, e) \& A = \text{Ход}(a, c, e) \& \text{король}(a, \neg b, p) \& \text{атакует}(A, e, p, q) \& \neg(\exists_{zv}(\text{защита}(A, p, e, z, v))) \& \neg(\exists_z(\text{уходит}(A, p, z))) \& \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(A, z, e, v))) \rightarrow \text{ход}(c, e))$$

Если пешка следующим ходом превращается в ферзя и этот ферзь дает мат, то данный ход делается.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Заметим, что оператор "Ход(a, c, e)" по умолчанию определяет превращение пешки в ферзя. Если нужно превращение ее в фигуру типа t , то прием сопровождается указателем "новфигура(A, t)". Здесь A - указатель вхождения в теорему приема оператора "Ход" (терм вида "фикс(...)"). Уровень срабатывания равен 1. Создана еще одна версия приема, в которой рассмотрен случай превращения пешки в коня. Она имеет указатель "новфигура(фикс(8 2)конь)". В остальной версии совпадают.

5. Пакет продукций "мат".

Оператор "мат($x1\ x2$)" проверяет, что в шахматной позиции $x1$ фигуры цвета $x2$ имеют ход, приводящий к мату для короля противоположного цвета. Формат пакета задается термом "программа(мат вход($x1$ шахматы) вход($x2$ десчисло))". Так как число уровней не указано, компилятор не вводит параметра для текущего уровня, и все приемы срабатывают "на одном уровне".

(a) Прямое нападение.

$$\forall_{abcdefr}(\text{король}(a, \neg b, e) \ \& \ \text{нападение}(a, e, f, c) \ \& \ r = \text{Ход}(a, f, c) \ \& \\ \neg(\exists_{zv}(\text{защита}(r, e, c, z, v))) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{уходит}(r, e, z))) \ \& \\ \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(r, z, c, v))) \rightarrow \text{истина})$$

(b) Вскрытый шах.

$$\forall_{abcdefr}(\text{король}(a, \neg b, e) \ \& \ \text{вскрнападение}(a, e, f, d, c) \ \& \ r = \text{Ход}(a, f, d) \ \& \\ \neg(\exists_{zv}(\text{защита}(r, e, c, z, v))) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{уходит}(r, e, z))) \ \& \\ \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(r, z, c, v))) \rightarrow \text{истина})$$

(c) Вилка.

$$\forall_{abcdefgr}(\text{король}(a, \neg b, f) \ \& \ \text{нападение}(a, f, g, c) \ \& \ r = \text{Ход}(a, g, c) \ \& \\ \neg(\exists_z(\text{уходит}(r, f, z))) \ \& \ \text{атакует}(r, d, f, e) \ \& \ \neg(d = c) \rightarrow \text{истина})$$

6. Пакет продукций "Мат".

Оператор "Мат($x1\ x2$)" проверяет, что в шахматной позиции $x1$ либо дан мат королю цвета $x2$, либо такой мат возникает неизбежным образом после ряда попыток заслониться фигурами, которые берутся фигурой, атаковавшей короля. Формат пакета задается термом "программа(Мат вход($x1$ шахматы) вход($x2$ десчисло))". Пакет имеет единственный прием:

$$\forall_{abfgp}(\text{король}(a, b, p) \ \& \ \text{атакует}(a, f, p, g) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{уходит}(a, p, z))) \ \& \\ \neg(\exists_{zvAB}(\text{защита}(a, p, f, z, v) \ \& \ A = \text{Ход}(a, z, v) \ \& \ \text{возмход}(A, f, v) \ \& \\ B = \text{Ход}(A, f, v) \ \& \ \neg(\text{Мат}(B, b)))) \ \& \ \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(a, z, f, v))) \rightarrow \text{истина})$$

Заметим, что в задачах на "мат в один ход" используется не данный пакет, а приведенные выше приемы вывода посылки "мат(...)". Оператор "Мат" используется как наислабейшая версия приводимых далее операторов усмотрения форсированного мата.

3.5.4 Усмотрение мата в два хода

1. Усмотрение ограниченной подвижности чужого короля и возможности его атаковать.

$$\forall_{abc}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{card}(\text{set}_x(\text{ходфигуры}(a, c, x))) < (5 \text{ при крайдоски}(c), \text{ иначе } 4) \ \& \ \text{card}(\text{set}_u(\text{полефигуры}(a, \neg b, u))) < 4 \rightarrow \text{огркороль}(a, c))$$

Чужой король может сделать не более 4 ходов, находясь на краю доски, и не более 3 в противном случае. Общее число фигур противника не более 3.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abc}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{card}(\text{set}_x(\text{ходфигуры}(a, c, x))) < 3 \ \& \ \text{card}(\text{set}_u(\text{полефигуры}(a, \neg b, u))) < 9 \rightarrow \text{огркороль}(a, c))$$

Чужой король может сделать не более двух ходов. Общее число фигур противника не более 8. В остальном - аналогично предыдущему.

$$\forall_{abc}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{card}(\text{set}_x(\text{ходфигуры}(a, c, x))) < 2 \rightarrow \text{огркороль}(a, c))$$

Чужой король может сделать не более одного хода. В остальном - аналогично предыдущему.

Остальные приемы данного подраздела, усмотрев возможность мата в два хода, немедленно делают ход.

2. Мат после защиты фигуры, ограничивающей подвижность чужого короля.

$$\forall_{abcdmpqA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огркороль}(a, c) \ \& \ \text{потеря}(a, d, m) \ \& \ \exists_x(\text{ходфигуры}(a, d, x) \ \& \ \text{шахрасст}(x, c) = 1) \ \& \ \text{контрольполя}(a, b, d, p, q) \ \& \ \text{возмход}(a, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \exists_{ef}(\text{полефигуры}(A, \neg b, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, e, f)) \ \& \ \neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \ \neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(p, q))$$

Своя фигура, ограничивающая передвижения чужого короля, находится под ударом. Выбирается такой не приводящий к пату защищающий ее ход, что при любых ответных ходах противника он получает мат в один ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

3. Мат после создания оппозиции королю, расположенному на краю доски.

$$\forall_{abcdeqA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{король}(a, b, d) \ \& \ \text{шахрасст}(c, d) \leq 3 \ \& \ \text{крайняялиния}(c, e) \ \& \ \text{Следполе}(c, e, 2, q) \ \& \ \text{шахрасст}(q, d) = 1 \ \& \ \text{возмход}(a, d, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, q) \ \& \ \text{мат}(\text{Ход}(A, d, q), c))$$

$$\begin{aligned} & \exists_x(\text{ходфигуры}(A, c, x) \ \& \ \text{возмход}(A, c, x)) \ \& \\ & \text{card}(\text{set}_u(\text{полефигуры}(a, \neg b, u))) < 4 \ \& \\ & \neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \\ & \neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(d, q) \end{aligned}$$

Чужой король находится на краю доски на поле c . Определяется поле q оппозиции этому королю и усматривается, что свой король, находящийся на поле d , может сделать не приводящий к пату ход на поле q . Число фигур противника не более 3, причем после хода с d на q любой ответный ход противника приводит к мату в один ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

4. Мат после хода, ограничивающего подвижность чужого короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огр короля}(a, c) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, c, d) \ \& \\ & \text{контрольполя}(a, b, d, e, f) \ \& \ \text{возмход}(a, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \\ & \exists_{pq}(\text{полефигуры}(A, \neg b, p) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, p, q)) \ \& \\ & \neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \\ & \neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(e, f) \end{aligned}$$

Ход с поля e на f ставит под удар поле d , на которое может сделать ход чужой король. Этот ход не приводит к пату, и при любом ответном ходе противника он получает мат в один ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

5. Мат после шаха.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcfpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огр короля}(a, c) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \\ & \text{смход}(s, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \\ & \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \ \neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(p, q) \end{aligned}$$

Если в посылках задачи уже имеется указание на ход, являющийся шахом, то проверяется, что при любом ответном ходе противника он получит мат в один ход. Усмотрение шаха будет выполняться приемами, описываемыми ниже.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в третьем антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

6. Первый ход ограничивает чужого короля в его перемещении на те поля, которые становятся ему доступны после предполагаемого на втором ходу шаха.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghpqAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огр короля}(a, c) \ \& \\ & \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ B = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, c, f) \ \& \\ & \text{контрольполя}(a, b, f, g, h) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \\ & \exists_{pq}(\text{полефигуры}(A, \neg b, p) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, p, q)) \ \& \end{aligned}$$

$$\neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \ \neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(g, h))$$

В ситуации малой подвижности чужого короля рассматривается ход, атакующий его, и находится некоторое поле f , куда король может отойти. После этого берется какой-либо ход (в неизменной позиции), приводящий к контролю над полем f , и далее проверяется, что при любом ответном ходе противнику дается мат в один ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в третьем антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

7. Ход ладьей либо ферзем, создающий возможность последующего нападения на короля.

$$\begin{aligned} &\forall_{abcdeA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огрколя}(a, c) \ \& \ \text{ладья}(a, b, d) \ \& \\ &\text{ходфигуры}(a, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\exists_w(\text{контролирует}(a, e, \neg b, w))) \ \& \\ &\exists_{uB}(\text{ходфигуры}(A, e, u) \ \& \ B = \text{Ход}(A, e, u) \ \& \ \text{контролирует}(B, c, b, u) \ \& \\ &\neg(\text{возмход}(a, e, u)) \ \& \ \neg(\exists_v(\text{контролирует}(B, u, \neg b, v)))) \ \& \\ &\exists_{pq}(\text{полефигуры}(A, \neg b, p) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, p, q)) \ \& \\ &\neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \\ &\neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(d, e) \end{aligned}$$

В ситуации малой подвижности чужого короля рассматривается ход своей ладьи с поля d на поле e , не находящееся под ударом чужой фигуры. Находится результирующая позиция A . Проверяется, что ладья с поля e может сделать шах, перейдя на некоторое поле, недоступное ей с ее исходного положения и не находящееся под ударом чужой фигуры. Наконец, проверяется, что при любом ходе противника в позиции A он далее получает мат в один ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

Создана еще одна версия приема, в которой вместо ладьи берется ферзь.

8. Выжидательные ходы.

- (а) Выжидательный ход своим королем, если существуют две разных возможности нападения на чужого короля, при каждой из которых он может защититься конем.

$$\begin{aligned} &\forall_{abcehA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огрколя}(a, c) \ \& \\ &1 < \text{card}(\text{set}_{xw}(\text{нападение}(a, c, x, w) \ \& \ \exists_{uvd}(u = \text{Ход}(a, x, w) \ \& \\ &\text{защита}(u, c, w, d, v)))) \ \& \ \text{card}(\text{set}_t(\text{полефигуры}(a, \neg b, t))) = 2 \ \& \\ &\text{король}(a, b, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, e, f) \ \& \ \text{возмход}(a, e, f) \ \& \\ &A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \exists_{pq}(\text{полефигуры}(A, \neg b, p) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, p, q)) \ \& \\ &\text{конь}(a, \neg b, h) \ \& \ \neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \\ &\text{возмход}(A, y, z) \ \& \ \neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(e, f) \end{aligned}$$

Противник имеет только короля и коня. Существует более одного шаха чужому королю, при которых он может заслониться конем. Выбирается какой-то выжидательный ход своим королем, после которого при любом ответном ходе противник получает мат в один ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

- (b) Ход ладьей вдоль линии, параллельной линии ходов короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdepqrsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огр короля}(a, c) \ \& \\ & \text{ладья}(a, b, d) \ \& \ \text{прямнапр}(e) \ \& \ \text{шахобласть}(d, e, 1, c) \ \& \\ & \text{числополей}(c, e) = 0 \ \& \ \text{шахлиния}(d, e, 0, p) \ \& \ \text{линход}(a, d, p, q) \ \& \\ & \text{возмход}(a, d, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, q) \ \& \ \text{шахлиния}(c, e, 0, r) \ \& \\ & \text{шахпереход}(q, e, r, s) \ \& \ \text{возмход}(A, q, s) \ \& \ B = \text{Ход}(A, q, s) \ \& \\ & \text{возмход}(B, s, c) \ \& \ \exists_{mn}(\text{полефигуры}(A, \neg b, m) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, m, n)) \ \& \\ & \neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \\ & \neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(d, q)) \end{aligned}$$

Чужой король имеет малую подвижность и находится на краю доски. Рассматривается ход своей ладьей вдоль линии, параллельной этому краю, на такое поле q , с которого можно далее атаковать чужого короля, перейдя на соответствующий край доски. Проверяется, что после первого хода ладьей (т.е. на поле q), при любом ответном ходе противника, он получает мат в один ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

- (c) Выжидательный ход фигурой с сохранением контроля над полем, соседним с чужим королем.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огр короля}(a, c) \ \& \\ & \text{card}(\text{set}_x(\text{ходфигуры}(a, c, x) \ \& \ \text{возмход}(a, c, x))) = 1 \ \& \ \text{соседнполя}(c, d) \ \& \\ & \text{контролирует}(a, d, b, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, e, f) \ \& \ \text{возмход}(a, e, f) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{контролирует}(A, d, b, f) \ \& \\ & \exists_{mn}(\text{полефигуры}(A, \neg b, m) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, m, n)) \ \& \\ & \neg(\exists_{yz}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \\ & \neg(\text{мат}(\text{Ход}(A, y, z), b)))) \rightarrow \text{ход}(e, f)) \end{aligned}$$

Чужой король может сделать единственный ход. Соседнее с ним поле d контролируется своей фигурой поля e . Эта фигура делает ход на поле f , с которого продолжает контролировать поле d . Ход не приводит к пату, и при любом ответном ходе противника он получает мат в один ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

3.5.5 Преследование одинокого короля

Приемы первых двух подразделов данного раздела выполняют предварительную характеристику позиции, на основе которой будет выбираться ход. Приемы для выбора

хода приводятся в третьем подразделе.

Оттеснение в горизонтальном или вертикальном направлениях

1. Усмотрение фигуры, закрывающей короля в прямоугольной области.

$$\forall_{abcdnp} (\text{одинкороль}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ (\text{ладья}(a, b, c) \ \vee \ \text{ферзь}(a, b, c)) \ \& \ \text{прямнапр}(d) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, p) \ \& \ \text{шахобласть}(c, d, n, p) \ \& \ 0 < n \ \& \ \neg(\exists_{xmz} (\text{Полефигуры}(a, x) \ \& \ \text{шахобласть}(c, d, m, x) \ \& \ 0 \leq m \ \& \ \neg(x = c) \ \& \ \neg(x = p) \ \& \ z = \text{шахфигура}(a, x) \ \& \ \neg(z = \text{ладья}) \ \& \ \neg(z = \text{ферзь}))) \rightarrow \text{линзапрет}(a, c, d))$$

Если у противника остался только король, то усматривается, что свои ладья либо ферзь на поле c ограничивают его перемещения в области, проходящей через c в направлении горизонтального либо вертикального вектора d . Допускается наличие в этой области, помимо чужого короля, только ладей или ферзя.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

2. Усмотрение хода на смежную линию, оттесняющего короля.

$$\forall_{abcdmpqs} (\text{одинкороль}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, p) \ \& \ (\text{ладья}(a, b, c) \ \vee \ \text{ферзь}(a, b, c)) \ \& \ \text{прямнапр}(d) \ \& \ \text{шахлиния}(p, d, -1, m) \ \& \ \neg(c \in m) \ \& \ \text{шахпереход}(c, d, m, q) \ \& \ \neg(\exists_{xyz} (\text{Полефигуры}(a, x) \ \& \ \text{шахобласть}(q, d, y, x) \ \& \ 0 \leq y \ \& \ \neg(x = p) \ \& \ z = \text{шахфигура}(a, x) \ \& \ \neg(z = \text{ладья}) \ \& \ \neg(z = \text{ферзь}))) \ \& \ (\neg(\text{соседнполя}(p, q)) \ \vee \ \exists_{Ax} (A = \text{Ход}(a, c, q) \ \& \ \text{защищает}(A, q, x))) \ \& \ \text{возмход}(a, c, q) \rightarrow \text{смход}(s, c, q) \ \& \ \text{оттеснение}(a, s, d))$$

У противника остался только король, который находится на поле p . Выбирается горизонтальное либо вертикальное направление d , ведущее в ту область, куда будет оттесняться король. Рассматривается линия оттеснения m , ортогональная d и полученная из параллельной ей линии короля отступлением на единицу против вектора d . В области оттеснения нет своих фигур, отличных от ладей и ферзя. Свои ладья либо ферзь могут перейти с поля c на поле q линии m , причем на поле q будут либо защищены, либо удалены от чужого короля. Тогда вводится в рассмотрение ход s с поля c на поле q , блокирующий выход короля на границу области оттеснения.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "линзапрет(a, X, d)", где X - поле линии m , так как тогда рассматриваемый ход избыточен. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

3. Усмотрение оттесняющего хода на линию короля.

$$\forall_{abcdmpqsA} (\text{одинкороль}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, p) \ \& \ (\text{ладья}(a, b, c) \ \vee \ \text{ферзь}(a, b, c)) \ \& \ \text{прямнапр}(d) \ \& \ \text{шахлиния}(p, d, 0, m) \ \& \ \neg(c \in m) \ \& \ \text{шахпереход}(c, d, m, q) \ \& \ \neg(\exists_{xyz} (\text{Полефигуры}(a, x) \ \& \ \text{шахобласть}(q, d, 0, x) \ \& \ \neg(x = p) \ \& \ z = \text{шахфигура}(a, x) \ \& \ \neg(z = \text{ладья}) \ \& \ \neg(z = \text{ферзь}))) \rightarrow \text{линзапрет}(a, X, d))$$

$$\neg(z = \text{ферзь})) \& \text{возмход}(a, c, q) \& A = \text{Ход}(a, c, q) \& \\ \neg(\exists_{xn}(\text{ходфигуры}(A, p, x) \& \text{шахобласть}(p, \text{обрнапр}(d), 0, x))) \rightarrow \\ \text{смход}(s, c, q) \& \text{оттеснение}(a, s, d))$$

Аналогично предыдущему, но в качестве линии t берется линия короля. Вместо условия защищенности фигуры на поле q берется условие невозможности хода короля, оставляющего его на линии t либо выводящего наружу из области оттеснения.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

4. Определение возможных полей отхода оттесняющей фигуры вдоль линии оттеснения.

$$\forall_{abcdmnpA}(\text{потеря}(a, b, n) \& \text{текпозиция}(a) \& \text{король}(a, \neg c, d) \& \text{линзапрет}(a, b, m) \\ \& \text{шахлиния}(b, m, 0, p) \& A = \text{set}_x(\text{линход}(a, b, p, x) \& 1 < \text{линрасст}(x, d, m) \& \\ \neg(\exists_y(\text{напрфигура}(a, x, \text{обрнапр}(m), y) \& \text{шахцвет}(a, y) = c \& \\ \text{шахфигура}(a, y) \in \{\text{ладья, ферзь}\}))) \& \neg(A = \emptyset) \rightarrow \text{отход}(a, b, A))$$

Если блокирующая выход чужого короля из области оттеснения ладья поля b атакована королем, то на линии короля рассматривается множество A всех удаленных от короля полей, к которым может перейти эта ладья. Из A исключаются поля, к которым могут перейти другие ладья или ферзь, чтобы не блокировать совместных действий двумя фигурами.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

5. Определение полей, с которых открывается возможность оттеснения.

$$\forall_{abcdmpqrA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, c) \& \text{король}(a, \neg c, d) \& \text{линзапрет}(a, b, m) \\ \& (\text{ладья}(a, c, p) \vee \text{ферзь}(a, c, p)) \& \neg(b = p) \& \text{шахлиния}(p, m, 0, q) \& \\ \text{шахлиния}(b, m, 1, r) \& A = \text{set}_x(\text{линход}(a, p, q, x) \& 1 < \text{линрасст}(x, d, m) \& \\ \exists_y(\text{шахпереход}(x, m, r, y) \& \text{своботрезок}(a, x, y))) \& \neg(A = \emptyset) \rightarrow \\ \text{предвоттеснение}(a, p, A, m))$$

Фигура поля b закрывает выход чужого одинокого короля из области, направление вглубь которой от b задается вектором m . Другая фигура - тоже ладья либо ферзь - расположена на поле p . Рассматриваются проходящая через p линия q , ортогональная вектору m , а также параллельная ей линия r , расположенная по отношению к полю b на единицу вглубь области оттеснения. Определяется множество A таких полей x линии q , к которым можно перейти от поля p , что от x можно перейти на удаленное от чужого короля поле линии r .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "оттеснение(a, X, d)", а также посылка вида "линзапрет(a, Y, m)" для более узкой области оттеснения. Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{acdmprA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \ \text{прямнапр}(m) \ \& \\ & (\text{ладья}(a, c, p) \ \vee \ \text{ферзь}(a, c, p)) \ \& \ \text{шахлиния}(p, m, 0, q) \ \& \ \text{шахлиния}(d, m, -2, r) \ \& \\ & \neg(\exists_{xyz} (\text{Полефигуры}(a, x) \ \& \ \text{шахобласть}(d, m, -2, x) \ \& \ \neg(x = d) \ \& \\ & z = \text{шахфигура}(a, x) \ \& \ \neg(z = \text{ладья}) \ \& \ \neg(z = \text{ферзь}))) \ \& \\ & A = \text{set}_x (\text{линход}(a, p, q, x) \ \& \ 1 < \text{линрасст}(x, d, m) \ \& \\ & \exists_y (\text{шахпереход}(x, m, r, y) \ \& \ \text{своботрезок}(a, x, y))) \ \& \ \neg(A = \emptyset) \ \rightarrow \\ & \text{предвоттеснение}(a, p, A, m) \end{aligned}$$

Если пока не возникли посылки с заголовками "оттеснение", "линзапрет", то находится своя фигура поля p - ладья либо ферзь и выбирается направляющий вектор оттеснения m . Рассматриваются линия q , проходящая через p ортогонально вектору m , а также параллельная ей линия r , полученная сдвигом против направления оттеснения от поля чужого короля на 2 единицы. Определяется множество A таких полей x линии q , к которым можно перейти от поля p , что проекция их на линию короля удалена от него, причем возможен переход от x на линию r . Ввиду удаленности линии r от короля, он не успеет выйти за ее рамки, пока фигура p будет выполнять два хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки с заголовками "оттеснение", "линзапрет". Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdmqA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \ \text{линзапрет}(a, b, m) \ \& \\ & \text{шахлиния}(b, m, 0, q) \ \& \ \text{шахобласть}(b, m, 2, d) \ \& \ A = \text{set}_x (\text{линход}(a, b, q, x) \ \& \\ & 1 < \text{линрасст}(x, d, m)) \ \& \ \neg(A = \emptyset) \ \rightarrow \text{предвоттеснение}(a, b, A, m) \end{aligned}$$

Фигура поля b закрывает выход чужого одинокого короля из области, направление вглубь которой от b задается вектором m . Король расположен внутри этой области на расстоянии не меньшем 2 от линии q , проходящей через b ортогонально m . Определяется множество A всех полей x линии q , на которые можно перейти от b , причем так, что проекция x на линию короля удалена от него.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки вида "оттеснение(a, X, d)", а также вида "линзапрет(a, Y, m)", определяющие более узкую область оттеснения. Нет также посылок с заголовком "предвоттеснение". Уровень срабатывания равен 4.

6. Перемещение своего короля к линии оттеснения.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdmpqrA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \ \text{линзапрет}(a, b, m) \\ & \ \& \ \text{card}(\text{set}_x (\text{ладья}(a, c, x) \ \vee \ \text{ферзь}(a, c, x))) = 1 \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \& \\ & \text{шахлиния}(d, m, -1, q) \ \& \ b \in q \ \& \ \text{шахлиния}(b, m, -1, r) \ \& \ \neg(p \in r) \ \& \\ & \text{шахобласть}(b, \text{обрнапр}(m), 1, p) \ \& \ A = \text{set}_x (\text{ходфигуры}(a, p, x) \ \& \\ & \text{шахобласть}(p, m, 1, x) \ \& \ \text{возмход}(a, p, x)) \ \& \ \neg(A = \emptyset) \ \rightarrow \\ & \text{предвоттеснение}(a, p, A, m) \end{aligned}$$

Фигура поля b закрывает выход чужого одинокого короля из области, направление вглубь которой от b задается вектором m . Кроме этой фигуры, других

ладей либо ферзей нет. Чужой король расположен вплотную к линии оттеснения. Рассматривается линия r , параллельная линии оттеснения и расположенная от нее на единицу в направлении против вектора m . Свой король находится вне области оттеснения и не на линии r . Находится множество A полей x , на которые свой король может сделать ход, направляясь в сторону линии r .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

Оттеснение двумя слонами в диагональном направлении

1. Усмотрение двух слонов, закрывающих короля в диагональной области.

$$\forall_{abcde npq} (\text{одинкороль}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{слон}(a, b, c) \ \& \ \text{диагнапр}(d) \ \& \ \text{король}(a, -b, p) \ \& \ \text{шахобласть}(c, d, n, p) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{шахдиагональ}(c, d, -1, q) \ \& \ \text{слон}(a, b, e) \ \& \ e \in q \ \& \ \neg(\exists_{xm} (\text{Полефигуры}(a, x) \ \& \ \text{шахобласть}(e, d, m, x) \ \& \ 0 \leq m \ \& \ \neg(x = c) \ \& \ \neg(x = p) \ \& \ \neg(x = e))) \rightarrow \text{диагзапреты}(a, e, c, d))$$

Два слона на смежных диагоналях блокируют чужого одинокого короля в области, отделяемой линией слона c в направлении вектора d . В этой области и на линиях слонов других фигур нет.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

2. Усмотрение одного слона, ограничивающего короля в диагональной области.

$$\forall_{abcdnp} (\text{одинкороль}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{слон}(a, b, c) \ \& \ \text{диагнапр}(d) \ \& \ \text{король}(a, -b, p) \ \& \ \text{шахобласть}(c, d, n, p) \ \& \ 0 < n \ \& \ \neg(\exists_{xmz} (\text{Полефигуры}(a, x) \ \& \ \text{шахобласть}(c, d, m, x) \ \& \ 0 \leq m \ \& \ \neg(x = p) \ \& \ z = \text{шахфигура}(a, x) \ \& \ \neg(z = \text{слон}))) \rightarrow \text{диагзапрет}(a, c, d))$$

Слон поля c блокирует выход на свою диагональ чужого короля, расположенного от этой диагонали в направлении диагонального вектора d . В этой области нет других фигур, кроме, быть может, слона.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

3. Перемещение слона на дальнюю линию оттеснения.

$$\forall_{abcdmpqs} (\text{одинкороль}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, -b, p) \ \& \ \text{слон}(a, b, q) \ \& \ \text{диагнапр}(d) \ \& \ \text{шахлиния}(p, d, -2, m) \ \& \ \neg(q \in m) \ \& \ \text{шахпереход}(q, d, m, c) \ \& \ \neg(\exists_{xyz} (\text{Полефигуры}(a, x) \ \& \ \text{шахобласть}(c, d, y, x) \ \& \ 0 \leq y \ \& \ \neg(x = p) \ \& \ z = \text{шахфигура}(a, x) \ \& \ \neg(z = \text{слон}))) \ \& \ \text{возмход}(a, q, c) \rightarrow \text{смход}(s, q, c) \ \& \ \text{оттеснение}(a, s, d))$$

Рассматриваются диагональная линия m и диагональный вектор d , такие, что чужой король расположен в области, находящейся от линии m в сторону d . Король достаточно удален от m , так что за один ход не может выйти из указанной

области или попасть на линию m . Слон поля q не находится на линии m , но может попасть на ее поле c за один ход. В рассматриваемой области нет других фигур, кроме, быть может, слонов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "диагзапреты", а также посылка вида "диагзапрет(a, X, Y)", для которой число параллельных вектору Y (т.е. ортогональных диагонали отеснения) диагоналей, отделяющих диагональ короля от диагонали слона X , не более 4. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

4. Продвижение второго слона.

$$\forall_{abcdempqsA}(\text{одинкороль}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, p) \ \& \ \text{диагзапрет}(a, e, d) \ \& \ \text{слон}(a, b, q) \ \& \ \text{шахдиагональ}(e, d, 1, m) \ \& \ \neg(q \in m) \ \& \ \text{шахпереход}(q, d, m, c) \ \& \ \text{шахобласть}(c, d, 0, p) \ \& \ 1 < \text{шахрасст}(p, c) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{Полефигуры}(a, x) \ \& \ \text{шахобласть}(c, d, y, x) \ \& \ 0 \leq y \ \& \ \neg(x = p))) \ \& \ A = \text{Ход}(a, q, c) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{ходфигуры}(A, p, z) \ \& \ \text{шахобласть}(c, \text{обрнапр}(d), 0, z))) \ \& \ \text{возмход}(a, q, c) \ \rightarrow \ \text{смход}(s, q, c) \ \& \ \text{отеснение}(a, s, d))$$

Чужой одинокий король расположен в области отеснения слоном поля e в направлении d . Другой слон поля q не находится на следующей в направлении d по отношению к e диагонали m , но может перейти на ее поле c . При этом он не будет атакован чужим королем, и чужой король не сможет выйти за рамки области отеснения слонами.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

5. Перемещение короля к линии отеснения.

$$\forall_{abcdhmp rA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \ \text{диагзапреты}(a, b, h, m) \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \& \ \text{шахдиагональ}(b, m, -1, r) \ \& \ \neg(p \in r) \ \& \ \text{шахобласть}(b, \text{обранпр}(m), 1, p) \ \& \ A = \text{set}_x(\text{ходфигуры}(a, p, x) \ \& \ \text{числолиний}(x, m) < \text{числолиний}(p, m) \ \& \ \neg(\text{шахобласть}(b, m, 0, x))) \ \& \ \text{возмход}(a, p, x) \ \& \ \neg(A = \emptyset) \ \rightarrow \ \text{предвотеснение}(a, p, A, m))$$

Два слона заперли чужого короля в области, направляющий вектор в сторону которой - m . Свой король находится вне этой области и не на диагонали r , примыкающей к диагонали внешнего слона (она имеет противоположный цвет). Находится множество A полей, на которые свой король может сделать ход, направляясь к диагонали r и не выходя на диагональ внешнего слона.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

6. Определение возможных полей отхода отесняющей фигуры вдоль линии отеснения.

$$\forall_{abcdmnpqrA}(\text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \\ \& \ \text{диагзапреты}(a, q, b, m) \ \& \ \text{шахлиния}(b, m, 0, p) \ \& \ \text{король}(a, c, r) \ \& \\ A = \text{set}_x(\text{линход}(a, b, p, x) \ \& \ (1 < \text{линрасст}(x, d, m) \ \vee \ \text{шахрасст}(x, r) = 1)) \ \& \\ \neg(A = \emptyset) \rightarrow \text{отход}(a, b, A))$$

Два слона заперли чужого короля в диагональной области, причем чужой король атакует не защищенного внутреннего слона. Находится множество A полей, на которые внутренний слон может перейти вдоль своей диагонали так, чтобы либо уйти от атаки чужого короля, либо попасть под защиту своего короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

7. Определение полей, с которых открывается возможность продолжения оттеснения дальним слоном.

$$\forall_{abcdemqA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{диагзапреты}(a, b, e, m) \ \& \ \text{крайдоски}(b) \ \& \ \text{шахлиния}(b, m, 0, q) \ \& \\ A = \text{set}_x(\text{линход}(a, b, q, x) \ \& \ 2 < \text{линрасст}(x, d, m) \ \& \ \neg(\text{крайдоски}(x))) \ \& \\ \neg(A = \emptyset) \rightarrow \text{предвоттеснение}(a, b, A, m))$$

Два слона заперли чужого короля в диагональной области, причем внешний слон находится на краю доски (ближе к угловому полю это мешает ему перейти на следующую диагональ). Находится множество A полей, на которые внешний слон может перейти вдоль своей диагонали, чтобы оказаться не на краю доски и иметь возможность продолжить оттеснение короля, перейдя на диагональ, следующую за диагональю второго слона. Рассматриваются лишь поля, которые не могут оказаться атакованы чужим королем после его единственного хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "оттеснение(a, X, Y)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdemqrsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{диагзапреты}(a, b, e, m) \ \& \ \text{шахлиния}(b, m, 1, r) \ \& \ \text{шахпереход}(b, m, r, s) \ \& \\ \text{шахрасст}(d, s) = 1 \ \& \ \text{шахлиния}(b, m, 0, q) \ \& \ A = \text{set}_x(\text{линход}(a, b, q, x) \ \& \\ 2 < \text{линрасст}(x, d, m) \ \& \ \neg(\text{крайдоски}(x))) \ \& \ \neg(A = \emptyset) \rightarrow \\ \text{предвоттеснение}(a, b, A, m))$$

Аналогично предыдущему, но помехой для продолжения оттеснения служит не край доски, а близость чужого короля к тому полю, на которое должен перейти внешний слон.

Выбор хода при преследовании одинокого короля

1. Выбор оттесняющего хода, для которого возможно дальнейшее оттеснение другой фигурой.

$$\forall_{abcdkmpu}(\text{смход}(a, b, c) \ \& \ \text{оттеснение}(d, a, p) \ \& \ \text{прямнапр}(p) \ \& \ (\text{ладья}(d, k, m) \ \vee \ \text{ферзь}(d, k, m)) \ \& \ \text{текцвет}(d, k) \ \& \ \text{шахлиния}(c, p, 1, u) \ \& \\ \exists_x(\text{шахпереход}(m, p, u, x) \ \& \ \text{своботрезок}(d, m, x)) \rightarrow \text{ход}(b, c))$$

Ход a ладьей либо ферзем на поле c ограничивает область перемещений чужого одинокого короля. Другие ладья либо ферзь могут сделать ход на линию, следующую за линией оттеснения. Ряд дополнительных ограничений, указанных в фильтрах приема (см. ниже), указывают на отсутствие лучшего варианта оттеснения.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "линзапрет(...)", сильнее ограничивающая чужого короля, чем ход a . Отсутствует посылка "потеря(...)", указывающая, что некоторая незащищенная фигура атакована чужим королем. Если существует другая посылка "оттеснение(...)", ход которой сильнее ограничивает чужого короля, чем ход a , то уровень срабатывания равен 5, иначе он равен 4.

- Выбор оттесняющего хода (общий случай).

$$\forall_{abcdkpq}(\text{смход}(a, b, c) \ \& \ \text{оттеснение}(d, a, p) \rightarrow \text{ход}(b, c))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка с заголовком "потеря". Отсутствует также посылка "оттеснение(d, X, Y)", дающая большее ограничение подвижности чужого короля. Точка привязки выбрана во втором антецеденте. Уровень срабатывания равен 6.

- Отход оттесняющей фигурой вдоль линии оттеснения.

$$\forall_{abcdmnxA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \\ \text{линзапрет}(a, b, m) \ \& \ \text{отход}(a, b, A) \ \& \ x \in A \ \& \\ \neg(\exists_y(y \in A \ \& \ \text{линрасст}(x, d, m) < \text{линрасст}(y, d, m))) \rightarrow \text{ход}(b, x))$$

Своя ладья, запирающая чужого короля в области оттеснения, атакована этим королем. Среди уже выявленных ранее полей отхода ладьи вдоль линии оттеснения выбирается наиболее удаленное от чужого короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также антецеденты с четвертого по шестой идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcdmnqxA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \\ \text{диагзапреты}(a, q, b, m) \ \& \ \text{отход}(a, b, A) \ \& \ x \in A \ \& \\ \neg(\exists_y(y \in A \ \& \ \text{линрасст}(x, d, m) < \text{линрасст}(y, d, m))) \rightarrow \text{ход}(b, x))$$

Аналогично предыдущему, но отход выполняет атакованный слон на внутренней линии оттеснения.

- Ход, подготавливающий возможность оттеснения линейной фигурой.

$$\forall_{abcdmx}A(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{предвоттеснение}(a, b, A, m) \ \& \ (\text{ладья}(a, c, b) \ \vee \ \text{слон}(a, c, b) \ \vee \ \text{ферзь}(a, c, b)) \ \& \\ x \in A \ \& \ \neg(\exists_y(y \in A \ \& \ \text{линрасст}(x, d, m) < \text{линрасст}(y, d, m))) \rightarrow \text{ход}(b, x))$$

При отсутствии посылки с заголовком "оттеснение" выбирается ход, подготавливающий возможность оттеснения. Среди уже найденных возможных полей отхода A выбирается наиболее удаленное от чужого короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки с заголовками "оттеснение" и "выигрыш". Отсутствует также посылка вида "предвоттеснение(a, X, Y, Z)", дающая большее ограничение подвижности короля. Уровень срабатывания равен 5.

5. Ход королем к линии оттеснения.

$$\forall_{abcdmnx}A(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{предвоттеснение}(a, b, A, m) \ \& \ \text{король}(a, c, b) \ \& \ x \in A \ \& \ n = \text{линрасст}(x, d, m) \ \& \\ \neg(n = 0) \ \& \ \neg(\exists_{yz}(y \in A \ \& \ z = \text{линрасст}(y, d, m) \ \& \ \neg(z = 0) \ \& \ z < n)) \rightarrow \\ \text{ход}(b, x))$$

Выбирается тот из ранее найденных возможных ходов, продвигающих своего короля к линии оттеснения, который наиболее сближает его с чужим королем, при этом не выводя обоих королей на общую линию вектора оттеснения.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 7.

6. Перемещение своего короля вслед за чужим при подготовке оппозиции.

$$\forall_{abcdmpqrx}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \ \text{линзапрет}(a, b, m) \\ \& \ \text{card}(\text{set}_x(\text{ладья}(a, c, x) \ \vee \ \text{ферзь}(a, c, x))) = 1 \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \& \\ \text{шахлиния}(d, m, -1, q) \ \& \ b \in q \ \& \ \text{шахлиния}(b, m, -1, r) \ \& \ p \in r \ \& \\ 1 < \text{линрасст}(p, d, m) \ \& \ \text{следполе}(p, \text{напрлин}(p, d, m), x) \ \& \ \text{возмход}(a, p, x) \rightarrow \\ \text{ход}(p, x))$$

Чужой одинокий король находится в области оттеснения ладьей либо ферзем, причем других ладей и ферзей нет. Чужой король расположен на единицу вглубь области оттеснения, а свой - на единицу наружу. При этом проекция своего короля на линию чужого отстоит от него более чем на единицу. Свой король делает ход параллельно линии оттеснения в направлении чужого короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdemprsx}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{диагзапреты}(a, b, e, m) \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \& \ \text{шахдиагональ}(b, m, -1, r) \ \& \\ p \in r \ \& \ 2 < \text{линрасст}(p, d, m) \ \& \ \text{следполе}(p, \text{напрлин}(p, d, m), x) \ \&$$

диаглияния(m, s) & ($\neg(p \in s) \vee \neg(\text{числолиний}(b, m) = 3)$) & возмход(a, p, x) \rightarrow ход(p, x)

Аналогично предыдущему, но для случая оттеснения двумя слонами. Свой король расположен на диагонали, примыкающей к диагонали внешнего слона и имеющей другой цвет. Прием блокируется, когда область оттеснения становится достаточно маленькой, так как для действий в углу доски имеются другие приемы. Именно, отбрасывается случай, когда между линией внешнего слона и углом доски остается ровно три диагональных линии (считая вырожденную одноклеточную), а чужой король находится на главной диагонали.

7. Выжидательный ход линейной фигурой.

$\forall_{abcdmpqrsy}$ (текпозиция(a) & текцвет(a, c) & король($a, \neg c, d$) & линзапрет(a, b, m) & card(set _{x} (ладья(a, c, x) \vee ферзь(a, c, x))) = 1 & король(a, c, p) & шахлияния($d, m, -1, q$) & $b \in q$ & шахлияния($b, m, -1, r$) & $p \in r$ & линрасст(p, d, m) = 1 & линход(a, b, q, y) & $s = \text{линрасст}(d, y, m)$ & $2 < s$ & ($3 < s \vee \text{разнстор}(p, y, d, m)$) & возмход(a, b, y) \rightarrow ход(b, y))

Чужой одинокий король находится в области оттеснения ладьей либо ферзем, причем других ладей и ферзей нет. Чужой король расположен на единицу вглубь области оттеснения, а свой - на единицу наружу. При этом проекция своего короля на линию чужого отстоит от него ровно на единицу. Оттесняющая линейная фигура делает выжидательный ход вдоль своей линии так, чтобы оказаться от чужого короля не менее чем в трех его ходах. При этом либо новое положение линейной фигурой и чужой король будут находиться по разные стороны от своего короля, либо расстояние между фигурой и чужим королем окажется не меньшим четырех.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты выделены указателем "программа". Уровень срабатывания прием равен 3.

Оставшиеся приемы данного раздела относятся к случаю оттеснения короля слонами, когда угол доски уже близок.

$\forall_{abcdempqrsuy}$ (текпозиция(a) & текцвет(a, c) & король($a, \neg c, d$) & диагзапреты(a, b, e, m) & числолиний(e, m) = 3 & король(a, c, p) & шахдиагональ($e, m, -1, q$) & диаглияния(m, r) & пересечлиний(q, r, s) & соседнполя(d, s) & соседнполя(p, s) & шахлияния($e, m, 0, u$) & линход(a, e, u, y) & (шахраст(y, p) = 1 \vee крайдоски(y) & $1 < \text{шахраст}(y, d)$) & возмход(a, e, y) \rightarrow ход(e, y))

Чужой одинокий король находится в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внутреннего слона и углом доски равно трем. Рассматривается поле s , находящееся на пересечении главной диагонали и линии оттеснения внешнего слона. Поля обоих королей примыкают к этому полю. Внутренний слон делает выжидательный ход вдоль своей линии так, чтобы либо оказаться на расстоянии 1 от своего короля, либо оказаться на краю доски и на расстоянии от чужого короля, большем единицы.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

$\forall abcdepqrstu$ (текпозиция(a) & текцвет(a, c) & король($a, \neg c, d$) & диагзапреты(a, b, e, m) & числолиний(b, m) = 3 & король(a, c, p) & шахдиагональ($b, m, -1, q$) & диаглиния(m, r) & пересечлиний(q, r, s) & соседнполя(d, e) & соседнполя(p, s) & соседнполя(p, e) & шахлиния($b, m, 0, u$) & линход(a, b, u, y) & (шахрасст(y, p) = 1 \vee крайдоски(y) & 1 < шахрасст(y, d)) & возмход(a, b, y) \rightarrow ход(b, y))

Чужой одинокий король находится в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внешнего слона и углом доски равно трем. Рассматривается поле s , находящееся на пересечении главной диагонали и линии, примыкающей снаружи к линии внешнего слона. Оба короля соседствуют с внутренним слоном, а свой король - с полем s . Внешний слон делает выжидательный ход вдоль своей линии так, чтобы либо оказаться на расстоянии 1 от своего короля, либо оказаться на краю доски и на расстоянии от чужого короля, большем единицы.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

$\forall abcdekmpqrs$ (текпозиция(a) & текцвет(a, c) & король($a, \neg c, d$) & диагзапрет(a, e, m) & числолиний(e, m) = 2 & король(a, c, p) & диаглиния(m, q) & $d \in q$ & шахдиагональ($e, m, -1, r$) & $p \in r$ & слон(a, c, b) & $\neg(b = e)$ & шахлиния($b, m, 0, k$) & линход(a, b, k, s) & крайдоски(s) & возмход(a, b, s) \rightarrow ход(b, s))

Чужой одинокий король расположен в области, ограниченной линией оттеснения слона, находящегося на поле e . Между этой линией и углом доски всего две диагональных линии, считая сам угол. Чужой король расположен на главной диагонали, а свой король - на диагональной линии, примыкающей снаружи к линии слона e . Существует еще один слон, который делает выжидательный ход на край доски вдоль линии, параллельной линии оттеснения.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

8. Выжидательный ход королем.

$\forall abcdefhmnopqrstu$ (текпозиция(a) & текцвет(a, c) & король($a, \neg c, d$) & диагзапреты(a, b, e, m) & числолиний(e, m) = 3 & диаглиния(m, q) & $d \in q$ & \neg (крайдоски(d)) & крайняялиния(e, p) & Следполе($e, p, 1, r$) & $r = b$ & шахдиагональ($b, m, -1, s$) & шахдиагональ($e, m, -1, u$) & пересечлиний(u, q, n) & король(a, c, f) & ходфигуры(a, f, h) & $h \in s$ & соседнполя(h, n) & возмход(a, f, h) \rightarrow ход(f, h))

Чужой одинокий король находится на главной диагонали в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внутреннего слона и углом доски равно трем. Поле чужого короля - не угловое. Внутренний слон расположен на краю доски, а внешний - на смежном поле, не на краю

доски. Свой король делает выжидательный ход на поле, примыкающее к точке пересечения главной диагонали с линией внешнего слона и расположенное снаружи по отношению к этой линии.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты выделены указателем "программа". Уровень срабатывания приема равен 2.

9. Продвижение своего короля к позиции, контролирующей выход чужого короля из угла, после того, как слоны заняли предельное положение.

Этот и несколько следующих приемов связаны со стандартной обработкой ситуации, когда одинокий чужой король заперт в углу двумя слонами и своим королем.

$$\forall_{abcdemnpqrs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{диагзапреты}(a, b, e, m) \ \& \ \text{числолиний}(e, m) = 3 \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \& \\ \text{диаглиния}(m, q) \ \& \ \text{шахдиагональ}(e, m, -1, r) \ \& \ \text{пересечлиний}(q, r, n) \ \& \\ \neg(p = n) \ \& \ \neg(\text{соседнполя}(p, n)) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, p, s) \ \& \\ \text{шахрасст}(s, n) < \text{шахрасст}(p, n) \ \& \ \text{возмход}(a, p, s) \rightarrow \text{ход}(p, s))$$

Чужой одинокий король находится в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внутреннего слона и углом доски равно трем. Рассматривается пересечение n линии внешнего слона с главной диагональю. Если свой король не находится на поле n либо на смежном с n поле, то выбирается его ход, приближающий к полю n .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и четвертый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные антецеденты выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 3.

10. Перевод своего короля на позицию, контролирующую выход чужого короля из угла.

$$\forall_{abcdempqrs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{диагзапреты}(a, b, e, m) \ \& \ \text{числолиний}(e, m) = 3 \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \& \\ \text{диаглиния}(m, q) \ \& \ \text{шахдиагональ}(e, m, -1, r) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, p, s) \ \& \\ s \in q \ \& \ s \in r \ \& \ \text{возмход}(a, p, s) \rightarrow \text{ход}(p, s))$$

Чужой одинокий король находится в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внутреннего слона и углом доски равно трем. Рассматривается поле s на пересечении линии внешнего слона с главной диагональю. Свой король делает ход на это поле.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

11. Перемещение слонов к своему королю после того, как он занял позицию, контролирующую выход чужого короля из угла.

$$\forall_{abcdekmpqrs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{диагзапрет}(a, e, m) \ \& \ \text{числолиний}(e, m) = 3 \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \&$$

диаглияния(m, q) & шахдиагональ($e, m, -1, r$) & $p \in q$ & $p \in r$ &
слон(a, c, b) & $b \in r$ & шахлияния($e, m, 0, k$) & линход(a, e, k, s) &
соседнполя(s, p) & однстор(p, s, b, m) & возмход(a, e, s) \rightarrow ход(e, s)

Чужой одинокий король находится в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внутреннего слона e и углом доски равно трем. Свой король занимает поле p на пересечении линии r внешнего слона b с главной диагональю. Внутренний слон делает ход вдоль своей линии так, чтобы оказаться защищенным своим королем, и при этом располагаться с внешним слоном по одну сторону от главной диагонали.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

$\forall abcdepqrs$ (текпозиция(a) & текцвет(a, c) & король($a, \neg c, d$) &
диагзапрет(a, e, m) & числолиний(e, m) = 3 & король(a, c, p) &
диаглияния(m, q) & шахдиагональ($e, m, -1, r$) & $p \in q$ & $p \in r$ &
соседнполя(e, p) & слон(a, c, b) & $b \in r$ & линход(a, b, r, s) &
соседнполя(s, p) & возмход(a, b, s) \rightarrow ход(b, s))

Аналогично предыдущему, но ход на смежное с королем поле делает вдоль своей линии внешний слон.

12. Продвижение слона в зону, контролируемую своим королем.

$\forall abcdekmpqrs$ (текпозиция(a) & текцвет(a, c) & король($a, \neg c, d$) &
диагзапрет(a, e, m) & числолиний(e, m) = 3 & король(a, c, p) &
диаглияния(m, q) & шахдиагональ($e, m, -1, r$) & $p \in q$ & $p \in r$ &
соседнполя(e, p) & слон(a, c, b) & $b \in r$ & соседнполя(b, p) &
шахдиагональ($e, m, 1, k$) & шахпереход(b, m, k, s) &
возмход(a, b, s) \rightarrow ход(b, s))

Чужой одинокий король находится в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внутреннего слона e и углом доски равно трем. Свой король занимает поле p на пересечении линии r внешнего слона b с главной диагональю. Оба слона защищены своим королем. Внешний слон продолжает оттеснение, делая ход на диагональ, примыкающую в области оттеснения к диагонали внутреннего слона.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как выше.

13. Ход вторым слоном для блокировки подхода чужим королем.

$\forall abcdepqr$ (текпозиция(a) & текцвет(a, c) & король($a, \neg c, d$) &
диагзапреты(a, b, e, m) & числолиний(e, m) = 3 & диаглияния(m, q) &
 $d \in q$ & \neg (крайдоски(d)) & крайняялияния(e, p) & Следполе($e, p, 1, r$) &
 $\neg(r = b)$ & возмход(a, b, r) \rightarrow ход(b, r))

Чужой одинокий король находится в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внутреннего слона e и углом доски равно трем. Чужой король расположен на главной диагонали, но не в углу. Внутренний слон находится на краю доски. Внешний слон делает ход на поле, примыкающее к полю внутреннего, но не расположенное на краю доски.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента и четвертый antecedент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные antecedенты выделены указателем "программа". Уровень срабатывания приема равен 2.

14. Отвод слона за короля.

$$\forall_{abcde m p q r s u} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{диагзапреты}(a, b, e, m) \ \& \ \text{числолиний}(e, m) = 2 \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \& \\ \text{диаглиния}(m, q) \ \& \ \text{шахдиагональ}(e, m, -2, r) \ \& \ p \in q \ \& \ p \in r \ \& \\ \text{шахдиагональ}(p, m, -1, u) \ \& \ \text{шахпереход}(b, m, u, s) \ \& \\ \text{возмход}(a, b, s) \rightarrow \text{ход}(b, s))$$

Чужой одинокий король находится в области оттеснения двумя слонами, причем число диагональных линий между линией внутреннего слона и углом доски равно двум. Свой король занимает поле p , лежащее на пересечении главной диагонали с диагональю, примыкающей снаружи к линии внешнего слона. Внешний слон переводится на диагональ, примыкающую снаружи к диагонали своего короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента и четвертый antecedент идентифицируются с посылками задачи на исследование. Остальные antecedенты выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 3.

15. Защита слона королем.

$$\forall_{abcde k m p q r s} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, d) \ \& \\ \text{диагзапрет}(a, e, m) \ \& \ \text{числолиний}(e, m) = 2 \ \& \ \text{король}(a, c, p) \ \& \\ \text{диаглиния}(m, q) \ \& \ \text{шахдиагональ}(e, m, -2, r) \ \& \ p \in q \ \& \ p \in r \ \& \\ \text{шахдиагональ}(e, m, -1, k) \ \& \ \text{слон}(a, c, b) \ \& \ \neg(b \in k) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, p, s) \ \& \\ s \in k \ \& \ \text{соседнполя}(s, e) \ \& \ \text{возмход}(a, p, s) \rightarrow \text{ход}(p, s))$$

Чужой одинокий король расположен в области, ограниченной линией оттеснения слона, находящегося на поле e . Между этой линией и углом доски всего две диагональных линии, считая сам угол. Свой король находится на пересечении главной диагонали с диагональной линией, параллельной линии слона e и отстоящей от нее наружу на 2. Второй слон не находится на наружной диагонали, смежной с диагональю слона e . Свой король делает ход на поле этой наружной диагонали, смежное со слонем e . Обычно вслед за данным ходом возникает стандартная позиция, где срабатывает описанный выше прием "мат после шаха".

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

3.5.6 Пешечные окончания

1. Усмотрение пешечного окончания.

$$\forall_a (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{пешокончание}(a) \rightarrow \text{пешокончание}(a))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, второй - выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 0.

2. Усмотрение проходной пешки.

$$\forall_{abr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{пешокончание}(a) \ \& \ \text{пешка}(a, r, b) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, r) \rightarrow \text{прохпешка}(a, b, r))$$

$$\forall_{abr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{пешокончание}(a) \ \& \ \text{пешка}(a, \neg r, b) \ \& \ \text{прохпешка}(a, \neg b, r) \rightarrow \text{прохпешка}(a, b, \neg r))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последние два - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

3. Усмотрение хода короля, направленного к чужой проходной пешке.

$$\forall_{abcghinpsA}(\text{текцвет}(a, \neg n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ g = \text{вертиклин}(b) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \max(\text{числополей}(c, h), \text{линрасст}(c, b, h)) \leq \text{числополей}(b, h) + 1 \ \& \ A = \text{set}_x(\text{ходфигуры}(a, c, x) \ \& \ \text{числополей}(x, h) \leq \text{числополей}(b, h) \ \& \ (\neg(\text{вертиклин}(c) = g) \ \vee \ \text{вертиклин}(x) = g)) \ \& \ \text{следполе}(b, h, i) \ \& \ p \in A \ \& \ (p = b \ \vee \ \neg(\exists_y(y \in A \ \& \ \text{шахрасст}(y, i) < \text{шахрасст}(p, i)))) \rightarrow \text{смход}(s, c, p) \ \& \ \text{атакапешки}(a, s, b))$$

Усматривается чужая проходная пешка. Проверяется, что свой король может ее догнать, и выделяется для дальнейших рассмотрений ход, максимально приближающий его к следующему полю чужой проходной пешки, либо ход взятия этой пешки королем. Заметим, что приемы окончательного выбора хода, в том числе с учетом проходных пешек, будут приведены ниже в специальном разделе.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Заметим, что специальные комментарии блокируют повторное срабатывание как данного, так и нижеследующих приемов, так что ход каждого типа выбирается лишь один. Уровень срабатывания равен 2.

4. Выбор хода проходной пешки, не достигаемой для чужого короля.

$$\forall_{abcghmps}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ g = \text{вертиклин}(b) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(b, h) < \max(\text{числополей}(c, h), \text{линрасст}(c, b, h)) \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \rightarrow \text{смход}(s, b, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Усматривается, что своя проходная пешка не достигаема для чужого короля. Выбирается для дальнейшего рассмотрения ход этой пешкой.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

5. Свой король выбирает кратчайший путь к критическому полю своей проходной пешки, к которому он может прийти с опережением чужого короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdghnps} (\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, -n, c) \ \& \\ & \text{король}(a, n, d) \ \& \ g = \text{вертиклин}(b) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \\ & \max(\text{числополей}(c, h), \text{линрасст}(c, b, h)) \leq \text{числополей}(b, h) \ \& \\ & \neg(\text{критичполе}(b, n, d)) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, p) \ \& \ \text{возмход}(a, d, p) \ \& \\ & \exists_x (\text{критичполе}(b, n, x) \ \& \ 2 \leq \text{шахрасст}(c, x) - \text{шахрасст}(p, x) \ \& \\ & \neg(\exists_{yz} (\text{ходфигуры}(a, d, y) \ \& \ \text{возмход}(a, d, y) \ \& \ \text{критичполе}(b, n, z) \ \& \\ & \text{шахрасст}(y, z) < \text{шахрасст}(p, x))) \ \& \ (\neg(\text{шахрасст}(b, c) = 1) \ \vee \\ & \text{шахрасст}(b, p) = 1) \rightarrow \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b)) \end{aligned}$$

Чужой король может догнать проходную пешку противоположного цвета, находящуюся на поле b . Свой король находится на поле d , не являющемся критическим для пешки b . Рассматривается его ход на такое поле p , что существует критическое поле x пешки b , к которому он может перейти с поля p хотя бы на 2 хода раньше, чем чужой король. При этом отсутствует ход своего короля на поле, от которого возможно перейти к какому-либо критическому полю пешки b за меньшее число ходов. Либо пешка b не атакована чужим королем, либо она становится защищенной после хода своего короля на поле p .

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

6. Продвижение вперед своей проходной пешки, если свой король находится на критическом поле.

- (a) Поля своей пешки и своего короля не смежны. Поле на два хода вперед от своего короля не смежно с полем чужого короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdhnpqs} (\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, -n, c) \ \& \\ & \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{критичполе}(b, n, d) \ \& \\ & \text{шахрасст}(b, d) = 2 \ \& \ \text{Следполе}(d, h, 2, q) \ \& \ \neg(\text{шахрасст}(c, q) = 1) \ \& \\ & \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \rightarrow \text{смход}(s, b, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b)) \end{aligned}$$

Если в указанной ситуации пешка может сделать ход вперед, то этот ход вводится в рассмотрение.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

- (b) Свой король и пешка находятся на соседних вертикалях. Пешке остается не более трех полей вверх, а своему королю - не более одного.

$$\begin{aligned} & \forall_{abdhnpqs} (\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, n, d) \ \& \\ & h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{линрасст}(b, d, h) = 1 \ \& \ \text{числополей}(b, h) \leq 3 \ \& \\ & \text{числополей}(d, h) \leq 1 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \rightarrow \\ & \text{смход}(s, b, p) \ \& \ \text{продвпешка}(a, s, b)) \end{aligned}$$

Если в указанной ситуации пешка может сделать ход вперед, то этот ход вводится в рассмотрение.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

- (с) Свой король ушел вверх от своей пешки не менее чем на три хода, причем находится с ней на одной либо на смежных вертикалях. Чужой король находится не ниже своего короля.

$$\forall_{abcdhnps}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{линрасст}(b, d, h) \leq 1 \ \& \\ \text{шахобласть}(b, h, 3, d) \ \& \ \text{шахобласть}(d, h, 0, c) \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \\ \text{возмход}(a, b, p) \rightarrow \text{смход}(s, b, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Если в указанной ситуации пешка может сделать ход вперед, то этот ход вводится в рассмотрение.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

- (d) Поле на два хода вперед от своего короля занято чужим королем. Своя пешка находится на той же горизонтали, что и свой король.

$$\forall_{abcdhnpqrs}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{шахлиния}(d, h, 0, q) \ \& \ b \in q \ \& \\ \text{Следполе}(d, h, 2, r) \ \& \ r = c \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \rightarrow \\ \text{смход}(s, b, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Если в указанной ситуации пешка может сделать ход вперед, то этот ход вводится в рассмотрение.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

7. Продвижение вперед короля, уже занимающего критическое поле проходной пешки.

$$\forall_{abcdhnpqrs}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{напрполе}(b, h, d) \ \& \\ \text{шахрасст}(b, d) = 2 \ \& \ \text{Следполе}(d, h, 2, q) \ \& \ \text{шахрасст}(c, q) = 1 \ \& \\ \text{шахлиния}(d, h, 1, r) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, p) \ \& \ p \in r \ \& \ \text{возмход}(a, d, p) \rightarrow \\ \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Свой король находится на два поля впереди своей проходной пешки. Чужой король контролирует поле, расположенное на два хода впереди поля своего короля. Для хода своего короля выбирается поле, находящееся на горизонтали, расположенной на одно поле впереди него.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdhnpqrs}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{шахрасст}(b, d) = 1 \ \& \\ \text{шахлиния}(b, h, 1, q) \ \& \ d \in q \ \& \ \text{шахлиния}(b, h, 2, r) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, p) \ \& \\ p \in r \ \& \ \text{линрасст}(p, b, h) \leq 1 \ \& \ 1 < \text{шахрасст}(b, c) \ \& \ \text{возмход}(a, d, p) \rightarrow \\ \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Свой король находится на горизонтали, расположенной на одно поле впереди своей проходной пешки, причем защищает эту пешку. Для его хода выбирается поле p на горизонтали, расположенной еще на одно поле вперед. Это поле

не более чем на единицу уклоняется вправо либо влево от вертикали пешки. Предварительно проверяется, что пешка не атакована чужим королем.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

8. Продвижение своего короля вслед за своей пешкой.

$$\forall_{abcdhnp}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(b, h) < \text{числополей}(d, h) \ \& \ \text{следполе}(d, h, p) \ \& \ \text{шахрасст}(b, p) = 1 \ \& \ \text{возмход}(a, d, p) \rightarrow \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Своя проходная пешка находится ближе к верхнему краю доски, чем свой король. Король делает ход на один шаг вперед вдоль своей вертикали и оказывается на поле, смежном с пешкой.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

9. Ход королем в сторону, чтобы открыть продвижение своей пешке.

$$\forall_{abcdhnp}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{следполе}(b, h, d) \ \& \ \text{шахлиния}(d, h, 0, q) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, p) \ \& \ p \in q \ \& \ \text{возмход}(a, d, p) \rightarrow \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Свой король находится на одно поле впереди своей проходной пешки. Выбирается его ход влево либо вправо.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

10. Создание ближней оппозиции нападающей стороной.

$$\forall_{abcdhnp}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{напрполе}(b, h, c) \ \& \ (\text{шахрасст}(b, c) = 3 \vee \text{шахрасст}(b, c) = 4) \ \& \ \text{следполе}(c, h, -2, p) \ \& \ \text{шахрасст}(d, p) = 1 \ \& \ \text{возмход}(a, d, p) \rightarrow \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Чужой король находится на вертикали своей проходной пешки, на три либо четыре поля впереди нее. Свой король выбирает ход на поле, расположенное на той же вертикали, ниже чужого короля на два хода.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

$$\forall_{abcdhnp}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(c, h) \leq \text{числополей}(b, h) \ \& \ \text{следполе}(c, h, -2, p) \ \& \ \text{шахрасст}(d, p) = 1 \ \& \ \text{возмход}(a, d, p) \rightarrow \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Чужой король находится от верхнего края доски не дальше, чем своя проходная пешка. Выбирается ход своего короля на поле, расположенное на вертикали чужого короля, двумя полями ниже его.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "неизбпотеря(a, b)". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

11. Продвижение проходной пешки на защищенную позицию.

$$\forall_{abcdhmps}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{шахрасст}(c, b) = 1 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \\ \text{шахрасст}(d, p) = 1 \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \rightarrow \text{смход}(s, b, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Чужой король атакует проходную пешку. Она делает ход вперед и оказывается защищена своим королем.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdhmps}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \\ \text{шахрасст}(d, p) = 1 \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \rightarrow \text{смход}(s, b, p) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b))$$

Аналогично предыдущему, но не требуется, чтобы чужой король атаковал пешку. При этом отсутствует посылка вида "продвпешки(...)", т.е. не усмотрены другие важные для продвижения пешки ходы. Уровень срабатывания равен 4.

12. Создание ближней оппозиции защищающейся стороной.

$$\forall_{abcdfghns}(\text{текцвет}(a, \neg n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{шахлиния}(b, h, 0, f) \ \& \ d \in f \ \& \\ \text{шахрасст}(d, b) = 1 \ \& \ \text{следполе}(d, h, 2, g) \ \& \ \text{шахрасст}(g, c) = 1 \ \& \\ \text{возмход}(a, c, g) \rightarrow \text{смход}(s, c, g) \ \& \ \text{атакапешки}(a, s, b))$$

Чужой король находится на одной горизонтали с чужой проходной пешкой и защищает ее. Свой король делает ход на поле, расположенное на две клетки ниже поля чужого короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Указатель "подтерм" определяет вычисление значения $\neg n$ перед идентификацией первого антецедента. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

13. Перевод защищающегося короля на поле перед чужой пешкой.

$$\forall_{abcdhns}(\text{текцвет}(a, \neg n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{следполе}(b, h, d) \ \& \ \text{шахрасст}(d, c) = 1 \ \& \\ \text{возмход}(a, c, d) \rightarrow \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{атакапешки}(a, s, b))$$

Свой король делает ход на поле, расположенное непосредственно после чужой проходной пешки (т.е. под ней).

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

14. Отступление королем перед чужой проходной пешкой.

$$\forall_{abcdhns}(\text{текцвет}(a, \neg n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{следполе}(b, h, c) \ \& \ \text{следполе}(c, h, d) \ \& \\ \text{возмход}(a, c, d) \rightarrow \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{атакапешки}(a, s, b))$$

Свой король находится на поле непосредственно под чужой проходной пешкой. Он делает ход на одну клетку вниз.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

15. Перевод защищающегося короля к угловому полю, если проходная пешка находится на крайней вертикали.

$$\forall_{abcdhns}(\text{текцвет}(a, \neg n) \ \& \ \text{прохпешка}(a, b, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \\ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{крайдоски}(b) \ \& \ \text{числополей}(c, h) \leq 1 \ \& \\ \text{ходфигуры}(a, c, d) \ \& \ \text{числополей}(d, h) = 0 \ \& \ \text{линрасст}(d, b, h) \leq 1 \ \& \\ \text{возмход}(a, c, d) \rightarrow \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{атакапешки}(a, s, b))$$

Чужая проходная пешка расположена на крайней вертикали. Свой король находится на нижней горизонтали либо на смежной с ней. Он делает ход на поле нижней горизонтали, находящееся на вертикали пешки либо на смежной вертикали.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

16. Жертва пешки для создания ближней оппозиции.

$$\forall_{abcdefghnsAB}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ \text{пешка}(a, n, b) \ \& \\ \text{король}(a, n, d) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \\ \text{следполе}(b, h, e) \ \& \ \text{шахрасст}(c, e) = 1 \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, e) \ \& \ \text{пешка}(a, n, f) \ \& \\ \text{прохпешка}(B, f, n) \ \& \ \text{Следполе}(b, h, -1, g) \ \& \ \text{возмход}(B, d, g) \rightarrow \\ \text{смход}(s, b, e) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, f))$$

Своя пешка поля b находится на предпоследней горизонтали. Следующее поле e контролируется чужим королем, который может взять пешку, если она сделает ход вперед. После этого взятия остается другая своя проходная пешка поля f . При этом свой король в полученной позиции может сделать ход на поле, расположенное непосредственно ниже поля b , создав таким образом оппозицию чужому королю. В итоге выбирается ход пешкой b вперед.

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с ссылкой задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

17. Продвижение своей пешки вдоль крайней вертикали.

$$\forall_{abcdeghnps}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{пешка}(a, \neg n, c) \ \& \ \text{пешка}(a, n, b) \ \& \\ \text{card}(\text{set}_x(\text{полефигуры}(a, n, x))) = 2 \ \& \ \text{король}(a, n, d) \ \& \\ g = \text{напрпешки}(\neg n) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(c, g) \leq 5 \ \& \\ \text{числополей}(b, g) = \text{числополей}(c, g) - 2 \ \& \ \text{крайдоски}(b) \ \& \\ \text{конецлинии}(b, g, e) \ \& \ \text{card}(\text{set}_x(\text{полефигуры}(a, \neg n, x))) = 2 \ \&$$

шахрасст(d, e) \leq числополей(c, g) & следполе(b, h, p) & возмход(a, b, p) \rightarrow
смход(s, b, p) & продвпешки(a, s, b))

У каждой стороны остались только одна пешка и один король. Пешки находятся на одной и той же крайней вертикали, причем своя пешка - ниже чужой на две клетки, а расстояние от чужой пешки до нижней горизонтали не более 5. Расстояние от своего короля до правого нижнего угла не более, чем расстояние до него от чужой пешки. Выбирается ход вперед своей пешкой.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

18. Усмотрение неизбежной потери проходной пешки.

$\forall abcdhm$ (текцвет(a, n) & король($a, -n, c$) & пешка(a, n, b) &
король(a, n, d) & $h =$ напрпешки(n) & числополей(b, h) = 1 &
следполе(b, h, c) & шахрасст(b, d) = 1 & \neg (следполе(d, h, b))) \rightarrow неизбпотеря(a, b))

Своя пешка расположена на предпоследней горизонтали, а непосредственно над ней находится чужой король. Свой король защищает пешку, но не расположен непосредственно под ней.

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

19. Ход своим королем в направлении своей проходной пешки.

$\forall abcdhmps$ (текцвет(a, n) & прохпешка(a, b, n) & король(a, n, d) &
 $h =$ напрпешки(n) & $1 <$ шахрасст(b, d) & ходфигуры(a, d, p) &
шахрасст(b, p) $<$ шахрасст(d, b) & возмход(a, d, p) \rightarrow
смход(s, d, p) & продвпешки(a, s, b))

Проходная пешка не защищена своим королем. Рассматривается ход, приближающий его к ней.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует такая посылка "продвпешки(a, X, Y)", для которой отсутствовала бы посылка "пат(a, X)". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 5.

3.5.7 Анализ взятия фигур

В этом разделе рассматриваются ходы непосредственного взятия чужой фигуры. Это - лишь предварительный анализ позиции. Более глубокий ее анализ будет выполняться приемами нижеследующих разделов.

1. Непосредственное усмотрение материального выигрыша.

$\forall abcdkmr$ (текпозиция(a) & текцвет(a, r) & полефигуры($a, -r, b$) &
атакует(a, c, b, d) & $b = d$ & ценазятия(a, c, d, k) & $0 < k \rightarrow$
выигрыш(a, m, k) & смход(m, c, d) & смвзятие(a, m))

Своя фигура поля s атакует фигуру поля b . Приводимый в конце раздела пакет продукций "ценавзятия" дает нижнюю оценку k итогового выигрыша при данном взятии. В действительности этот пакет анализирует лишь локальные размены на поле b , хотя и принимает во внимание возможные потери, истекающие из того, что своя фигура покинула поле s . Многоходовый анализ разменов пакетом не предпринимается, а учитываются лишь простейшие соображения. Так как оператор "ценавзятия" используется в очень многих приемах, усиление его привело бы к существенному замедлению. Те случаи, когда оператор мог бы ошибаться, выделяются по особым признакам и анализируются дополнительно.

Хотя и усматривается, что некоторый ход m приводит к непосредственному выигрышу, это не означает, что он будет выбран. Однако, его учет может оказаться полезным при анализе другого хода n . Именно, при рассмотрении ответных ходов на ход n , целесообразно держать в поле зрения ход m для оценки таких ходов. Для этого и вводится дополнительная посылка "смвзятие(a, m)". Она будет использоваться приемами дальнейших разделов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует тройка посылок вида "смХод(a, X, Y)", "смход(X, P, Q)", "шах(a, X, Z)", так как анализ шаха предпринимается другими приемами. Прием вводит новую переменную m . Уровень срабатывания равен 3. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 6. В ней отсутствует требование про шах.

- Отбрасывание материального выигрыша, если с другой фигурой связана равноценная потеря.

$$\forall_{abkmnpqrstuAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, u) \ \& \ \text{смход}(p, q, r) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, q, r) \ \& \ \text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{атакует}(A, s, b, t) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, s, b, n) \ \& \\ 0 \leq n \ \& \ B = \text{Ход}(A, s, b) \ \& \ \neg(\text{мат}(B, u)) \rightarrow \text{выигрыш}(a, p, m))$$

Если усмотрен выигрыш в m единиц после хода p , но усмотрена также потеря на поле b , то рассматривается позиция A после хода p . В этой позиции усматривается атака фигуры поля b , приводящая к потере n , не меньшей, чем выигрыш m . После взятия фигуры поля b не усматривается возможность поставить мат в один ход чужому королю. Тогда посылка относительно выигрыша отбрасывается (заменяется на константу "истина").

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три antecedента и пятый antecedент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылка "учетпотерь(a, p)", означающая, что при определении выигрыша для хода p учтены посылки "потеря", и посылка "защход(a, p, b)", означающая, что ход p приводит к защите фигуры b . Уровень срабатывания равен 4.

- Усмотрение потери после хода, дающего материальный выигрыш.

$$\forall_{abcdefmpqrstuvA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \\ b = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{вскрнападение}(b, d, p, q, r) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{текцвет}(a, m) \\ \ \& \ \text{король}(A, m, t) \ \& \ \text{ценаполя}(b, p) < \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ \text{атакует}(A, q, t, u) \ \&$$

наименьший($v, \text{set}_x(x = 100 \vee \exists_{jyzB}(\text{полефигуры}(A, m, y) \& \text{ходфигуры}(A, y, z) \& B = \text{Ход}(A, y, z) \& \text{ценазащиты}(B, d, j) \& x = -j - \text{ценаполя}(A, z))) \& \text{ценаполя}(a, d) < v \rightarrow \text{следпроигрыш}(a, s)$)

Был усмотрен материальный выигрыш после хода s с поля c на поле d . Если этот ход сделать, то ответный ход с поля p на поле q дает шах своему королю и одновременно открывает нападение фигуры поля r на свою фигуру поля d . Ценность фигуры, сделавшей ответный ход, меньше ценности фигуры, сделавшей ход s . Рассматривается позиция A , полученная после хода s и ответного хода. Для нее находится наименьшая по всем своим ходам потеря v на поле d , с учетом возможного взятия этими ходами чужих фигур. Если эта потеря больше ценности фигуры, которая была взята ходом s , то вводится посылка "следпроигрыш(a, s)".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

4. Усмотрение непосредственного материального выигрыша при угрозе мата.

$\forall_{abfghikpstA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, b) \& \text{услугрмат}(a, p, s) \& \text{полефигуры}(a, b, f) \& \text{атакует}(a, f, g, h) \& A = \text{Ход}(a, f, g) \& \text{атакует}(A, p, g, i) \& k = \text{ценаполя}(a, g) \& \neg(\exists_{xyB}(\text{атакует}(A, x, g, y) \& B = \text{Ход}(A, x, g) \& \neg(\text{мат}(B, b)))) \rightarrow \text{смход}(t, f, g) \& \text{выигрыш}(a, t, k)$)

Посылка "услугрмат" указывает, что если удалить чужую фигуру поля p , то ход s приводит к мату чужому королю. Рассматривается ход взятия своей фигурой поля f чужой фигуры поля g . После этого хода фигура поля p атакует фигуру поля g , но любой ответный ход взятия фигуры поля g приводит к мату чужому королю. В этой ситуации выводится посылка, указывающая, что ход s на g дает выигрыш, равный ценности взятой фигуры.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 4.

$\forall_{abcdefghimnstAB}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, b) \& \text{король}(a, \neg b, c) \& \text{нападение}(a, c, d, e) \& A = \text{Ход}(a, d, e) \& \text{атакует}(A, f, e, g) \& \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \& \neg(x = f))) \& \text{атакует}(a, h, f, i) \& B = \text{Ход}(a, h, f) \& \text{мат}(B, b) \& \text{наибольший}(n, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{jkcC}(\text{полефигуры}(B, \neg b, j) \& \text{атакует}(B, j, p, k) \& C = \text{Ход}(B, j, p) \& \text{ценавзятия}(B, j, p, y) \& 0 < y \& \neg(\text{мат}(C, b)))) \& m = \text{ценаполя}(a, f) - n \& 0 < m \rightarrow \text{смход}(s, h, f) \& \text{выигрыш}(a, s, m) \& \text{учетпотерь}(a, s)$)

Ход с поля d на поле e в текущей позиции дает шах чужому королю, однако после него фигура поля e оказывается атакована единственной чужой фигурой поля f . Рассматривается ход s , осуществляющий в текущей позиции взятие фигуры f своей фигурой поля h . Если в возникающей после такого хода позиции B ход имели бы свои фигуры, то чужой король получил бы мат в один ход. Находится наибольший выигрыш n чужих фигур в позиции B после хода, не

приводящего к мату для них. Если цена фигуры, взятой на поле f , больше этого выигрыша, то выводятся посылки, указывающие, что ход s дает выигрыш, причем учтены потери ответного взятия.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

5. Усмотрение материального выигрыша после завлекающего хода.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdeknrswA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{атакует}(a, d, c, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, n) \ \& \ n < 0 \ \& \\ & \text{ценазавлечения}(A, c, \text{ценаполя}(a, c), k) \ \& \ 0 < k \ \& \\ & \text{наибольший}(r, \text{set}_x(x = 0 \ \vee \ \exists_{luv}(\text{полефигуры}(A, b, v) \ \& \ \text{атакует}(A, l, v, u) \ \& \\ & \neg(c = v) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, l, v, x)))) \ \& \ r < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \\ & w = \min(\text{ценаполя}(a, c) - r, k) \ \& \ 0 < w \ \& \ \neg(\exists_{mpqtYB}(\text{полефигуры}(A, \neg b, m) \ \& \\ & p = \text{ценаполя}(A, m) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) \leq p \ \& \ \text{атакует}(A, m, q, t) \ \& \\ & \text{ценаполя}(A, q) = p \ \& \ \neg(q = c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, m, q) \ \& \\ & \text{ценазавлечения}(B, c, \text{ценаполя}(a, c), y) \ \& \ y = 0)) \rightarrow \\ & \text{смход}(s, d, c) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, w)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля d атакует чужую фигуру поля c , причем после взятия возникает позиция A , в которой размены на поле c дают отрицательный материальный выигрыш n (без учета ценности взятой фигуры). Однако, оператор "ценазавлечения", выполняющий дополнительный анализ (его приемы приводятся ниже) определяет положительную оценку k материального выигрыша в позиции A по всем ответным ходам, при которых происходит взятие фигуры c . В этой оценке учитывается ценность исходной взятой фигуры, причем если результат превосходит ее, то выдается лишь данная ценность. Наибольший выигрыш r противника по всем его взятиям фигур, отличных от c , меньше ценности исходной взятой фигуры. Отсутствует фигура противника, не менее ценная, чем фигура d , которая могла бы взять в позиции A равноценную фигуру, и после этого оператор "ценазавлечения" выдал бы уже нулевую оценку. Тогда в качестве оценки материального выигрыша от хода фигурой d берется минимум из k и разности ценности взятой фигуры и r .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "Выигрыш(C, D, E)", где E больше единицы. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 6.

6. Взятие, подготавливающее шах со вскрытым нападением.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghmnpqAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{выигрыш}(a, b, n) \ \& \\ & \text{смход}(b, d, e) \ \& \ \text{король}(a, \neg c, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{нападение}(A, f, g, h) \ \& \\ & \text{блокатаки}(A, g, p, q) \ \& \ e = p \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, q, m) \ \& \\ & m < 0 \rightarrow \text{вскршах}(a, b, g, q)) \end{aligned}$$

Происходит дополнительная характеристика хода b , дающего материальный выигрыш n . После этого хода возникает такая позиция A в которой (без учета ответного хода противника) возможен шах чужому королю, сопровождающийся

вскрытым нападением фигуры, сделавшей ход b , на некоторую другую фигуру, причем это вскрытое нападение приводит к выигрышу. Выводится посылка "вскршах(a, b, g, q)", которая будет использована приемом, отбрасывающим равноценный выигрышный ход, не имеющий данной характеристики.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 6.

7. Анализ размена фигур.

Исчерпывающий анализ всех вариантов размена нетрудно реализовать на ГЕНОЛОГе, однако он имеет ярко выраженный переборный характер и приводит к существенному замедлению. Более экономным оказалось создание серии приемов, ориентированных на специальные случаи разменов. Для типичных случаев их вполне достаточно, а для редко встречающихся особых ситуаций эту серию можно дополнить. Ниже приводятся как приемы, относящиеся к усмотрению выигрыша при разменах, так и приемы, усматривающие потери своих фигур, которые имели бы место, если пропустить свой ход.

(а) Выделение точек анализа размена фигур.

$$\forall_{abcdrA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{полефигуры}(a, r, b) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ b = d \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \exists_{ps}(\text{атакует}(A, p, b, s)) \ \& \ \exists_q(\text{защищает}(A, b, q)) \rightarrow \text{размен}(a, b))$$

Отбираются ходы взятия своей фигуры чужой фигурой, после которых сделавшая ход фигура оказывается как атакована, так и защищена. Таким образом выделяются точки анализа возможных потерь.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg r, b) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ b = d \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \exists_{ps}(\text{атакует}(A, p, b, s)) \ \& \ \exists_q(\text{защищает}(A, b, q)) \rightarrow \text{размен}(a, b))$$

Чужая фигура поля b атакована своей фигурой поля c , ценность которой не менее ценности фигуры b . После взятия фигуры b возникает позиция, в которой своя фигура поля b как атакована, так и защищена. Таким образом выделяются точки анализа возможных выигрышей.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

(б) Перечисление точек защиты либо нападения.

Выводятся посылки "Атакует(...)", "Защищает(...)", явно указывающие все фигуры, защищающие либо атакующие фигуру на поле разменов - непосредственно либо сквозным образом. Такие посылки используются рядом других приемов.

$$\forall_{abcd}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \rightarrow \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset))$$

$$\forall_{abc}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{защищает}(a, b,) \rightarrow \text{Защищает}(a, c, b, \emptyset))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой, второй - выделен указателем "программа". Указатель "цикл(2)" играет роль ускорителя: без выхода в сканирование задачи сначала выводятся все возможные следствия, определяемые перечисляющим вторым антецедентом, и лишь затем осуществляется выход в сканирование задачи. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcde}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{Атакует}(a, c, b, d) \ \& \ \text{сквознатака}(a, b, c, e) \rightarrow \text{Атакует}(a, e, b, \{c\} \cup d))$$

$$\forall_{abcde}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{Атакует}(a, c, b, d) \ \& \ \text{сквознзащита}(a, b, c, e) \rightarrow \text{Защищает}(a, e, b, \{c\} \cup d))$$

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий - выделен указателем "программа". Указатель "вариант" разрешает замену заголовка второго антецедента на "Защищает". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abce}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{король}(a, \neg e, c) \ \& \ \text{соседполя}(b, c) \rightarrow \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset))$$

Этот прием понадобился из-за того, что король не рассматривается оператором "атакует" как атакующая фигура, если смежная с ним фигура защищена.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, третий и четвертый - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

- (с) Чужая фигура защищена одной фигурой, а атакована несколькими.

$$\forall_{abcdehkmnp}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = \neg p \ \& \ \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset) \ \& \ \text{Защищает}(a, d, b, \emptyset) \ \& \ \text{Атакует}(a, e, b, \emptyset) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{связход}(a, c, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{связход}(a, e, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(a, e) \ \& \ n = \text{ценаполя}(a, c) - \text{ценаполя}(a, d) \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, b) - (0 \text{ при } n \leq 0, \text{ иначе } n) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{выигрыш}(a, h, k) \ \& \ \text{смход}(h, c, b))$$

Чужая фигура поля b защищена только фигурой поля d , а атакована фигурами полей c, e . Ход этими фигурами на поле b не приводит к потерям фигур, ранее ими защищавшимися или загораживаемыми. Ценность фигуры e не менее ценности фигуры c . Определяется разность n ценностей фигур c и d . Если она положительна, то при определении выигрыша вычитается из ценности фигуры b . Заметим, что прием может срабатывать неоднократно, для разных пар c, e . Дополнительный прием будет отбрасывать меньшие варианты оценки. Такое же замечание относится к приводимым ниже приемам оценки потерь.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и антецеденты с четвертого по шестой идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "Защищает(a, u, b, v)", у которой u отлично от d . Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdehkmnp}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = \neg p \ \& \\ & \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset) \ \& \ \text{Защищает}(a, d, b, \emptyset) \ \& \ \text{Атакует}(a, e, b, \{c\}) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{связход}(a, c, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{связход}(a, e, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \\ & n = \text{ценаполя}(a, c) - \text{ценаполя}(a, d) \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, b) - \\ & (0 \text{ при } n \leq 0, \text{ иначе } n) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{выигрыш}(a, h, k) \ \& \ \text{смход}(h, c, b)) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему, но фигура e осуществляет сквозную атаку через фигуру c , и сравнение ценностей фигур c, e не производится.

- (d) Своя фигура защищена одной фигурой, а атакована несколькими.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdekmpnrAB}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = p \ \& \\ & \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset) \ \& \ \text{Защищает}(a, d, b, \emptyset) \ \& \ \text{Атакует}(a, e, b, \emptyset) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{связход}(a, c, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, d, b) \ \& \\ & \text{связход}(B, e, b, r) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(a, e) \ \& \\ & n = r + \text{ценаполя}(a, c) - \text{ценаполя}(a, d) \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, b) - \\ & (0 \text{ при } n \leq 0, \text{ иначе } n) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{потеря}(a, b, k)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля b защищена только фигурой поля d , а атакована фигурами полей c, e . Цена фигуры c не превосходит цены фигуры e . Ход фигурой c на поле b не приводит к потерям ранее защищавшихся или загораживаемых ей фигур. Рассматривается позиция B , возникшая после взятия фигуры b фигурой c и последующего взятия фигуры b фигурой d . Определяются потери r фигур, ранее защищавшихся либо загораживаемых фигурой e после хода ею в позиции B на поле b . Вычисляется оценка n выигрыша при продолжении разменов на поле b . Если он положителен, то при определении потерь вычитается из ценности фигуры b .

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdekmpnrAB}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = p \ \& \\ & \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset) \ \& \ \text{Защищает}(a, d, b, \emptyset) \ \& \ \text{Атакует}(a, e, b, \{c\}) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{связход}(a, c, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, d, b) \ \& \\ & \text{связход}(B, e, b, r) \ \& \ n = r + \text{ценаполя}(a, c) - \text{ценаполя}(a, d) \ \& \\ & k = \text{ценаполя}(a, b) - (0 \text{ при } n \leq 0, \text{ иначе } n) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{потеря}(a, b, k)) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему, но фигура e осуществляет сквозную атаку через фигуру c , и сравнение ценностей фигур c, e не производится.

- (e) Своя фигура защищена одной фигурой и королем, а атакована хотя бы тремя фигурами, из которых одна может быть связанной.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdekmpqrAB}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = p \ \& \\ & \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset) \ \& \ \text{Защищает}(a, d, b, \emptyset) \ \& \ \text{Атакует}(a, e, b, \{c\}) \ \& \\ & \text{Защищает}(a, q, b, \emptyset) \ \& \ \text{шахфигура}(a, q) = \text{король} \ \& \\ & \exists_u(\text{Контролирует}(a, b, p, u) \ \& \ \neg(u = c) \ \& \ \neg(u = e)) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{связход}(a, c, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, d, b) \ \& \\ & \text{связход}(B, e, b, r) \ \& \ n = r + \text{ценаполя}(a, c) - \text{ценаполя}(a, d) \ \& \\ & k = \text{ценаполя}(a, b) - (0 \text{ при } n \leq 0, \text{ иначе } n) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{потеря}(a, b, k)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля b защищена только фигурой поля d и королем поля q , а атакована фигурами полей c, e , причем фигурой поля e - сквозным образом через поле c . Существует еще одна чужая фигура, быть может, связанная, контролирующая поле b . Ход фигурой c на поле b не приводит к потерям

ранее защищавшихся или загораживаемых ей фигур. Рассматривается позиция B , возникшая после взятия фигуры b фигурой c и последующего взятия фигуры b фигурой d . Определяются потери r фигур, ранее защищавшихся либо загораживаемых фигурой e после хода ею в позиции B на поле b . Вычисляется оценка n выигрыша при продолжении разменов на поле b . Если он положителен, то при определении потерь вычитается из ценности фигуры b .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и антецеденты с четвертого по седьмой идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "Защищает(a, u, b, v)", у которой u отлично от d, q . Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdeknprABC}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = p \ \& \\ & \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset) \ \& \ \text{Защищает}(a, d, b, \emptyset) \ \& \ \text{Атакует}(a, e, b, \{c\}) \ \& \\ & \text{Защищает}(a, q, b, \emptyset) \ \& \ \text{шахфигура}(a, q) = \text{король} \ \& \\ & \exists_u(\text{Контролирует}(a, b, p, u) \ \& \ \neg(u = c) \ \& \ \neg(u = e)) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{связход}(a, c, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, d, b) \ \& \\ & \text{связход}(B, e, b, r) \ \& \ n = r + \text{ценаполя}(a, c) - \text{ценаполя}(a, d) \ \& \\ & k = \text{ценаполя}(a, b) - (0 \text{ при } n \leq 0, \text{ иначе } n) \ \& \ 0 < k \ \& \ C = \text{Ход}(B, e, b) \ \& \\ & \exists_{y,z}(\text{атакует}(C, y, q, z)) \rightarrow \text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{шахпотеря}(a, b) \end{aligned}$$

В дополнение к действиям предыдущего приема, проверяется, что после взятия фигурой поля e фигуры поля b свой король оказывается под шахом. Так как каждый из двух приемов на первых же шагах вводит комментарий, блокирующий попытку повторного применения любого из этих приемов, то важен порядок срабатывания: попытка применения второго приема должна предшествовать попытке применения первого. Соответственно, компиляция первого приема должна осуществляться после компиляции второго.

Схема идентификации и уровень срабатывания второго приема - такие же, как у первого.

- (f) Своя фигура защищена сквозным образом двумя фигурами, а атакована сквозным образом тремя.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefiknpsAB}(\text{размен}(a, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = p \ \& \\ & \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset) \ \& \ \text{Защищает}(a, d, b, \emptyset) \ \& \ \text{Защищает}(a, f, b, \{d\}) \ \& \\ & \text{Атакует}(a, e, b, \{c\}) \ \& \ \text{Атакует}(a, s, b, \{c, e\}) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{связход}(a, c, b, x) \ \& \\ & 0 < x)) \ \& \ n = \text{ценаполя}(a, b) + \text{ценаполя}(a, d) - \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ 0 < n \ \& \\ & k = n + \text{ценаполя}(a, f) - \text{ценаполя}(a, e) \ \& \ 0 < k \ \& \ A = \text{Ход}(\text{Ход}(a, c, b), d, b) \\ & \ \& \ \neg(\exists_x(\text{связход}(A, e, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ B = \text{Ход}(\text{Ход}(A, e, b), f, b) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{связход}(A, s, b, x) \ \& \ 0 < x)) \ \& \ i = \min(\text{ценаполя}(a, b), n, k) \ \& \\ & 0 < i \rightarrow \text{потеря}(a, b, i) \end{aligned}$$

Своя фигура поля b защищена только фигурой поля d , а также сквозным образом через d - фигурой поля f . Она атакована фигурой поля c , сквозным образом через поле c - фигурой поля e , и сквозным образом через c, e - фигурой поля s . Ход фигурой c на поле b не приводит к потерям ранее защищавшихся или загораживаемых ей фигур. Вычисляются потеря n при первом размене фигур и потеря k при двух разменах. Проверяется, что ходы атакующих фигур не приводят к потерям ранее защищавшихся или

загораживаемых ими фигур. В качестве оценки потери берется минимум ценности фигуры b , а также величин n, k .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и антецеденты с четвертого по восьмой идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "Защищает(a, u, b, v)", у которой u отлично от d, f . Уровень срабатывания равен 3.

(g) Размен атакуемой фигуры для последующего выигрыша.

$$\forall_{abcdemnpqrsuvA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, s) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \\ \text{полефигуры}(a, s, c) \ \& \ \text{атакует}(a, c, d, e) \ \& \ \text{ценавзятия}(a, c, d, m) \ \& \\ 0 < m \ \& \ m \leq n \ \& \ \text{атакует}(a, b, p, q) \ \& \ \text{ценаполя}(a, b) = \text{ценаполя}(a, p) \ \& \\ m < \text{ценаполя}(a, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \text{наибольший}(u, \text{set}_y(y = -m \ \vee \\ \exists_{ijB}(\text{атакует}(A, i, p, j) \ \& \ B = \text{Ход}(A, i, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, y)))) \ \& \\ u < 0 \ \& \ v = -u \rightarrow \text{выигрыш}(a, r, v) \ \& \ \text{смход}(r, b, p))$$

При разменах на поле b , занятом своей фигурой, усмотрена оценка материальных потерь в n единиц. Другая своя фигура поля c атакует фигуру поля d , причем оценка выигрыша при этом взятии равна m , положительна и не превосходит n . Фигура поля b атакует равноценную фигуру поля p , ценность которой больше m . Рассматривается ход r с поля b на p , и оценивается наименьшая потеря v противника на поле d по всем ответным ходам, берущим фигуру поля p , а также для случая, когда вместо такого взятия реализуются непосредственные размены на поле d . Фактически здесь сначала определяется максимум u оценок с обратными знаками.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "выигрыш", а также еще одна посылка с заголовком "потеря". Прием вводит новую переменную r . Уровень срабатывания равен 4.

8. Специальные случаи взятия.

В особых случаях требуется более детальный анализ разменов. Сначала такие случаи выделяются приемами, создающими посылки "Шахвзятие", инициирующие дополнительный анализ. Затем срабатывают приемы, вводящие в рассмотрение ответные ходы, далее - приемы, оценивающие выигрыш для каждого из ответных ходов, и наконец - прием, определяющий окончательный выигрыш.

(a) Взятие чужой фигуры для освобождения поля, с которого делается вилка.

$$\forall_{abcdefgghjmnpsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, p, c) \ \& \\ \text{шахфигура} \in \{\text{слон, ладья, ферзь, конь}\} \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, e) \ \& \\ \text{ценавзятия}(a, c, b, n) \ \& \ n = 0 \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \\ \text{защищает}(a, c, d) \ \& \ \text{возмход}(A, d, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, d, c) \ \& \\ \text{ценазащиты}(B, c, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{атакует}(B, c, f, g) \ \& \ \text{атакует}(B, c, h, j) \ \& \\ \neg(f = h) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(B, f) \ \& \\ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(B, h) \rightarrow \text{смход}(s, c, b) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \\ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{угрвилки}(A, d, c, f, h))$$

Своя фигура поля c , отличная от пешки и короля, атакует чужую фигуру поля b , отличную от пешки, причем взятие ее не приводит к выигрышу

(заметим, что нулевое значение оценки оператора "ценовзятия" включает в себя не только равноценный размен, но и материальную потерю). Другая своя фигура поля d защищала фигуру c , и после взятия фигурой c фигуры b становится возможен ход фигуры d на безопасное для нее поле c . После этого хода фигура поля c делает вилку, атакуя две фигуры полей f, h , не менее ценные, чем исходная фигура поля c . Посылка "Шахвзятие(a, s)" инициирует более детальный анализ хода c на b .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Для блокировки повторных срабатываний служит комментарий (Шахвзятие c b). Прием вводит новую переменную s . Указатель "объект(A)" приводит к созданию комментария (текобъект \dots), сохраняющего обозначенную переменную A позицию для дальнейшего использования. Уровень срабатывания равен 4.

- (b) Взятие для завлечения под удар при угрозе шаха.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgimpsuwAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, p) \ \& \\ & \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(a, c, d, i) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(a, d) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{нападение}(A, p, e, f) \ \& \ \neg(\text{возмход}(a, e, f)) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ m \leq 0 \ \& \ u = \text{set}_x(\exists_y(\text{атакует}(A, x, d, y))) \ \& \\ & \text{card}u = 1 \ \& \ g \in u \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(A, g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, d) \ \& \\ & \text{защищает}(B, d, v) \ \& \ \text{контролирует}(B, f, \neg b, v) \ \rightarrow \\ & \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля c атакует фигуру поля d , отличную от пешки. После взятия ее становится возможен шах чужому королю при ходе с поля e , отличного от d , на поле f . Взятие фигуры d не приводит к выигрышу, причем единственная чужая фигура, атакующая d после взятия, расположена на поле g . Если она делает ход на поле d , то оказывается защищена фигурой поля v , контролирующей поле f . Таким образом, при продолжении разменов на поле d появляется возможность сделать шах.

Схема идентификации та же, что и выше. Дополнительно проверяется различие полей d, e . Уровень срабатывания равен 3.

- (c) Взятие для отвлечения фигуры, мешающей шаху со вскрытым нападением.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghimnpsuABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, p) \ \& \\ & \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(a, c, d, i) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(a, d) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ m \leq 0 \ \& \\ & u = \text{set}_x(\exists_y(\text{атакует}(A, x, d, y))) \ \& \ \text{card}u = 1 \ \& \ g \in u \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, d) \ \& \\ & \text{нападение}(B, p, e, f) \ \& \ \text{шахфигура}(B, e) \in \{\text{слон, ладья, ферзь}\} \ \& \\ & C = \text{Ход}(B, e, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, f, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{разделяет}(p, f, h) \ \& \\ & 1 < \text{ценаполя}(C, h) \ \& \ \neg(g = h) \ \& \ \text{защищает}(a, h, g) \ \& \\ & \neg(\text{защищает}(C, h, g)) \ \rightarrow \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \\ & \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля c атакует фигуру поля d , отличную от пешки. Взятие ее не приводит к выигрышу, причем единственная фигура, атакующая поле d после взятия - фигура поля g . Рассматривается позиция B после размена на поле d . В этой позиции возможен ход своей линейной фигурой поля e

на безопасное для нее поле f , приводящий к шаху чужому королю. После шаха чужой король оказывается отделяющим фигуру f от некоторой чужой фигуры поля h , которая была защищена в исходной позиции фигурой поля g , но теперь уже не защищена ею.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует пара посылок вида "смход(X, c, d)", "шах(a, X, Y)". Для блокировки повторных срабатываний служит комментарий (Шахвзятие $c d$). Прием вводит новую переменную s . Указатель "объект(A)" приводит к созданию комментария (текобъект . . .), сохраняющего обозначенную переменную A позицию для дальнейшего использования. Уровень срабатывания равен 3.

- (d) Взятие для отвлечения фигуры, загораживающей доступ к полю, с которого дается шах с вилкой.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijkmpsuABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, p) \ \& \\ & \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(a, c, d, i) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(a, d) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ m \leq 0 \ \& \\ & u = \text{set}_x(\exists_y(\text{атакует}(A, x, d, y))) \ \& \ \text{card}u = 1 \ \& \ g \in u \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, d) \ \& \\ & \text{нападение}(B, p, e, f) \ \& \ \text{шахфигура}(B, e) \in \{\text{слон, ладья, ферзь}\} \ \& \\ & \neg(\exists_{zv}(\text{нападение}(a, p, z, v) \ \& \ z = e)) \ \& \ C = \text{Ход}(B, e, f) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(C, f, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{атакует}(C, f, h, j) \ \& \ \neg(h = p) \ \& \\ & 1 < \text{ценаполя}(C, h) \ \& \ \text{ценавзятия}(C, f, h, k) \ \& \ 0 < k \rightarrow \\ & \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля c атакует фигуру поля d , отличную от пешки. Взятие ее не приводит к выигрышу, причем единственная фигура, атакующая поле d после взятия - фигура поля g . Рассматривается позиция B после размена на поле d . В этой позиции возможен ход своей линейной фигурой поля e на безопасное для нее поле f , приводящий к шаху чужому королю. В исходной позиции фигура e сделать шах не могла. После своего хода в позиции B фигура e оказывается атакующей не только короля, но некоторую отличную от пешки фигуру поля h . При этом размены на поле h дают положительный материальный выигрыш.

Схема идентификации и уровень срабатывания те же, что в предыдущем приеме.

- (e) Взятие фигуры, защищающей связываемую шахом фигуру.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghimnsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{шахсвязка}(A, c, e, f) \ \& \\ & \text{защищает}(a, f, g) \ \& \ \text{атакует}(a, h, g, i) \ \& \ B = \text{Ход}(a, h, g) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(B, g, m) \ \& \ n = m + \text{ценаполя}(a, g) \ \& \ n \leq 0 \ \& \\ & 0 < n + \text{ценаполя}(A, f) \rightarrow \text{смход}(s, h, g) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \\ & \text{смХод}(a, s, B) \ \& \ \text{текцвет}(B, \neg b)) \end{aligned}$$

Ход своей фигурой с поля d на поле e дает шах чужому королю. После шаха король оказывается в связке, заслоняя свою фигуру поля f от нападения фигуры e . Фигура f в исходной позиции защищена фигурой поля g , которую атакует фигура поля h . Размены на поле g не дают материального выигрыша, однако суммарный эффект от этих разменов и взятия фигуры поля f положителен. Для анализа выбирается ход с поля h на поле g .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Для блокировки повторных срабатываний служит комментарий (Шахвзятие h g). Прием вводит новую переменную s . Указатель "объект(B)" приводит к созданию комментария (текобъект . . .), сохраняющего обозначенную переменную B позицию для дальнейшего использования. Уровень срабатывания равен 3.

- (f) Взятие фигуры, способной разрушить шах с вилкой.

$$\forall_{abcdefghijklmnopqsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, r) \ \& \ 0 < r \ \& \ \text{атакует}(A, e, f, i) \ \& \ \neg(f = c) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, e, f, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{контрольполя}(A, \neg b, f, g, h) \ \& \ \text{возмход}(A, g, h) \ \& \ \text{атакует}(a, p, g, q) \ \& \ B = \text{Ход}(a, p, g) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, g, m) \ \& \ k = m + \text{ценаполя}(a, p) \ \& \ k \leq 0 \ \& \ 0 < k + n \rightarrow \text{смход}(s, p, g) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смХод}(a, s, B) \ \& \ \text{текцвет}(B, \neg b))$$

Ход своей фигурой с поля d на безопасное для нее поле e дает шах чужому королю. После данного хода возникает позиция A , в которой фигура поля e атакует некоторую отличную от короля фигуру поля f . Размены на поле f дают положительный материальный выигрыш n . Однако, ответный ход в позиции A с поля g на поле h приводит к защите фигуры f . Поэтому в исходной позиции рассматривается ход s взятия фигурой некоторого поля p фигуры поля g . Размены на поле g не дают материального выигрыша, однако суммарный их эффект с выигрышем n положителен.

Схема идентификации та же, что и выше. Уровень срабатывания равен 4.

- (g) Взятие фигуры, защищающей ценную фигуру.

$$\forall_{abcdefghijklmnopAs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, p, c) \ \& \ \text{шахфигура}(a, c) \in \{\text{слон, ладья, ферзь, конь}\} \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, m) \ \& \ k = m + \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ k \leq 0 \ \& \ \text{защищает}(a, d, b) \ \& \ \text{атакует}(A, f, d, g) \ \& \ \text{ценаполя}(A, d) > 1 \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) + k > 0 \ \& \ \neg(e = f) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, f, d, n) \ \& \ 0 < k + n \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(A, d, x) \ \& \ \neg(x = b))) \ \& \ \neg(\exists_{yzB}(\text{атакует}(A, y, b, z) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, b) \ \& \ \text{защищает}(B, d, b))) \rightarrow \text{смход}(s, c, b) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg p) \ \& \ \text{Сматака}(A, d))$$

Своя отличная от пешки и короля фигура поля c атакует фигуру поля b , причем размены на поле b не дают материального выигрыша. Фигура поля b в исходной позиции защищает фигуру d , отличную от пешки. Других фигур, защищающих d , нет. В позиции A , возникающей после взятия фигуры b фигурой c , некоторая своя фигура поля f , отличная от b , атакует фигуру d . Сумма ценности фигуры d и оценки k разменов на поле b , а также сумма k и оценки выигрыша при взятии в позиции A фигурой f фигуры d - положительны. Никакой ход взятия фигуры b в позиции A не приводит к защите делающей ход фигурой фигуры d . В итоге рассматривается ход взятия фигуры b фигурой c .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". От-

существует посылка вида "смход(X, c, b)". Для блокировки повторных срабатываний служит комментарий (Шахвзятие c, b). Прием вводит новую переменную s . Указатель "объект(A)" приводит к созданию комментария (текобъект \dots), сохраняющего обозначенную переменной A позицию для дальнейшего использования. Уровень срабатывания равен 4.

- (h) Усмотрение возможной контратаки для хода непосредственного материального выигрыша.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefkmpqrsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{выигрыш}(a, m, k) \ \& \\ & 1 < k \ \& \ \text{смход}(m, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{полефигуры}(A, \neg r, b) \ \& \\ & \text{атакует}(A, b, e, f) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) \leq \text{ценаполя}(A, e) \ \& \\ & B = \text{Ход}(A, b, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, e, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, p) \ \& \\ & p \leq q \rightarrow \text{Шахвзятие}(a, m) \ \& \ \text{смход}(s, b, e) \ \& \ \text{контрвзятие}(a, m, s) \ \& \\ & \text{смХод}(a, m, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg r)) \end{aligned}$$

Рассматривается позиция A , возникающая после хода m с поля c на поле d , дающего ранее усмотренный материальный выигрыш в k единиц. Соответствующая посылка "выигрыш" была сопровождена комментарием "смпотеря", означающим, что оценка выигрыша была сугубо локальной. В позиции A чужая фигура поля b атакует фигуру поля e , не менее ценную, чем взятая фигура d . После ответного хода взятия фигурой b фигуры e ее степень защищенности оквазывается не меньшей, чем степень защищенности фигуры d в позиции A . Посылка "взятие" удаляется, а вместо нее вводится группа посылок, инициирующих уточненный анализ выигрыша при ходе m .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Поля d, e различны. Отсутствует посылка вида "смХод(a, m, X)". Посылка "выигрыш(a, m, k)" сопровождена комментарием "смпотеря". Для блокировки повторных срабатываний служит комментарий (Шахвзятие c, d). Прием вводит новую переменную s . Указатель "объект(A)" приводит к созданию комментария (текобъект \dots), сохраняющего обозначенную переменной A позицию для дальнейшего использования. Уровень срабатывания равен 4.

- (i) Взятие с потерей своей фигуры, если не менее ценная чужая фигура находится под ударом.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdemnrSA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg r, b) \ \& \\ & 1 < \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ n < 0 \ \& \ \text{полефигуры}(A, \neg r, e) \ \& \\ & \neg(\text{шахфигура}(A, e) = \text{король}) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(A, e) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 \leq n - m \ \& \ \neg(\exists_p(\text{атакует}(A, e, b, p))) \rightarrow \\ & \text{смход}(s, c, b) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg r)) \end{aligned}$$

Чужая фигура поля b , отличная от пешки, атакована фигурой поля c . После взятия возникает позиция A , в которой дальнейшие размены на поле b приводят к материальной потере, оцениваемой в n единиц. Чужая фигура поля e , отличная от короля и имеющая ценность не меньшую, чем фигура c , в позиции A атакована, и размены на ее поле приводят к материальному выигрышу m , не меньшему, чем проигрыш n . Эта фигура в позиции A не

атакует фигуру b . Тогда выделяется для дальнейшего анализа ход s с c на b .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Для блокировки повторных срабатываний служит комментарий (Шахвзятие c b). Прием вводит новую переменную s . Указатель "объект(A)" приводит к созданию комментария (текобъект . . .), сохраняющего обозначенную переменную A позицию для дальнейшего использования. Уровень срабатывания равен 4.

- (j) Взятие фигуры крайней горизонтали, заслоняющей чужого короля от возможного нападения линейной фигуры.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghimpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{король}(a, \neg p, b) \ \& \\ & \text{горизлин}(b) = (8 \text{ при } p = 0, \text{ иначе } 1) \ \& \ c = \text{шахлин}(b, (1, 0)) \ \& \\ & \text{фигуралинии}(a, c, d) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg p, d) \ \& \\ & (\text{ладья}(a, p, e) \ \vee \ \text{ферзь}(a, p, e)) \ \& \ \text{шахпереход}(e, (0, 1), c, f) \ \& \\ & \text{разделяет}(d, b, f) \ \& \ \text{своботрезок}(A, e, f) \ \& \ \text{атакует}(a, g, d, h) \ \& \ \neg(g = e) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, g, d) \ \& \ \text{атакует}(A, d, b, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ m < 0 \ \rightarrow \\ & \text{смход}(s, g, d) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ & \text{смгоризонталь}(A, s, \neg p) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg p)) \end{aligned}$$

Чужой король находится на поле b своей исходной крайней горизонтали c . На другом поле d этой горизонтали тоже находится чужая фигура. Свои ладья либо ферзь, расположенные на поле e , могут сделать по вертикали ход на поле f горизонтали c . При этом фигура d будет заслонять чужого короля от фигуры f . Находится своя фигура поля g , отличного от e , атакующая в исходной позиции фигуру d . Если эта фигура берет фигуру d , то она дает шах чужому королю. После взятия баланс разменов на поле d отрицателен. Тогда вводится в рассмотрение ход s с поля g на d , причем указывается, что он сделан для отвлечения чужих фигур с их крайней горизонтали. Это указание будет использовано приемами, выполняющими дополнительный анализ хода s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Либо отсутствует посылка с заголовком "одинкороль", либо число ходов чужого короля в позиции A не более двух. Прием вводит новую переменную s . Указатель "объект(A)" приводит к созданию комментария (текобъект . . .), сохраняющего обозначенную переменную A позицию для дальнейшего использования. Уровень срабатывания равен 5.

- (k) Взятие чужой фигуры одновременно с освобождением линии нападения линейной фигуры на короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghinrsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg r, b) \ \& \\ & 1 < \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ n < 0 \ \& \ \text{король}(a, \neg r, e) \ \& \\ & \text{горизлин}(e) = (8 \text{ при } r = 0, \text{ иначе } 1) \ \& \ g = \text{шахлин}(e, (1, 0)) \ \& \\ & (\text{ладья}(a, r, f) \ \vee \ \text{ферзь}(a, r, f)) \ \& \ \text{шахпереход}(f, (0, 1), g, h) \ \& \\ & \text{разделяет}(c, f, h) \ \& \ \text{возмход}(A, f, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, h) \ \& \\ & \text{атакует}(B, h, e, i) \ \rightarrow \ \text{смход}(s, c, b) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \\ & \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смгоризонталь}(A, s, \neg r) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg r)) \end{aligned}$$

Чужая фигура поля b , отличная от пешки, атакована фигурой поля s . После взятия возникает позиция A , в которой дальнейшие размены на поле b приводят к материальной потере, оцениваемой в n единиц. Чужой король находится на поле e своей исходной крайней горизонтали g . Свои ладья либо ферзь, расположенные на поле f , могли бы сделать по вертикали ход на поле h горизонтали g , но своя фигура s этому препятствует. После того, как она взяла фигуру b , такой ход становится возможен, причем он дает шах чужому королю. Вводится в рассмотрение ход s с поля s на b и указывается, что он сделан для отвлечения чужих фигур с их крайней горизонтали.

Схема идентификации та же, что и выше. Уровень срабатывания равен 5.

- (l) Взятие чужой фигуры, мешающей форсированному мату.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgrstABCD} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{король}(a, \neg r, b) \ \& \\ & \text{нападение}(a, b, c, d) \ \& \ \text{шахфигура}(a, c) \in \{\text{ферзь, ладья}\} \ \& \\ & \text{контролирует}(a, d, \neg r, e) \ \& \ A = \text{шахудаление}(a, e) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, d) \ \& \\ & \text{фиксмат}(B, \neg r, d, 2) \ \& \ \text{атакует}(a, f, e, g) \ \& \ \neg(\text{контролирует}(a, d, r, f)) \ \& \\ & \neg(\text{соседнполя}(b, f)) \ \& \ C = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{атакует}(C, d, e, x))) \ \& \\ & \neg(\text{фиксмат}(C, \neg r, d, 2)) \ \& \ D = \text{Ход}(a, f, e) \rightarrow \text{смход}(s, f, e) \ \& \\ & \text{смход}(t, c, d) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смХод}(a, s, D) \ \& \ \text{текцвет}(D, \neg r) \ \& \\ & \text{услугрмат}(a, e, t)) \end{aligned}$$

Ход своими ладьей либо ферзем поля s на поле d дает шах чужому королю. Однако, поле d контролируется чужой фигурой поля e . Если эту фигуру снять с доски и сделать ход на поле d , то возникает позиция, в которой оператор "фиксмат" усматривает мат не более чем в два хода чужому королю. Этот оператор, являющийся одним из нескольких пакетных операторов усмотрения форсированного мата, будет описан ниже. В исходной позиции фигура поля e атакована фигурой поля f , которая не смежна с чужим королем и не контролирует поле d . Если в исходной позиции сделать ход на d , не снимая фигур с доски, то мат в два хода уже не усматривается, причем фигура d не атакует фигуры e . Тогда вводится в рассмотрение ход s с f на e и указывается, что при отсутствии фигуры поля e ход с s на d приводил бы к мату.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "смход(X, f, e)". Прием вводит новую переменную s . Указатель "объект(D)" приводит к созданию комментария (текобъект...), сохраняющего обозначенную переменной D позицию для дальнейшего использования. Уровень срабатывания равен 5.

- (m) Анализ ответных ходов для специальных случаев взятия.

- i. Рассмотрение ходов ответного взятия.

$$\forall_{abcdestA} (\text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ \text{атакует}(A, d, c, e) \rightarrow \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{Контрход}(A, t, s))$$

После выделенного для анализа хода взятия чужой фигуры поля s рассматривается ход ответного взятия на поле s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен

указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdefpstA}(\text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{полефигуры}(A, p, d) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(A, d) \ \& \ \text{атакует}(A, e, d, f) \ \& \ \neg(d = c) \rightarrow \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{контрвзятие}(a, s, t))$$

Для анализа выделен ход взятия фигурой поля b фигуры поля c . В полученной после этого позиции A рассматривается атака чужой фигурой поля e своей фигуры поля d , отличного от c . Ценность своей фигуры d не менее ценности чужой фигуры c .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 3.

ii. Определение потерь для ответного взятия.

$$\forall_{abcdefijkmnpqrstwxyAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, r, w) \ \& \ A = \text{Ход}(b, r, w) \ \& \ \text{угрвилки}(b, p, q, e, f) \ \& \ \text{возмход}(A, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, q, i) \ \& \ 0 < i \ \& \ \text{атакует}(B, q, e, x) \ \& \ \text{атакует}(B, q, f, y) \ \& \ \neg(\exists_{uv}(\text{защвилка}(B, q, e, f, u, v))) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, q, e, w) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, q, f, n) \ \& \ j = \min(i, m, n) \ \& \ k = j - \text{ценаполя}(a, c) + \text{ценаполя}(a, d) + \text{ценаполя}(A, q) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, k))$$

Ход взятия своей фигурой поля c фигуры поля d привел к позиции b . В этой позиции, после хода t ответного взятия фигурой поля r фигуры d , возникла позиция A . Заметим, что здесь почти всегда (кроме случая взятия пешки на проходе) $w = d$. Ранее было усмотрено, что в позиции b ход своей фигурой поля p на поле q создает вилку - атакуются фигуры полей e и f . Этот ход оказывается возможен и в позиции A , причем возникает позиция B . В ней степень i защищенности фигуры q (ожидаемые потери чужой стороны при взятии данной фигуры) положительна. Фигуры полей e, f в позиции B атакованы фигурой поля q , причем оператор "защвилка", который будет описан в последующих разделах, не усматривает хода, который мог бы оказаться полезным для разрушения данной вилки. Определяется минимум величины i и оценок выигрыша при взятии фигур e, f . Затем определяется итоговая оценка k выигрыша, с учетом ценностей чужих взятых фигур и своей потерянной на ходах, предшествующих позиции B . Выводится посылка "следпотеря(b, t, k)", характеризующая потери противника при его ответном ходе t .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Поле r отлично от полей e, f . Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghiknrstwAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, r, w) \ \& \ A = \text{Ход}(b, r, w) \ \& \ \text{текцвет}(a, g) \ \& \ \text{король}(a, \neg g, e) \ \& \ \text{нападение}(A, e, h, i) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, i) \ \&$$

ценашаха(B, i, e, n) & $0 < n$ & $k = n - \text{ценаполя}(a, c) + \text{ценаполя}(a, d) + \text{ценаполя}(A, i)$ & $0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, k)$

Ход взятия своей фигурой поля c фигуры поля d привел к позиции b . В этой позиции, после хода t ответного взятия фигурой поля r фигуры d , возникла позиция A . В ней ход с поля h на поле i дает шах чужому королю и приводит к позиции B . Оператор "ценашаха", который будет описан в последующих разделах, устанавливает положительную оценку n материального выигрыша после шаха. Затем определяется итоговая оценка k выигрыша, с учетом ценностей чужих взятых фигур и своей потерянной на ходах, предшествующих позиции B .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abcdeknprstwA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{Шахвзятие}(a, s) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{Контрход}(b, t, s) \& \text{смход}(t, r, w) \& A = \text{Ход}(b, r, w) \& \text{Сматака}(b, p) \& \text{атакует}(A, e, p, q) \& \text{ценавзятия}(A, e, p, n) \& 0 < n \& k = n - \text{ценаполя}(a, c) + \text{ценаполя}(a, d) \& 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, k))$

Ход взятия своей фигурой поля c фигуры поля d привел к позиции b . В этой позиции, после хода t ответного взятия фигурой поля r фигуры d , возникла позиция A . Ранее было выделено для рассмотрения поле p чужой фигуры. В позиции A эта фигура атакована своей фигурой поля e , причем оценка n выигрыша при взятии данной фигуры положительна. Определяется итоговая оценка k выигрыша, с учетом ценностей участвовавших в размене фигур c, d .

Схема идентификации и уровень срабатывания - те же, что в предыдущем приеме. Дополнительно проверяется, что p, r различны.

$\forall_{abcdefghmnrstwA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{текцвет}(a, e) \& \text{Шахвзятие}(a, s) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{Контрход}(b, t, s) \& \text{смход}(t, r, w) \& A = \text{Ход}(b, r, w) \& \text{полефигуры}(A, e, f) \& \text{атакует}(A, f, g, h) \& \text{ценаполя}(A, g) + \text{ценаполя}(a, d) > \text{ценаполя}(b, w) \& \text{ценавзятия}(A, f, g, m) \& n = \text{ценаполя}(a, d) + m - \text{ценаполя}(b, w) \& 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, n))$

Ход взятия своей фигурой поля c фигуры поля d привел к позиции b . В этой позиции, после хода t ответного взятия фигурой поля r фигуры d , возникла позиция A . В позиции A свой фигура поля f атакует фигуру поля g . Суммарная ценность этой фигуры и ранее взятой фигура d больше ценности потерянной фигуры c . Находится оценка m разменов при взятии фигуры g , причем оказывается что итоговый баланс n , равный сумме m и разности ценностей фигур d и c , положителен.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abcdefgknsA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{Шахвзятие}(a, s) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{контрвзятие}(a, s, e) \& \text{смход}(e, f, g) \& A = \text{Ход}(b, f, g) \&$

ценаразмена(A, d, g, n) & $0 < n$ & $k = n$ — ценаполя(b, g) +
ценаполя(a, d) & $0 < k$ → следпотеря(b, e, k)

Ход взятия своей фигурой поля c фигуры поля d привел к позиции b . В этой позиции, после хода t ответного взятия фигурой поля f фигуры поля g , отличного от d , возникла позиция A . В позиции A оценка разменов при ходе фигурой d , учитывающая также возможные действия фигуры g , равна n и положительна. Используемый для получения оценки оператор "ценаразмена" описывается ниже. Итоговый баланс k , равный сумме n и разности ценностей фигур d, g , тоже положителен.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Проверяется, что поля d, g различны. Точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall abcdefgprstwAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, p) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, r, w) \ \& \ A = \text{Ход}(b, r, w) \ \& \ \text{смгоризонталь}(b, s, p) \ \& \ \text{король}(A, p, e) \ \& \ \text{нападение}(A, e, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, g) \ \& \ \text{фиксмат}(B, p, g, 3) \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, 100))$

Ход s взятия своей фигурой поля c фигуры поля d привел к позиции b . В этой позиции, после хода t ответного взятия фигурой поля r фигуры d , возникла позиция A . Имеется указание, что ход s делался для отвлечения чужих фигур с последней горизонтали. Рассматривается ход в позиции A с поля f на поле g , дающий шах чужому королю, и проверяется, что после этого ему дается мат не более чем в три хода. Используемый оператор "фиксмат" будет описан в последующих разделах.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов и восьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

$\forall abcdefgprstwAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, p) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{контрвзятие}(a, s, t) \ \& \ \text{смход}(t, r, w) \ \& \ A = \text{Ход}(b, r, w) \ \& \ \text{смгоризонталь}(b, s, p) \ \& \ \text{король}(A, p, e) \ \& \ \text{нападение}(A, e, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, g) \ \& \ \text{фиксмат}(B, p, g, 3) \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, 100))$

Аналогично предыдущему, но ответный ход после хода s на d является ходом взятия фигуры поля w , отличного от d .

$\forall abcdefrstwA(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, r, w) \ \& \ A = \text{Ход}(b, r, w) \ \& \ \text{услугрмат}(a, d, f) \ \& \ \text{Форсмат}(A, e, 3) \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, 100))$

Ход s взятия своей фигурой поля c фигуры поля d привел к позиции b . В этой позиции, после хода t ответного взятия фигурой поля r фигуры d , возникла позиция A . Имеется указание, что при удалении в исходной позиции a фигуры поля d имелся ход, ведущий к мату чужому королю. С помощью оператора "Форсмат", описываемого в нижеследующих

разделах, проверяется, что в позиции A чужому королю ставится мат не более чем за три хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов и восьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в пятом антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefrstwA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{контрвзятие}(a, s, t) \ \& \ \text{смход}(t, r, w) \ \& \ A = \text{Ход}(b, r, w) \ \& \ \text{услугрмат}(a, d, f) \ \& \ \text{Форсмат}(A, e, 3) \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, 100))$$

Аналогично предыдущему, но ответный ход после хода с c на d является ходом взятия фигуры поля w , отличного от d .

iii. Определение окончательного выигрыша по всевозможным ответным ходам.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdpqrs}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{Шахвзятие}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \\ & p = \text{ценаполя}(a, d) \ \& \ \text{наименьший}(q, \text{set}_x(x = p \vee \\ & \exists_y(\text{посылка}(\text{Контрход}(b, y, s)) \ \& \ \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, y, x))) \vee \\ & \exists_w(\text{посылка}(\text{контрвзятие}(a, s, w)) \ \& \ \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, w, x))) \vee \\ & \exists_y(\text{посылка}(\text{Контрход}(b, y, s)) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, y, z)))) \ \& \\ & x = 0) \vee \exists_A(\text{посылка}(\text{контрвзятие}(a, s, A)) \ \& \\ & \neg(\exists_v(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, A, v)))) \ \& \ x = 0)) \ \& \ 0 < q \rightarrow \\ & \text{выигрыш}(a, s, q)) \end{aligned}$$

Для выделенного первого хода s взятия фигуры ценности p рассматриваются всевозможные ответные ходы взятия, и берется минимум q ранее определенных оценок выигрыша по всем этим ходам. Эти оценки сохранены в посылках "следпотеря". При отсутствии такой посылки для ответного хода берется оценка 0. Заметим, что если для одного и того же ответного хода определены несколько различных оценок выигрыша, то посылки с меньшей оценкой отбрасываются. Это делается приемом, срабатывающим на уровне 1 и приводимым ниже, в разделе, посвященном общему анализу нападений.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отметим, что внутри выделенного указателем "программа" пятого антецедента происходит идентификация некоторых подтермов с посылками. Эти подтермы помещены под указателем "посылка(...)". Уровень срабатывания равен 4.

9. Усмотрение возможности совместить взятие с защитой фигуры.

$$\forall_{abckmnpA}(\text{выигрыш}(a, s, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{смвзятие}(a, s) \ \& \ \text{потеря}(a, p, k) \ \& \ n \leq k \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{защход}(a, s, p))$$

Ход s приводит к материальному выигрышу n , но анализ его последствий сугубо локальный, на что указывает посылка "смвзятие". При этом фигура поля p находится под ударом, приводящим к потерям в k единиц, не меньшим, чем выигрыш n . Рассматривается позиция после хода s и обнаруживается, что в ней фигура p уже защищена. Тогда вводится посылка "защход", указывающая, что ход s снимает проблему защиты фигуры p .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в первом антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

10. Отбрасывание меньшей оценки выигрыша либо потери.

$$\forall_{amns}(\text{выигрыш}(a, s, m) \rightarrow \text{выигрыш}(a, s, n))$$

$$\forall_{amns}(\text{потеря}(a, s, m) \rightarrow \text{потеря}(a, s, n))$$

Приемы имеют заголовок "второйтерм". Переменные m, n идентифицируются с десятичными константами, прием n меньше, чем m . Уровень срабатывания равен 3.

Далее в данном разделе перечисляются реализованные на ГЕНОЛОГе пакеты продукций, используемые приемами сканирования задачи. Все они связаны со взятием фигуры, хотя некоторые будут использованы лишь в приемах последующих разделов.

11. Оператор "ценовзятия".

Оператор реализован как пакет продукций ГЕНОЛОГа. Обращение к нему имеет вид "ценовзятия(a, b, c, d)". Здесь a - шахматная позиция, b и c - шахматные поля. Выходной переменной d присваивается нижняя оценка материального выигрыша, возникающего при разменах после взятия фигурой поля b фигуры поля c . Пакет однократно просматривает свои продукты по возрастанию уровней, и при первом же срабатывании выдает результат. Приемы одного и того же уровня приводятся ниже в том порядке, в котором предпринимаются попытки их применения. Изменение порядка этих попыток, например, при перекомпиляции, может привести к изменению выдаваемых оператором оценок. Так как обращения к данному пакету весьма частые, он использует минимум приемов. Для более детального анализа применяются особые средства.

- (а) Потеря фигуры.

$$\begin{aligned} &\forall_{abcdpA}(A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ p = \text{ценаполя}(a, b) - \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ 0 \leq p \ \& \\ &\exists_{xyB}(\text{атакует}(A, x, c, y) \ \& \ B = \text{Ход}(A, x, c) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{защищает}(A, z, x) \ \& \\ &p \leq \text{ценаполя}(A, z) \ \& \ \exists_{ef}(\text{атакует}(B, f, z, e) \ \& \ \neg(f = c)))) \ \& \\ &\neg(\exists_w(\text{сквоззащита}(A, c, x, w))) \ \& \ \neg(\exists_{uv}(\text{шахсвязка}(A, x, u, v)))) \ \& \\ &\neg(\exists_z(\text{защищает}(A, c, z))) \rightarrow d = 0) \end{aligned}$$

Определяется неотрицательная разность p ценностей берущей фигуры и взятой фигуры. После взятия возникает позиция A , в которой фигура c не защищена, но атакована фигурой поля x . При этом взятие фигурой x фигуры c не приводит к потерям противника, большим p . Делается вывод о нулевом выигрыше. Уровень срабатывания равен 1.

$$\begin{aligned} &\forall_{abcdpA}(A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ p = \text{ценаполя}(a, b) - \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ 0 \leq p \ \& \\ &\exists_{xyq}(\text{атакует}(A, x, c, y) \ \& \ \text{ценаполя}(A, x) < p \ \& \ \neg(\exists_z(\text{защищает}(A, z, x))) \ \& \\ &\neg(\exists_{uv}(\text{шахсвязка}(A, x, u, v)))) \rightarrow d = 0) \end{aligned}$$

Определяется неотрицательная разность p ценностей берущей фигуры и взятой фигуры. После взятия возникает позиция A , в которой фигура c

атакована фигурой поля x , имеющей ценность, меньшую p . Она не связана и не защищает других фигур. Делается вывод о нулевом выигрыше. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Взятие незащищенной фигуры.

$$\forall_{abcdpqA}(A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \ \neg(\exists_{xyr}(\text{атакует}(A, x, c, y) \ \& \ \text{связход}(A, x, c, r) \ \& \ 0 < \text{ценаполя}(A, c) - r)) \ \& \ q = \text{ценаполя}(a, c) - p \ \& \ 0 < q \rightarrow d = q)$$

Ход взятия фигуры c фигурой b может привести к потерям фигур, ранее защищавшихся либо загоразживавшихся фигурой b , оцениваемым в p единиц. В новой позиции отсутствует фигура, атакующая фигуру c и такая, что взятие ею фигуры c приведет к побочным потерям, меньшим ценности фигуры c . В качестве оценки выигрыша выдается положительная разность ценности фигуры c исходной позиции и величины p . Введен ограничитель трудоемкости. По его превышении - переход к очередному приему. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefpqrA}(A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, c, y))) \ \& \ \text{атакует}(A, c, f, e) \ \& \ \neg(\exists_{uv}(\text{атакует}(A, c, u, v) \ \& \ \text{ценаполя}(A, f) < \text{ценаполя}(A, u))) \ \& \ \neg(\exists_{gh}(\text{атакует}(A, f, g, h) \ \& \ \neg(g = c))) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{защищает}(A, f, z))) \ \& \ q = \text{ценаполя}(A, f) + \text{ценаполя}(A, c) - p \ \& \ r = \min(q, \text{ценаполя}(a, c)) \ \& \ 0 < r \rightarrow d = r)$$

Ход взятия фигуры c фигурой b может привести к потерям фигур, ранее защищавшихся либо загоразживавшихся фигурой b , оцениваемым в p единиц. В новой позиции A отсутствует фигура, атакующая фигуру c . При этом сама фигура c атакует некоторую фигуру f , которая ничем не защищена и никого не атакует, кроме, быть может, фигуры c . Берется самая ценная из таких фигур f . Рассматриваются два случая: либо ответный ход не реализует потери от перемещения фигуры b , и тогда в качестве оценки выигрыша берется ценность фигуры c , либо он их реализует, и тогда следующим ходом фигура c возьмет фигуру f . Тогда из суммы ценностей двух взятых фигур вычитается p . Введен ограничитель трудоемкости. Уровень срабатывания равен 1.

(c) Взятие менее ценной фигурой.

$$\forall_{abcdefkmnp rsA}(A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, e, f) \ \& \ \text{ценаполя}(a, f) > \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, e, f, n) \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, f) - n \ \& \ 0 < k \ \& \ \text{ценаполя}(a, b) < k \ \& \ r = \text{ценаполя}(a, c) - (\max(p, n) + \text{ценаполя}(a, b)) \ \& \ 0 < r \ \& \ \exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, c, y)) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{защищает}(A, c, z))) \ \& \ \text{шахвилка}(A, c, m) \ \& \ m < r \ \& \ s = r - m \rightarrow d = s)$$

Ход взятия фигуры c фигурой b может привести к потерям фигур, ранее защищавшихся либо загоразживавшихся фигурой b , оцениваемым в p единиц. Фигура b загоразживала свою более ценную фигуру поля f от нападения на нее фигуры поля e . В позиции A , возникающей после хода взятия, оценка n потерь после взятия фигуры f фигурой e , меньше ценности фигуры f . Определяется положительная разность k этих величин. Она превосходит ценность фигуры b . Фигура c в позиции A атакowana и ничем

не защищена. В качестве предварительной оценки выигрыша берется положительная разность r ценности фигуры c и суммы ценности фигуры b с наибольшей из величин p, n . Она включает в себя рассмотрение случаев, когда сначала противник реализует выигрыш p либо n , а затем, после ответного хода, завершающего учитываемые этими оценками действия, берет фигуру поля c . Чтобы получить итоговую оценку s , из r вычитается оценка m потерь от возможнойвилки, создаваемой противником при взятии фигуры c . Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefknprA} (A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, e, f) \\ & \ \& \ \text{ценаполя}(a, f) > \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ \text{ценовзятия}(A, e, f, n) \ \& \\ & \ k = \text{ценаполя}(a, f) - n \ \& \ 0 < k \ \& \ \text{ценаполя}(a, b) < k \ \& \\ & \ r = \text{ценаполя}(a, c) - (\max(p, n) + \text{ценаполя}(a, b)) \ \& \ r \leq 0 \ \& \\ & \ \exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, c, y)) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{защищает}(A, c, z))) \rightarrow d = 0) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему, но величина r оказывается неположительной, и делается вывод об отсутствии выигрыша.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdmprsA} (A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \\ & \ r = \text{ценаполя}(a, c) - \max(p, \text{ценаполя}(a, b)) \ \& \ 0 < r \ \& \\ & \ \exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, c, y)) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{защищает}(A, c, z))) \ \& \ \text{шахвилка}(A, c, m) \ \& \\ & \ m < r \ \& \ s = r - m \rightarrow d = s) \end{aligned}$$

Ход взятия фигуры c фигурой b может привести к потерям фигур, ранее защищавшихся либо загоразживавшихся фигурой b , оцениваемым в p единиц. Разность r ценности фигуры c и максимума из ценности фигуры b и p положительна. Фигура c в новой позиции атакована и ничем не защищена. Для получения итоговой положительной оценки s материального выигрыша из r вычитается оценка m потерь от возможнойвилки, создаваемой противником при ответном взятии фигуры c . Уровень срабатывания приема равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdmprsA} (A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \\ & \ r = \text{ценаполя}(a, c) - \max(p, \text{ценаполя}(a, b)) \ \& \ 0 < r \ \& \\ & \ \exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, c, y)) \ \& \ \text{шахвилка}(A, c, m) \ \& \ m < r \ \& \ s = r - m \rightarrow d = s) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему, но допускается защищенность фигуры поля c в новой позиции. Уровень срабатывания равен 4.

- (d) Чужая фигура защищена одной фигурой, а атакована несколькими.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefkmnqrtAB} (A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, q) \ \& \\ & \ n = \text{ценаполя}(a, c) - q \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{атакует}(A, f, c, e) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, c) \ \& \\ & \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(B, c, x))) \ \& \ \text{связход}(A, f, c, t) \ \& \\ & \ \text{наименьший}(r, \text{set}_y(y = \text{ценаполя}(A, f) \ \vee \ \exists_{zv}(\text{атакует}(B, z, c, v)) \ \& \\ & \ \text{связход}(B, z, c, y))) \ \& \ k = t + \text{ценаполя}(A, f) - \text{ценаполя}(A, c) - r \ \& \\ & \ m = (n \ \text{при} \ 0 \leq k, \ \text{иначе} \ n + k) \ \& \ 0 < m \rightarrow d = m) \end{aligned}$$

Ход взятия фигуры c фигурой b может привести к потерям фигур, ранее защищавшихся либо загоразживавшихся фигурой b , оцениваемым в q единиц. Разность n ценности фигуры c и q положительна. В новой позиции A фигура поля c атакована фигурой поля f . Рассматривается позиция B , получаемая из A взятием фигурой f фигуры c . В этой позиции чужая

фигура поля c ничем не защищена. Определяется оценка k нашего материального выигрыша, если противник в позиции A берет фигуру c . Она складывается из оценки t его побочных потерь при данном ходе взятия и некоторой величины, равной взятой со знаком минус ценности своей потерянной фигуры c , если в позиции B нет возможности ответного взятия на поле c , либо равной разности ценностей фигур f и c , уменьшенной на самую маленькую величину побочных потерь при ответном взятии, если такие взятия существуют. После этого итоговая положительная оценка m полагается равной n , если k неотрицательно (тогда противнику невыгодно ответное взятие в позиции A), и равно $n + k$ в противном случае. Уровень срабатывания равен 3.

(е) Защищающие фигуры имеют большую ценность, чем нападающие

$$\forall_{abcdknqrA} (A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, q) \ \& \ n = \text{ценаполя}(a, c) - q \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{наименьший}(r, \text{set}_y(\exists_{hesBC}(\text{атакует}(A, h, c, e) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, c) \ \& \ \text{наименьший}(s, \text{set}_z(\exists_{fgt}(\text{атакует}(B, f, c, g) \ \& \ \text{связход}(B, f, c, t) \ \& \ z = \text{ценаполя}(B, f) + t) \ \vee \ \exists_{fgtw}(\text{атакует}(B, f, c, g) \ \& \ \text{связход}(B, f, c, t) \ \& \ t = 0 \ \& \ u = \text{Ход}(B, f, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(u, c, v) \ \& \ v \leq 0 \ \& \ z = -v))) \ \& \ \text{наибольший}(C, \text{set}_u(u = 0 \ \vee \ \exists_{vw}(\text{шахсвязка}(A, h, v, w) \ \& \ \neg(v = c) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, v, w, u)))) \ \& \ y = \text{max}(\text{ценаполя}(A, h) - s, C))) \ \& \ k = r - \text{ценаполя}(A, c) \ \& \ 0 \leq k \rightarrow d = n)$$

Ход взятия фигуры c фигурой b может привести к потерям фигур, ранее защищавшихся либо загоразживавшихся фигурой b , оцениваемым в q единиц. Разность n ценности фигуры c и q положительна. После взятия возникает позиция A . Прием пытается усмотреть, что противнику невыгодно продолжать размены на поле c . Для этого рассматриваются всевозможные ходы ответного взятия. Поле чужой фигуры, осуществляющей взятие, обозначено h , а позиция после взятия - B . Берется минимум r оценок y потерь противника по всем таким его ходам. Для получения оценки y сначала определяется минимум s возможных потерь z ответного взятия в позиции B . Рассматривается своя фигура поля f , осуществляющая ответное взятие, и находится оценка t побочных потерь. Далее либо z полагается равным сумме ценности фигуры f и t , либо усматривается, что побочных потерь нет, а z полагается равным взятой со знаком минус оценке потерь при дальнейших разменах на поле c после хода фигурой f . Если чужая фигура поля h была существенно более ценной, чем свои фигуры ответного взятия, то положительная разность ценности этой фигуры и s даст оценку выигрыша при продолжении разменов в позиции A . Чтобы несколько повысить эту оценку, дополнительно рассматривается случай, когда фигура h была связанной: вычисляется оценка C потерь противника при взятии заслонявшейся ею фигуры. Окончательно, y полагается равным максимуму из указанной разности и C . После того, как нижняя оценка r потерь противника при продолжении разменов найдена и оказалась не меньшей ценности своей фигуры поля b , выясняется, что продолжение разменов противнику невыгодно, и оценка материального выигрыша берется равной n . Введен ограничитель трудоемкости. Уровень срабатывания приема равен 4.

12. Оператор "Ценавзятия".

В некоторых случаях бывает нужна оценка материального выигрыша при взятии, учитывающая не только ответное взятие на том же поле, а всевозможные ответные взятия на различных полях. Тогда используется оператор "Ценавзятия(a, b, c, d)". Входные данные a, b, c и выходная переменная d - такие же, как у оператора "ценавзятия(a, b, c, d)". Оператор имеет единственный прием:

$$\forall_{abcdeAx} (A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ e = \text{шахцвет}(a, c) \ \& \ \text{наибольший}(x, \text{set}_y(y = 0 \ \vee \ \exists_{uzv} (\text{полефигуры}(A, e, u) \ \& \ \text{атакует}(A, u, z, v) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, u, z, y)))) \rightarrow d = \text{ценаполя}(a, c) - x)$$

После первого хода взятия рассматриваются всевозможные ходы взятия чужими фигурами, и для каждого из них с помощью оператора "ценавзятия" определяется оценка материального выигрыша. Максимум таких оценок вычитается из ценности взятой чужой фигуры.

13. Оператор "шахвилка".

Обращение к оператору имеет вид "шахвилка(a, b, c)". Входные данные - позиция a и поле b этой позиции, на котором расположена фигура. Переменной c присваивается оценка материального выигрыша, возникающего при реализации возможных вилок, образующихся после взятия фигуры поля b . При отсутствии вилок эта оценка равна 0. Сначала иницируется нулем накопитель результата c , а затем предпринимается однократный просмотр всех приемов, в порядке возрастания их уровней, и в накопителе сохраняется максимум найденных ими оценок. Оператор использует буфер результатов для экономии вычислений при повторных обращениях с теми же входными данными.

(а) Инициализация значения. Этот прием присваивает 0 накопителю выходного значения. Уровень срабатывания его равен 0, и реализуется он до цикла просмотра остальных приемов.

(б) Вилка с прямым нападением.

$$\forall_{abcdefgkmnpqrA} (\text{атакует}(a, g, b, d) \ \& \ b = d \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, b) \ \& \ \text{атакует}(A, b, m, e) \ \& \ \text{атакует}(A, b, n, f) \ \& \ \neg(m = n) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, b, m, p) \ \& \ 0 < p \ \& \ \text{ценавзятия}(A, b, n, q) \ \& \ 0 < q \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, k) \ \& \ r = \min(p, q, k) \ \& \ c < r \rightarrow c = r)$$

Фигура поля g атакует фигуру поля b . После взятия возникает позиция A , в которой фигура поля b атакует одновременно две разные фигуры m, n . Рассматривается минимум выигрышей от взятия фигур m, n и проигрыша противной стороны при взятии фигуры поля b . Если этот минимум больше значения накопителя c , то он заносится в накопитель. Уровень срабатывания равен 1.

(с) Выдача результата.

По окончании рассмотрения возможных вилок, на уровне 2 выдается значение накопителя. Теорема приема в таких ситуациях и для пакетов данного формата представляет собой логическую константу "истина".

14. Оператор "ценазавлечения".

Обращение к оператору имеет вид "ценазавлечения(a, b, c, d)". Входные данные - позиция a ; поле b , на которое завлекается чужая фигура, и ценность c чужой

фигуры, после взятия которой на поле b возникла позиция a . Выходной переменной d присваивается оценка материального выигрыша в позиции a по всем ответным ходам, при которых происходит взятие фигуры поля b (завлечение). В этом выигрыше учитывается c , причем если результат превосходит c , то переменной d присваивается c (случай невыгодного ответного взятия). Сначала накопитель d инициализируется значением c , а потом может быть уменьшен при однократном просмотре всех приводимых ниже приемов.

(a) Инициализация значения. Этот прием присваивает значение c накопителю выходного значения. Уровень срабатывания его равен 0.

(b) Рассмотрение отдельного варианта взятия завлекающей фигуры.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefrA}(\text{атакует}(a, e, b, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, b) \ \& \ \text{наибольший}(r, \text{set}_x(\\ & \exists_y(\text{ценазащиты}(A, b, y) \ \& \ x = c - \text{ценаполя}(a, b) - y) \ \vee \\ & \exists_z(\text{связход}(a, e, b, z) \ \& \ x = c + z - \text{ценаполя}(a, b)) \ \vee \\ & \exists_{ijkmnghB}(\text{нападение}(A, b, i, j) \ \& \ \text{ценаполя}(A, i) < \text{ценаполя}(A, b) \ \& \\ & B = \text{Ход}(A, i, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, j, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{атакует}(B, j, g, h) \ \& \\ & \neg(g = b) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, j, g, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{ценавзятия}(B, j, b, k) \ \& \\ & 0 < k \ \& \ \neg(\exists_{uv}(\text{защвилка}(B, j, b, g, u, v)))) \ \& \\ & x = (c + \min(k, m) + \text{ценаполя}(A, j)) - \text{ценаполя}(a, b)) \ \vee \\ & \exists_{pqstCV}(\text{нападение}(A, b, p, q) \ \& \ \text{ценаполя}(A, p) < \text{ценаполя}(A, b) \ \& \\ & C = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, q, s) \ \& \ 0 < s \ \& \ \text{шахсвязка}(C, b, q, t) \ \& \\ & \text{ценасквознатаки}(C, q, b, t, V) \ \& \\ & x = c + V + \text{ценаполя}(A, q) - \text{ценаполя}(a, b)) \ \vee \\ & \exists_{PQRSTU}(\text{шахнапр}(Q) \ \& \ \text{напрфигура}(A, b, Q, P) \ \& \ 3 < \text{ценаполя}(A, P) \ \& \\ & \text{нападение}(A, P, R, S) \ \& \ T = \text{Ход}(A, R, S) \ \& \ \text{шахсвязка}(T, P, S, b) \ \& \\ & \text{ценаскознатаки}(T, S, P, b, U) \ \& \\ & x = c + U + \text{ценаполя}(A, s) - \text{ценаполя}(a, b)) \ \vee \\ & \exists_{wDEFGHW}(\text{вскрнападение}(A, b, w, D, E) \ \& \ F = \text{Ход}(A, w, D) \ \& \\ & \text{атакует}(F, D, G, H) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(F, G) \ \& \\ & \text{ценадвойнатаки}(F, E, b, D, G, W) \ \& \\ & x = c + W + \text{ценаполя}(A, D) - \text{ценаполя}(a, b)) \ \vee \\ & \exists_{IJKLMNI}(\text{нападение}(A, b, I, J) \ \& \ \text{блокатаки}(A, I, K, L) \ \& \\ & 1 < \text{ценаполя}(A, L) \ \& \ M = \text{Ход}(A, I, J) \ \& \ \text{атакует}(M, K, L, N) \ \& \\ & \text{ценадвойнатаки}(M, J, b, K, L, l) \ \& \\ & x = c + l + \text{ценаполя}(A, J) - \text{ценаполя}(a, b))) \ \& \ r < d \rightarrow d = r) \end{aligned}$$

Рассматривается ход ответного взятия чужой фигурой поля e фигуры поля b . После этого возникает позиция A . Далее находится максимум r следующих значений x :

- i. x равно разности c и суммы ценности фигуры b позиции a с оценкой материальных потерь при ответном взятии чужой фигуры b позиции A .
- ii. x равно сумме c и оценки побочных потерь при ходе фигуры поля e в позиции a , из которой вычитается ценность взятой этим ходом фигуры b .
- iii. В позиции A существует ход с поля i на поле j , дающий вилку: одновременное нападение на фигуру поля b и на некоторую другую фигуру g . Ценность фигуры i меньше ценности фигуры b . В новой позиции B

фигура j защищена, причем отсутствует ответный ход, разрушающий вилку. Величина x полагается равной сумме c , минимума выигрышей от взятия фигурой j фигур b, g и ценности взятой фигуры поля j , из которой вычитается ценность фигуры b позиции a .

- iv. В позиции A существует ход с поля p на поле q , после которого возникает позиция C , где фигура q атакует фигуру b , а в случае удаления фигуры b - также некоторую фигуру поля t . Ценность фигуры p меньше ценности фигуры b . В позиции C фигура q защищена. Предпринимается обращение к оператору "ценасквознатаки", который оценивает материальный выигрыш V при указанной сквозной атаке фигурой q фигур b, t . Величина x полагается равной сумме c, V и ценности взятой фигуры q , из которой вычитается ценность фигуры b в позиции a .
- v. Аналогично предыдущему, но ход с поля R на поле S нападает на некоторую фигуру поля P , не менее ценную, чем ладья, а через нее - дает сквозное нападение на фигуру b .
- vi. В позиции A существует ход с поля w на поле D , дающий вскрытое нападение на фигуру b некоторой фигурой поля E и одновременно - нападение сделавшей ход фигуры на фигуру поля G , отличную от пешки. Оператор "ценадвойнатаки" находит оценку W материального выигрыша при указанном двойном нападении. Величина x полагается равной сумме c, W и ценности взятой фигуры поля D , из которой вычитается ценность фигуры b в позиции a .
- vii. Аналогично предыдущему, но ход с поля I на поле J приводит к непосредственному нападению на фигуру b и вскрытому нападению своей фигуры K , которой ранее мешала фигура I .

После определения r проверяется, не оказалось ли оно меньше величины d . Если оказалось, то новое значение d становится равно r . Уровень срабатывания равен 1.

- (с) Выдача результата. По окончании рассмотрения всех ходов взятия, на уровне 2 выдается результат d .

15. Оператор "ценасквознатаки".

Обращение к оператору имеет вид "ценасквознатаки(a, b, c, d, e)". Входные данные - позиция a и поля b, c, d . Линейная фигура поля b атакует фигуру поля c , а при ее удалении - также находящуюся на одной линии с b, c фигуру поля d . Выходной переменной e присваивается оценка материального выигрыша в данной ситуации, если первый ход делает атакуемая сторона. Сначала накопитель e инициализируется ценностью фигуры c , а потом может быть уменьшен при однократном просмотре всех приводимых ниже приемов.

- (a) Инициализация значения. Этот прием присваивает ценность фигуры поля c накопителю выходного значения. Уровень срабатывания его равен 0.
- (b) Оценка взятия первой фигуры.

$$\forall_{abcm}(\text{ценавзятия}(a, b, c, m) \ \& \ m < e \rightarrow e = m)$$

Определяется оценка материального выигрыша при взятии фигуры c , если бы противная сторона пропустила ход. Уровень срабатывания равен 1.

(с) Отход первой фигуры.

$$\forall_{acdekmpqA}(0 < e \ \& \ \text{ходфигуры}(a, c, m) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, m) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, m, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, q) \ \& \ k = \max(-p, -q) \ \& \ k < e \rightarrow e = k)$$

Рассматривается ход фигурой поля c на какое-либо поле m . В новой позиции определяются величины p, q степеней защищенности фигур полей m, d в новой позиции. Степень защищенности - взятый с обратным знаком материальный выигрыш противника. После этого вычисляется максимум величин $-p, -q$, и если он меньше текущего значения накопителя e , то накопитель корректируется. Уровень срабатывания равен 1.

(d) Попытка защиты первой фигуры.

$$\forall_{acefghkpqA}(0 < e \ \& \ f = \text{шахцвет}(a, c) \ \& \ \text{контрольполя}(a, f, c, g, h) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, h, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, q) \ \& \ k = \max(-p, -q) \ \& \ k < e \rightarrow e = k)$$

Рассматривается ход фигурой поля g на поле h , после которого она начинает защищать фигуру c . В новой позиции вычисляются степени p, q защищенности фигур h, c . Дальнейшие действия - как в предыдущем приеме. Уровень срабатывания равен 1.

(e) Взятие атакующей фигуры.

$$\forall_{abemn}(\text{ценазащиты}(a, b, m) \ \& \ m < e \rightarrow e = m)$$

Если материальный выигрыш m при разменах после взятия противником фигуры b меньше значения накопителя e , то накопитель корректируется. Уровень срабатывания равен 1.

(f) Заслон фигуры.

$$\forall_{abceijkmA}(\text{защита}(a, c, b, i, j) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, j) \ \& \ \exists_p(\text{защищает}(A, j, p)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, j, m) \ \& \ k = -m \ \& \ k < e \rightarrow e = k)$$

Рассматривается ход фигурой поля i на поле j , загораживающий b от c . Если сделавшая ход фигура оказывается защищенной, то определяется степень ее защищенности, которая после изменения знака сравнивается с накопителем. Уровень срабатывания равен 1.

(g) Выдача результата. По окончании рассмотрения всех вариантов защиты, на уровне 2 выдается результат e .

16. Оператор "ценадвойнатаки".

Обращение к оператору имеет вид "ценадвойнатаки(a, b, c, d, e, f)". Входные данные - позиция a и поля b, c, d, e . Фигура поля b атакует фигуру поля c , и одновременно фигура другого поля d атакует фигуру поля e . Выходной переменной f присваивается оценка материального выигрыша в данной ситуации, если первый ход делает атакуемая сторона. Сначала накопитель f иницируется минимумом оценок материального выигрыша при рассматриваемых двух взятиях, а потом может быть уменьшен при однократном просмотре всех приводимых ниже приемов.

(a) Инициализация значения.

$$\forall_{abcdefmn}(\text{ценавзятия}(a, b, c, m) \ \& \ \text{ценавзятия}(a, d, e, n) \rightarrow f = \min(m, n))$$

Накопителю f присваивается наименьшая из оценок материального выигрыша: при взятии фигуры c фигурой b и при взятии фигуры e фигурой d . Уровень срабатывания равен 0.

(b) Отход фигуры.

$$\forall_{acefkmprA}(0 < f \ \& \ \text{ходфигуры}(a, c, m) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, m) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, m, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, q) \ \& \ k = \max(-p, -q) \ \& \ k < f \rightarrow f = k)$$

$$\forall_{acefkmprA}(0 < f \ \& \ \text{ходфигуры}(a, e, m) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, m) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, m, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, q) \ \& \ k = \max(-p, -q) \ \& \ k < f \rightarrow f = k)$$

Рассматривается ход одной из атакуемых фигур, после чего оцениваются степени защищенности обеих фигур. Уровень срабатывания равен 1.

(c) Попытка защиты фигуры.

$$\forall_{acefghikprA}(0 < f \ \& \ g = \text{шахцвет}(a, c) \ \& \ \text{контрольполя}(a, g, c, i, h) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, h) \ \& \ \neg(i = c) \ \& \ \neg(i = e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, h, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, r) \ \& \ k = \max(-p, -q, -r) \ \& \ k < f \rightarrow f = k)$$

$$\forall_{acefghikprA}(0 < f \ \& \ g = \text{шахцвет}(a, e) \ \& \ \text{контрольполя}(a, g, e, i, h) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, h) \ \& \ \neg(i = c) \ \& \ \neg(i = e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, h, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, r) \ \& \ k = \max(-p, -q, -r) \ \& \ k < f \rightarrow f = k)$$

Рассматривается ход третьей фигурой, защищающий одну из атакованных фигур. Затем определяются степени защищенности всех трех фигур. Уровень срабатывания равен 1.

(d) Взятие атакующей фигуры.

$$\forall_{abdefkmn}(0 < f \ \& \ \text{ценазащиты}(a, b, m) \ \& \ \text{ценовзятия}(a, d, e, n) \ \& \ k = m + n \ \& \ k < f \rightarrow f = k)$$

$$\forall_{abcdfkmn}(0 < f \ \& \ \text{ценазащиты}(a, d, m) \ \& \ \text{ценовзятия}(a, b, c, n) \ \& \ k = m + n \ \& \ k < f \rightarrow f = k)$$

Оценивается выигрыш, если первым ходом берется одна из атакующих фигур, а ответным ходом - берется другая. Уровень срабатывания приема равен 1.

(e) Заслон фигуры.

$$\forall_{abcefijkprA}(\text{защита}(a, c, b, i, j) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, j) \ \& \ \neg(i = e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, j, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, q) \ \& \ k = \max(-p, -q) \ \& \ k < f \rightarrow f = k)$$

$$\forall_{acdefijkprA}(\text{защита}(a, e, d, i, j) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, j) \ \& \ \neg(i = c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, j, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, q) \ \& \ k = \max(-p, -q) \ \& \ k < f \rightarrow f = k)$$

Рассматривается ход, загромождающий одну из атакуемых фигур от нападения. Находятся степени защищенности другой атакуемой фигуры и загромождающей фигуры. Уровень срабатывания равен 1.

- (f) Выдача результата. По окончании рассмотрения всех вариантов защиты, на уровне 2 выдается результат f .

17. Оператор "ценапозиции".

Обращение к оператору имеет вид "ценапозиции(a, b, c)". Входные данные - позиция a и цвет фигур b . Выходной переменной c присваивается максимальная разность между ценой фигуры, которую первым ходом может взять сторона b , и ценой ответного взятия противной стороны. Сначала иницируется нулем накопитель результата c , а затем предпринимается однократный просмотр всех приемов, в порядке возрастания их уровней, и в накопителе сохраняется максимум найденных ими оценок.

- (a) Инициализация значения. Этот прием присваивает 0 накопителю выходного значения. Уровень срабатывания его равен 0.
- (b) Рассмотрение хода взятия.

$$\forall_{abcdefmn} A(\text{полефигуры}(a, b, d) \ \& \ \text{атакует}(a, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{наибольший}(n, \text{set}_x(x = 0 \vee \exists_{pqr}(\text{полефигуры}(A, \neg b, p) \ \& \ \text{атакует}(A, p, q, r) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, p, q, x)))) \ \& \ m = \text{ценаполя}(a, e) - n \ \& \ c < m \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg b)) \rightarrow c = m)$$

Рассматривается ход взятия фигурой поля d фигуры поля e . В результате возникает позиция A . Проверяется, что в этой позиции противник не может дать мат в один ход, и вычисляется максимум n материальных выигрышей ответной стороны по различным ответным ходам взятия и продолжающим их разменам. Оценкой материального выигрыша для рассматриваемого хода служит разность ценности фигуры e и n . Уровень срабатывания приема равен 1.

- (c) Взятие с шахом.

$$\forall_{abcdefghmn} A(\text{полефигуры}(a, b, d) \ \& \ \text{атакует}(a, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, g) \ \& \ \text{атакует}(A, f, g, h) \ \& \ \text{ценашаха}(A, f, g, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ n = m + \text{ценаполя}(a, e) \ \& \ c < n \rightarrow c = n)$$

Фигура поля d берет фигуру поля e и одновременно дает шах чужому королю. Определяется положительная оценка m материального выигрыша, связанного с данным шахом, и итоговая оценка полагается равной ее сумме с ценностью фигуры e . Уровень срабатывания равен 1.

- (d) Выдача результата. По окончании рассмотрения всех вариантов взятия, на уровне 2 выдается результат c .

18. Оператор "ценаразмена".

Обращение к оператору имеет вид "ценаразмена(a, b, c, d)". Входные данные - позиция a и поля b, c на которых расположены фигур разного цвета. Выходной переменной d присваивается оценка выигрыша для фигур того же цвета, что и фигура поля b , если первый ход делают они. Учитываются ходы фигуры b и возможные ответные ходы фигуры c . Сначала иницируется нулем накопитель результата d , а затем предпринимается однократный просмотр всех приемов, в порядке возрастания их уровней, и в накопителе сохраняется максимум найденных ими оценок.

- (а) Инициализация значения. Этот прием присваивает 0 накопителю выходного значения. Уровень срабатывания его равен 0.
- (б) Рассмотрение хода взятия.

$$\forall_{abcdefkm} A(\text{атакует}(a, b, e, f) \ \& \ \text{ценаполя}(a, e) = m \ \& \ 1 < m \ \& \\ A = \text{Ход}(a, b, e) \ \& \ \text{наибольший}(k, \text{set}_x(x = 0 \ \vee \\ \exists_{ghi} B(\text{атакует}(A, g, e, h) \ \& \ \neg(e = c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, e) \ \& \\ \text{ценазащиты}(B, c, i) \ \& \ x = \text{ценаполя}(A, e) + i) \ \vee \\ \exists_{jqrst} C(\text{атакует}(A, c, j, p) \ \& \ \neg(j = e) \ \& \ \text{ценаполя}(A, j) = q \ \& \\ C = \text{Ход}(A, c, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, j, s) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, e, t) \ \& \\ \text{ценовзятий}(C, e, r) \ \& \ x = \min((q + s) + (\text{ценаполя}(A, e) \ \text{при } t < 0, \ \text{иначе } 0), \\ q - r))) \ \& \ u = \text{ценаполя}(a, e) - k \ \& \ d < u \rightarrow d = u)$$

После взятия фигурой поля b фигуры поля e , отличной от пешки, возникает позиция A . Для получения оценки k выигрыша противника в этой позиции берется максимум оценок x такого выигрыша в следующих случаях:

- i. Реализуется ответное взятие фигуры e фигурой поля g , отличного от c . Величина x полагается равной сумме ценности фигуры e и степени защищенности фигуры поля c .
- ii. Реализуется взятие фигурой поля c фигуры поля j , отличного от e . В полученной позиции C вычисляются степень защищенности s фигуры j и степень защищенности t фигуры e . Кроме того, находится оценка r материального выигрыша при взятиях фигурой поля e какой-либо чужой фигуры. Чтобы определить x , рассматриваются два подслучая: в ответ на взятие будет выполняться взятие фигурой e , и тогда оценка выигрыша равна ценности фигуры j , уменьшенной на r . Либо ответным ходом будет взятие в позиции C фигуры j . Тогда оценка выигрыша - сумма ценности фигуры j и s , к которой, в случае отрицательного t , добавляется ценность фигуры e . Величина x - минимум оценок для этих подслучаев.

Окончательной оценкой выигрыша для данного взятия становится разность ценности фигуры e исходной позиции a и величины k .

- (с) Выдача результата. По окончании рассмотрения всех вариантов взятия, на уровне 2 выдается результат d .

19. Оператор "ценовзятий".

Обращение к оператору имеет вид "ценовзятий(a, b, c)". Входные данные - позиция a и поле b , на котором расположена фигура. Выходной переменной c присваивается наибольшая из оценок материальных выигрышей при взятиях фигурой b какой-либо чужой фигуры. Сначала иницируется нулем накопитель результата, а затем предпринимается однократный просмотр всех приемов, в порядке возрастания их уровней, и в накопителе сохраняется максимум найденных ими оценок.

- (а) Инициализация значения. Этот прием присваивает 0 накопителю выходного значения. Уровень срабатывания его равен 0.
- (б) Рассмотрение хода взятия.

$$\forall_{abcdem}(\text{атакует}(a, b, d, e) \ \& \ \text{цenaвзятия}(a, b, d, m) \ \& \ c < m \rightarrow c = m)$$

Определяется оценка m материального выигрыша при взятии фигурой b фигуры поля d . Уровень срабатывания равен 1.

- (с) Выдача результата. По окончании рассмотрения всех вариантов взятия, на уровне 2 выдается результат c .

3.5.8 Анализ угроз фигурам

В этом разделе приводятся приемы, усматривающие угрозы своим фигурам и анализирующие возможности их защиты.

1. Атака плохо защищенной фигуры.

$$\forall_{abcdkmnrA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{полефигуры}(a, r, b) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ b = d \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{связход}(a, c, b, m) \ \& \ \text{ценаполя}(a, b) > m \ \& \ \text{наибольший}(n, \text{set}_z(z = 0 \vee \exists_{pst}(\text{атакует}(A, p, b, s) \ \& \ \text{связход}(A, p, b, t) \ \& \ z = \text{ценаполя}(a, c) - t))) \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, b) - m - n \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset))$$

Чужая фигура поля c атакует фигуру поля b . Ценность фигуры b превышает оценку m побочных потерь после хода взятия. Находится максимум n разностей ценности фигуры c и оценок побочных потерь при ответных взятиях на поле b . В качестве оценки потерь на поле b берется положительная разность ценности фигуры b и суммы m, n .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

2. Фигура атакует фигуру, имеющую большую ценность.

$$\forall_{abcdkrA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{полефигуры}(a, r, b) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ b = d \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \exists_{ps}(\text{атакует}(A, p, b, s)) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) < \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, b) - \text{ценаполя}(a, c) \rightarrow \text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{Атакует}(a, c, b, \emptyset))$$

Чужая фигура поля c атакует фигуру поля b , имеющую большую ценность, чем c . Возможно ответное взятие. В качестве оценки потери берется разность ценностей фигур b и c .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

3. Определение возможных полей для отхода.

$$\forall_{abnA}(\text{потеря}(a, b, n) \ \& \ A = \text{set}_x(\text{ходфигуры}(a, b, x) \ \& \ \exists_y(y = \text{Ход}(a, b, x) \ \& \ \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(y, z, x, v) \ \& \ (\text{ценаполя}(y, z) < \text{ценаполя}(a, b) \vee \neg(\exists_w(\text{защищает}(y, x, w)))))))))) \ \& \ \neg(A = \emptyset) \rightarrow \text{отход}(a, b, A))$$

Если указано, что на поле b возможна потеря, то находится список A всех таких полей, на которые фигура поля b может перейти и при этом не оказаться атакованной фигурой, имеющей меньшую ценность, либо оказаться атакованной и незащищенной.

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование, два других - выделены указателем "программа". Отсутствует пара посылок вида "защход(a, d, b)", "выигрыш(a, d, k)", означающая, что имеется ход, приводящий к материальному выигрышу и одновременно защищающий фигуру поля b . Уровень срабатывания равен 4.

4. Определение возможных заслоняющих ходов.

$$\forall_{abcdemnsA} (\text{Атакует}(a, b, c, \emptyset) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \ \text{защита}(a, c, b, d, e) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \\ \text{заслонфигуры}(a, s, c, b))$$

На поле c возможна материальная потеря, причем чужая фигура поля b атакует фигуру c . Ход своей фигурой с поля d на поле e заслоняет фигуру c от фигуры b . После этого хода фигура поля e оказывается защищенной.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefgghkmnstAC} (\text{Атакует}(a, b, c, \emptyset) \ \& \ \text{текцвет}(a, k) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \\ \text{защита}(a, c, b, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ m < 0 \ \& \\ \neg(\exists_{xyB} (\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \ B = \text{Ход}(A, x, e) \ \& \ \neg(\text{мат}(B, k)))) \ \& \\ \text{король}(A, \neg k, f) \ \& \ \text{нападение}(A, f, g, h) \ \& \ C = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \\ \text{Мат}(C, \neg k) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg k) \ \& \\ \text{смход}(t, g, h) \ \& \ \text{угрмат}(A, t) \ \& \ \text{заслонфигуры}(a, s, c, b))$$

На поле c возможна материальная потеря, причем чужая фигура поля b атакует фигуру c . Ход своей фигурой с поля d на поле e заслоняет фигуру c от фигуры b . После этого хода возникает позиция A , в которой сделавшая ход фигура оказывается атакована, а размены на ее поле приводят к материальному проигрышу. Однако, после любого ответного ход взятия данной фигуры можно поставить мат чужому королю. Более того, в позиции A такой мат можно поставить сразу, ходом с поля g на поле h . Тогда рассматриваются два хода - заслоняющий ход s с поля d на поле e , а также ход t с поля g на h , представляющий собой угрозу мата. Второй ход будет учитываться при оценке потерь и выигрышей, связанных с первым ходом.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Указатель "объект" осуществляет регистрацию матрицы позиции A в комментариях задачи. Уровень срабатывания равен 2.

5. Определение возможных защищающих ходов.

$$\forall_{abcdeknprsa} (\text{Атакует}(a, b, c, \emptyset) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \\ \text{контрольполя}(a, r, c, d, e) \ \& \ \neg(c = d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ \neg(\exists_m (\text{связход}(a, d, e, m) \ \& \ 0 < m)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, k) \ \& \ 0 \leq k \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, c, p) \ \& \ 0 \leq p \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{защход}(a, s, c))$$

На поле s возможна материальная потеря, причем ход своей фигурой с поля d на поле e приводит к позиции A , в которой фигура e защищает фигуру s . Отсутствуют побочные потери, связанные с данным ходом. Степени защищенности обеих фигур в позиции A неотрицательные.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Отсутствует посылка "Атакует", указывающая, что фигура s атакована фигурой меньшей ценности. Отсутствует посылка с заголовком "Выигрыш". Указатель "цикл(4)" ускоряющий. Он заставляет прием выводить сразу всю серию посылок, перечисляя в четвертом антецеденте всевозможные ходы $d - e$. Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abcdeknrsA}(\text{Атакует}(a, b, c, \emptyset) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \\ \text{сквознконтроль}(a, r, c, b, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ \neg(\exists_m(\text{связход}(a, d, e, m) \ \& \ 0 < m)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, k) \ \& \ 0 < k \rightarrow \\ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{защход}(a, s, c))$$

На поле s возможна материальная потеря, причем ход своей фигурой с поля d на поле e приводит к позиции A , в которой чужая фигура b , атаковавшая фигуру s , оказывается атакована фигурой e и расположенной между s, e . Отсутствуют побочные потери, связанные с данным ходом. Фигура поля e в позиции A имеет положительную степень защищенности.

Схема идентификации, фильтры и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

$$\forall_{abcdeknprqsA}(\text{Атакует}(a, b, c, \emptyset) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \ \text{шахпомеха}(a, d, e, c) \ \& \\ \text{ходфигуры}(a, d, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, p) \ \& \ \neg(\exists_m(\text{связход}(a, d, p, m) \ \& \ 0 < m)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, p, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, q) \ \& \ 0 \leq q \rightarrow \\ \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{защход}(a, s, c))$$

На поле s возможна материальная потеря, причем своя фигура поля d заслоняет фигуру s от защиты фигурой поля e . Рассматривается ход фигурой d на поле p , приводящий к позиции A . Этот ход не дает побочных потерь, причем в позиции A фигура p имеет положительную степень защищенности, а фигура s - неотрицательную.

Схема идентификации, фильтры и уровень срабатывания - аналогично предыдущему приему, но с посылками идентифицируются первые два антецедента.

$$\forall_{abcdeknprqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, c, d) \ \& \ \text{потеря}(a, e, n) \ \& \\ \text{контрольполя}(a, e, b) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, p) \ \& \\ \neg(\exists_m(\text{связход}(a, d, p, m) \ \& \ 0 < m)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, k) \ \& \ 0 < k \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, e, q) \ \& \ 0 \leq q \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = \text{шахцвет}(a, e) \rightarrow \\ \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{защход}(a, s, e))$$

На поле e возможна материальная потеря, причем своя фигура поля b , защищающая фигуру e , связана - она заслоняет свою фигуру поля d от нападения на нее фигуры поля s . Ход фигурой поля d на некоторое поле p приводит к позиции A и не дает побочных потерь. В этой позиции степень защищенности фигуры p положительная, а фигуры e - неотрицательная.

Схема идентификации, фильтры и уровень срабатывания - аналогично предыдущему приему, но с посылками идентифицируются первые три антецедента.

$$\forall_{abcdeknprsrA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, c, d) \ \& \ \text{потеря}(a, e, n) \ \& \ \text{контрольполя}(a, e, b) \ \& \ \text{защита}(a, b, c, r, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, r, p) \ \& \ \neg(\exists_m(\text{связход}(a, r, p, m) \ \& \ 0 < m)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, k) \ \& \ 0 \leq k \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, q) \ \& \ 0 < q \ \& \ \text{шахцвет}(a, e) = \text{шахцвет}(a, b) \ \rightarrow \ \text{смход}(s, r, p) \ \& \ \text{защход}(a, s, e))$$

На поле e возможна материальная потеря, причем своя фигура поля b , защищающая фигуру e , связана - она заслоняет свою фигуру поля d от нападения на нее фигуры поля c . Ход своей фигурой поля r на поле p , расположенное между b и c , приводит к позиции A . В этой позиции степень защищенности фигуры p неотрицательна, а фигуры e - положительна.

Схема идентификации, фильтры и уровень срабатывания - аналогично предыдущему приему.

$$\forall_{abcdeknprsrA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, c, d) \ \& \ \text{потеря}(a, e, n) \ \& \ \text{контрольполя}(a, e, b) \ \& \ \text{шахотделяет}(a, b, d, r, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, r, p) \ \& \ \neg(\exists_m(\text{связход}(a, r, p, m) \ \& \ 0 < m)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, k) \ \& \ 0 \leq k \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, q) \ \& \ 0 \leq q \ \& \ \text{шахцвет}(a, e) = \text{шахцвет}(a, b) \ \rightarrow \ \text{смход}(s, r, p) \ \& \ \text{защход}(a, s, e))$$

Аналогично предыдущему, но поле p расположено между b и d .

$$\forall_{abcdehknrsA}(\text{Атакует}(a, b, c, \emptyset) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \ \text{контрольполя}(a, r, c, d, e) \ \& \ \neg(c = d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\exists_{fg}(\text{атакует}(A, f, e, g) \ \& \ \neg(f = b))) \ \& \ \neg(\exists_m(\text{связход}(a, d, e, m) \ \& \ n \leq m)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, k) \ \& \ 0 \leq k \ \& \ \neg(\exists_{pqj}(\text{атакует}(A, p, c, q) \ \& \ \neg(p = b) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, p, d, j))) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, h) \ \& \ (0 \leq h \ \vee \ \text{мат}(A, r)) \ \rightarrow \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{защход}(a, s, c))$$

На поле c возможна материальная потеря, причем фигура поля b - одна из атакующих ее фигур. Ход своей фигурой с поля d на поле e приводит к позиции A , в которой фигура e защищает фигуру c . Степень защищенности фигуры e в позиции A неотрицательна, причем ее не атакует никакая фигура, за исключением, быть может, фигуры b . Побочные потери от хода с d на e не превышают потерь на поле c . Непосредственно фигуру c атакует в позиции A только фигура b , причем в исходной позиции отсутствуют атакующие с сквозным образом фигуры, связанные фигурой поля d . Либо степень защищенности фигуры c в позиции A неотрицательна, либо в этой позиции, при отмене хода противника, делается мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "Атакует(a, x, c, \emptyset)", где x отлично от b . Отсутствует посылка с заголовком "Выигрыш". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abcdkmpstA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{потеря}(a, c, m) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, k) \ \& \ \text{услугмат}(a, p, t) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ k \leq m \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \rightarrow \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{защход}(a, s, c))$$

$$\neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, d, y) \& (\neg(x = p) \vee \exists_B(B = \text{Ход}(A, x, d) \& \neg(\text{мат}(B, b)))))) \rightarrow \text{защход}(a, s, c))$$

На поле s возможна материальная потеря, оцениваемая в m единиц. Ход s фигурой поля c на поле d приводит к предположительному материальному выигрышу k , не превосходящему m . Имеется посылка, указывающая, что в исходной позиции, в случае удаления фигуры поля p , было бы возможно поставить мат противнику. После хода s фигура d не атакована фигурами, отличными от p , причем взятие ее фигурой p немедленно приводит к мату.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abcdekmpstA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, b) \& \text{потеря}(a, e, m) \& \text{выигрыш}(a, s, k) \& \text{смход}(s, c, d) \& k \leq m \& A = \text{Ход}(a, c, d) \& \text{король}(A, \neg b, p) \& \neg(\exists_x(\text{атакует}(A, d, p, x))) \& \text{ценазащиты}(A, e, n) \& 0 \leq n \rightarrow \text{защход}(a, s, e))$$

На поле e возможна материальная потеря, оцениваемая в m единиц. Ход s фигурой поля c на поле d приводит к предположительному материальному выигрышу, не превосходящему m . Он не дает шах чужому королю (иначе ход будет анализироваться другими приемами). После данного хода степень защищенности фигуры e неотрицательна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 6.

6. Определение хода, связывающего атакующую фигуру.

$$\forall_{abcdefknrsA}(\text{Атакует}(a, b, c, \emptyset) \& \text{текцвет}(a, r) \& \text{потеря}(a, c, n) \& \text{нападение}(a, b, d, e) \& A = \text{Ход}(a, d, e) \& \text{шахсвязка}(A, b, e, f) \& \neg(\exists_m(\text{связход}(a, d, e, m) \& 0 < m)) \& \text{ценазащиты}(A, e, k) \& 0 \leq k \& \text{ценазащиты}(A, c, m) \& 0 < m \& (\text{ценаполя}(A, e) < \text{ценаполя}(A, f) \vee \neg(\exists_x(\text{защищает}(A, f, x)))) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \& \text{защход}(a, s, c) \& \text{шахсвязывает}(a, s, b))$$

На поле s возможна материальная потеря, причем фигура поля b - одна из атакующих ее фигур. Ход своей фигурой с поля d на поле e атакует фигуру b и одновременно связывает ее - при удалении фигуры b оказывается атакована фигура поля f . Этот ход не приводит к побочным потерям. В возникающей после него позиции A степень защищенности фигуры s положительна, а фигуры e - неотрицательна. Либо ценность фигуры e меньше ценности фигуры f , либо фигура f не защищена.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "Выигрыш". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 5.

7. Взятие атакующей фигуры, создающей связку.

$$\forall_{abcdkmnpqrsA}(\text{текпозиция}(A) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, c, d) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{атакует}(a, p, c, m) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, m) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, m, q) \ \& \ 0 \leq q + \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, k) \ \& \ 0 \leq k \rightarrow \text{смход}(s, p, m) \ \& \ \text{защход}(a, s, b))$$

Своя фигура поля b заслоняет свою фигуру поля d от нападения на нее фигуры поля c . На поле b усматривается материальная потеря. Своя фигура поля p атакует фигуру c , и после ее хода взятия возникает позиция A . Сумма степени защищенности сделавшей ход фигуры и ценности взятой фигуры неотрицательна. Степень защищенности фигуры b в позиции A тоже неотрицательна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка, указывающая на потерю, большую чем n . Отсутствует посылка с заголовком "Выигрыш". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 5.

8. Усмотрение уже выделенных ходов, приводящих к защите атакуемых фигур.

$$\forall_{abcdkqprA}(\text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{смход}(p, c, d) \ \& \ \text{Полефигуры}(a, c) \ \& \ \text{шахцвет}(a, c) = r \ \& \ \text{Атакует}(a, q, b, \emptyset) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{шахсвязка}(A, d, q, b) \ \& \ \neg(\exists_{xyz}(\text{атакует}(A, x, d, y) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, x, d, z) \ \& \ 0 < z)) \rightarrow \text{прикрход}(a, p, b, q))$$

На поле b своей фигуры усматривается потеря, причем уже выделен для рассмотрения ход p , переводящий свою фигуру поля c на поле d , отделяющее фигуру b от атакующей ее фигуры поля q . Сделавшая ход p фигура оказывается защищена. Тогда вводится посылка, характеризующая ход p как заслоняющий фигуру b от нападения фигурой q .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "Атакует", указывающая на непосредственное нападение отличной от q фигуры на фигуру b . Поля b, c различны. Либо отсутствует пара посылок, указывающих, что другой ход приводит к шаху с выигрышем, либо существует посылка, указывающая, что на некотором поле, отличном от b , тоже имеется потеря. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcdkmpA}(\text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{смход}(p, c, d) \ \& \ \neg(b = c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{защищает}(A, b, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ 0 \leq \text{ценаполя}(a, d) + m \rightarrow \text{защход}(a, p, b))$$

На поле b своей фигуры усматривается потеря, причем уже выделен для рассмотрения ход p другой фигурой, приводящий к выигрышу и одновременно защищающий фигуру b . Сумма степени защищенности сделавшей ход фигуры и ценности взятой ею фигуры неотрицательна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Фигура b не атакована фигурой меньшей ценности. Существует посылка, указывающая, что ход p приводит к выигрышу. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcdkmnpA}(\text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{смход}(p, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{защищает}(A, b, d) \\ \& \ \neg(\text{защищает}(a, b, c)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \neg(b = c) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{защход}(a, p, b))$$

На поле b своей фигуры усматривается потеря, причем уже выделен для рассмотрения ход p фигурой другого поля c , защищающий фигуру b . В исходной позиции фигура c не защищала фигуру b . В новой позиции степени защищенности фигуры b и фигуры, сделавшей ход, положительны.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Фигура b не атакована фигурой меньшей ценности. Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abdkmpA}(\text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{смход}(p, b, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, d) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{защход}(a, p, b))$$

На поле b своей фигуры усматривается потеря, причем уже выделен для рассмотрения ход p данной фигуры. После хода степень защищенности фигуры оказывается положительной.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcdefkmnpqA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, q) \ \& \ \text{потеря}(a, b, k) \ \& \ \text{смход}(p, c, d) \\ \& \ \text{выигрыш}(a, p, m) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{атакует}(A, d, e, f) \ \& \\ \text{ценавзятия}(A, d, e, n) \ \& \ k < n \ \& \ \neg(\exists_{tuB}(\text{ходфигуры}(A, e, t) \ \& \ B = \text{Ход}(A, e, t) \\ \& \ \neg(\text{мат}(B, q)) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, t, u) \ \& \ -m < u \ \& \ \neg(\exists_{xyrsC}(\text{атакует}(B, d, x, y) \\ \& \ \text{возмход}(B, d, x) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, d, x, s) \ \& \ m \leq s \ \& \ C = \text{Ход}(B, d, x) \ \& \\ \text{ценазащиты}(C, b, r) \ \& \ -s \leq r)))))) \rightarrow \text{защход}(a, p, b))$$

На поле b своей фигуры усматривается потеря в k единиц, причем уже выделен для рассмотрения ход p фигурой другого поля c на поле d , приводящий к выигрышу m . После хода p возникает позиция A , в которой фигура d атакует фигуру e , а материальный выигрыш n от взятия ее превосходит k . Не существует такого хода фигурой e после которого возникает позиция B , удовлетворяющая условиям:

- (a) В позиции B нельзя дать мат чужому королю.
- (b) Степень защищенности фигуры, сделавшей ход, больше чем $-m$,
- (c) Своя фигура поля d не может добиться материального выигрыша, не меньшего m , путем взятия чужой фигуры, с одновременным достижением степени защищенности фигуры b , не меньшей $-s$.

При выполнении этих условий ход p присоединяется к списку ходов, защищающих фигуру b .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в четвертом антецеденте. Уровень срабатывания равен 4.

9. Усмотрение заслоняющего хода, провоцирующего вскрытое двойное нападение.

$$\forall_{abcdefgA}(\text{прикрход}(a, b, c, d) \ \& \ \text{смход}(b, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{сквознатака}(A, f, d, g) \ \& \ \text{ценаполя}(A, g) < \text{ценаполя}(A, f) \rightarrow \text{опаснход}(a, e, f))$$

Ход b с поля e на поле f заслоняет свою фигуру поля c от нападения на нее фигуры поля d . Усматривается сквозное нападение фигуры поля g через фигуру d на сделавшую ход фигуру. Ценность последней больше ценности фигуры g .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefgA}(\text{заслонфигуры}(a, b, c, d) \ \& \ \text{смход}(b, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{сквознатака}(A, f, d, g) \ \& \ \text{ценаполя}(A, g) < \text{ценаполя}(A, f) \rightarrow \text{опаснход}(a, e, f))$$

Аналогично предыдущему. Отличие от предиката "прикрход" состоит лишь в том, что здесь не требуется защищенность сделавшей ход фигуры.

10. Использование рокировки для отвода ладьи из-под удара.

$$\forall_{abdehknpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, h) \ \& \ \text{рокировка}(a, b, k, d, e) \ \& \ \text{возмход}(a, h, k) \ \& \ A = \text{Ход}(a, h, k) \ \& \ \text{потеря}(a, d, n) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, p) \ \& \ 0 < p \rightarrow \text{смход}(s, h, k) \ \& \ \text{ходрокировки}(a, s, d, e) \ \& \ \text{защход}(a, s, d))$$

Усматривается потеря своей ладьи на поле d . Возможна рокировка своим королем с этой ладьей. После нее ладья оказывается защищенной.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "Выигрыш". Прием вводит новую переменную. Уровень срабатывания равен 5.

11. Усмотрение кратной защиты при рокировке.

$$\forall_{adehknpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смход}(s, h, k) \ \& \ \text{ходрокировки}(a, s, q, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, h, k) \ \& \ \text{потеря}(a, d, n) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, p) \ \& \ 0 < p \rightarrow \text{защход}(a, s, d))$$

После ввода в рассмотрение хода рокировки s перепроверяются степени защищенности фигур, для которых в исходной позиции усматривалась потеря.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "защход(a, s, d)". Уровень срабатывания равен 6.

12. Отбрасывание вариантов отхода, создающих угрозу вилки.

$$\forall_{abcdkmnpqAB}(A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{нападение}(A, c, m, n) \ \& \ B = \text{Ход}(A, m, n) \ \& \ \text{атакует}(B, n, p, q) \ \& \ \neg(p = c) \ \& \ \text{ценаполя}(A, m) < \text{ценаполя}(A, c) \ \& \ \text{ценаполя}(A, m) < \text{ценаполя}(B, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, n, k) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{отход}(a, b, \{; d\}))$$

Рассматривается вариант отхода с поля b на поле c . Возможен ответный ход с поля m на поле n , атакующий сделавшую ход фигуру, а также некоторую другую фигуру. Ценности обеих атакованных фигурой n фигур больше, чем ценность атакующей фигуры. Фигура n хорошо защищена. В этой ситуации вариант отхода на поле c отбрасывается.

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется к посылке задачи на исследование. Все antecedentes выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "Выигрыш". Уровень срабатывания равен 6.

13. Размен фигур, приводящий к защите.

$$\forall_{abcdefmnsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ \text{атакует}(a, e, c, f) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) = \text{ценаполя}(a, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{смход}(s, e, c) \ \& \ \text{защход}(a, s, b))$$

Усматривается потеря фигуры на поле b . Эта фигура атакована фигурой поля c , а последняя - равноценной своей фигурой поля e . После взятия фигуры поля c фигура b оказывается защищена.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abcdefnsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ \text{атакует}(a, e, c, f) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) = \text{ценаполя}(a, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, c) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) = \text{ценаполя}(a, b) \rightarrow \text{смход}(s, e, c) \ \& \ \text{шахразмен}(a, s) \ \& \ \text{защход}(a, s, b))$$

Аналогично предыдущему, но вместо требования защищенности фигуры b после хода взятия проверяется условие равноценности фигур b, c .

14. Усмотрение косвенной связки.

$$\forall_{abcdempqrsABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{шахфигура}(a, d) \in \{\text{ладья}, \text{ферзь}\} \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \neg(\exists_x(\text{ходфигуры}(A, c, x))) \ \& \ \text{защита}(A, c, e, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{защищает}(B, q, r) \ \& \ \neg(r = c) \ \& \ C = \text{шахудаление}(A, r) \ \& \ \text{фиксмат}(C, b, e, 3) \rightarrow \text{косвсвязка}(a, r, d))$$

Если в текущей позиции пропустить свой ход, то ход чужой ладьи либо ферзя с поля d на поле e атакует короля и приводит к позиции A . Степень защищенности фигуры e в позиции A положительна. Атакованный король в этой позиции не имеет возможности сделать ход, однако существует загоразживающий его ход с поля p на поле q . После данного хода фигура q оказывается защищена фигурой поля r , отличной от короля. Если в позиции A удалить фигуру r , то свой король получает мат не более чем в 3 хода. Тогда вводится указание, что фигура поля r косвенно связана.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdemnpqABC}(\text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, c) \ \& \ \text{горизлин}(c) = (1 \text{ при } b = 0, \text{ иначе } 8) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \neg(\text{Полефигуры}(a, e)) \ \& \ \text{шахфигура}(a, d) \in \{\text{ладья, ферзь}\} \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \neg(\exists_x(\text{ходфигуры}(A, c, x))) \ \& \ \text{защита}(A, c, e, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, q, n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{косвсвязка}(a, p, d))$$

Свой король находится на нижней горизонтали. Если в текущей позиции пропустить свой ход, то ход чужой ладьи либо ферзя с поля d на пустое поле e атакует короля и приводит к позиции A . Степень защищенности фигуры e в позиции A положительна. Атакованный король в этой позиции не имеет возможности сделать ход, однако существует загораживающий его ход с поля p на поле q . Степень защищенности сделавшей ход фигуры положительна. Вводится указание, что фигура поля p косвенно связана.

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

15. Угроза мата своему королю.

(a) Усмотрение непосредственной угрозы мата своему королю.

$$\forall_{abcdprs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, p) \ \& \ \text{нападение}(a, p, c, d) \ \& \ r = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{уходит}(r, p, z))) \ \& \ \neg(\exists_{zv}(\text{защита}(r, p, d, z, v))) \ \& \ \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(r, z, d, v))) \ \& \ \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(a, z, p, v))) \rightarrow \text{угрмат}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d))$$

В текущей позиции нет шаха своему королю. Существует ход s противника, осуществляющий прямое нападение на короля и дающий мат. Вводится посылка, указывающая на угрозу мата ходом s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdeprs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, p) \ \& \ \text{вскрнападение}(a, p, c, d, e) \ \& \ r = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{уходит}(r, p, z))) \ \& \ \neg(\exists_{zv}(\text{защита}(r, p, e, z, v))) \ \& \ \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(r, z, e, v))) \ \& \ \neg(\exists_{zv}(\text{атакует}(a, z, p, v))) \rightarrow \text{угрмат}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d))$$

Аналогично предыдущему, но рассматривается не прямое, а вскрытое нападение на короля.

(b) Усмотрение угрозы мата своему королю при отходе фигуры, находящейся под ударом.

$$\forall_{abcdefghinpqABCD}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ 3 < n \ \& \ \text{король}(a, c, d) \ \& \ A = \text{шахудаление}(a, b) \ \& \ \text{нападение}(A, d, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(B, c, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, e, f) \ \& \ C = \text{Ход}(B, e, f) \ \& \ \text{король}(C, c, g) \ \& \ \text{нападение}(C, g, h, i) \ \& \ \neg(q = h) \ \& \ D = \text{Ход}(C, h, i) \ \& \ \text{Мат}(D, c) \ \& \ \neg(\exists_{jmrE}(\text{полефигуры}(B, c, j) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, j, m) \ \& \ E = \text{Ход}(B, j, m) \ \& \ \text{король}(E, c, r) \ \& \ \text{атакует}(E, c, d))) \rightarrow \text{угрмат}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d))$$

$$\neg(\exists_{xyF}(\text{нападение}(E, r, x, y) \ \& \ x = h \ \& \ F = \text{Ход}(E, x, y) \ \& \ \text{Мат}(F, c)))) \rightarrow \text{Угрмат}(a, b, p, h))$$

Усматривается потеря фигуры поля b , не менее ценной, чем ладья. При удалении этой фигуры возможен ход противника с поля p на поле q , атакующий короля. В получившейся позиции B любой ответный ход приводит к позиции, в которой противник может дать мат. Вводится посылка, указывающая, что при удалении фигуры b совместное действие фигур p, h дает мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

- (с) Отвод фигуры, блокирующей контроль поля, с которого дается мат.

$$\forall_{abcdefghpqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{угрмат}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{король}(A, b, p) \ \& \ \text{атакует}(A, r, p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(A, b, e) \ \& \ \text{блокатаки}(A, e, f, g) \ \& \ g = r \ \& \ \text{ходфигуры}(a, e, h) \ \& \ B = \text{Ход}(a, e, h) \ \& \ \neg(\text{мат}(B, \neg b)) \rightarrow \text{смход}(t, e, h) \ \& \ \text{защмат}(a, s, t))$$

Имеется указание на угрозу мата, если противник сделает ход s . После этого хода возникает позиция A , в которой фигура противника, находящаяся на поле r , атакует короля (дает ему мат). Своя фигура поля e загромождает в позиции A другую свою фигуру от нападения ее на фигуру r . В исходной позиции рассматривается ход фигуры e на какое-то поле h , после которого противник уже не может дать мат в один ход. Вводится посылка, указывающая, что данный ход предотвращает угрозу мата ходом s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 4.

- (d) Взятие под контроль поля, с которого дается мат.

$$\forall_{abcdefpqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{угрмат}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{король}(a, b, p) \ \& \ B = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{атакует}(B, r, p, q) \ \& \ \text{контрольполя}(a, b, r, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg b)) \rightarrow \text{смход}(t, e, f) \ \& \ \text{защмат}(a, s, t))$$

Имеется указание на угрозу мата, если противник сделает ход s . После этого хода возникает позиция B , в которой фигура противника, находящаяся на поле r , дает мат. Однако, если в исходной позиции сделать ход t своей фигурой с поля e на поле f , то поле r оказывается под ударом, и мат уже не ставится.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

- (e) Ход фигурой для заслона поля, с которого дается мат.

$$\forall_{abcdefpqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{угрмат}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{король}(a, b, p) \ \& \ B = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{атакует}(B, d, p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \neg(\text{возмход}(A, c, d)) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg b)) \rightarrow \text{смход}(t, e, f) \ \& \ \text{защмат}(a, s, t))$$

Имеется указание на угрозу мата, если противник сделает ход s с поля c на поле d . После этого хода возникает позиция B , в которой сделавшая ход фигура дает мат. Однако, если в исходной позиции сделать ход t своей фигурой с поля e на поле f , то поле d оказывается загорожено, ход s невозможен, и мат противником не дается.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

- (f) Отвод своей фигуры, примыкающей к королю.

$$\forall_{abcdefghsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a,b) \ \& \ \text{угрмат}(a, \) \ \& \ \text{смход}(c,d,e) \ \& \ \text{король}(a,b,f) \ \& \ \text{соседнполя}(f,g) \ \& \ \text{полефигуры}(a,b,g) \ \& \ \text{ходфигуры}(a,g,h) \ \& \ A = \text{Ход}(a,g,h) \ \& \ \text{возмход}(A,d,e) \ \& \ B = \text{Ход}(A,d,e) \ \& \ \neg(\text{форсмат}(B,b,2)) \rightarrow \text{смход}(s,g,h) \ \& \ \text{защмат}(a,c,s))$$

Имеется указание на угрозу мата, если противник сделает ход s . На соседнем со своим королем поле g находится своя фигура. Если она делает ход на поле h , то ход s по-прежнему возможен, однако после него не усматривается возможность форсированного мата даже за 2 хода. Оператор "форсмат" будет рассмотрен в нижеследующих разделах.

Далее в данном подразделе рассматриваются вспомогательные операторы, реализованные в виде пакетов продукций на ГЕНОЛОГе.

16. Оператор "связход".

Обращение к оператору имеет вид "связход(a, b, c, d)". Входные данные - позиция a и поля b, c . Выходной переменной d присваивается оценка потерь для фигур, защищавшихся либо загороженных фигурой поля b , после ее хода на поле c . Сначала иницируется нулем накопитель результата d , а затем предпринимается однократный просмотр всех приемов, в порядке возрастания их уровней, и в накопителе сохраняется максимум найденных ими оценок. Пакет использует буфер, в котором сохраняются результаты нескольких последних обращений. По мере возможности, из него извлекаются готовые результаты.

- (a) Инициализация значения. Этот прием присваивает 0 накопителю выходного значения. Уровень срабатывания его равен 0.

- (b) Фигура участвует в связке.

$$\forall_{abcdefpA}(\text{шахсвязка}(a,b,f,e) \ \& \ A = \text{Ход}(a,b,c) \ \& \ \neg(c=f) \ \& \ \neg(\text{шахсвязка}(A,c,f,e)) \ \& \ \text{возмход}(A,f,e) \ \& \ \text{ценавзятия}(A,f,e,p) \ \& \ d < p \rightarrow d = p)$$

Фигура поля b заслоняет свою фигуру поля e от нападения на нее фигуры поля f . После хода на поле c , отличное от f , она уже не заслоняет фигуру e , и взятие становится возможным. Находится оценка p материального выигрыша при взятии, которая сравнивается с величиной накопителя d . Уровень срабатывания равен 1.

- (c) Фигура защищает атакованную фигуру.

$$\forall_{abcdffpqrA}(\text{защищает}(a,f,b) \ \& \ A = \text{Ход}(a,b,c) \ \& \ \neg(\text{одналиния}(b,c,f)) \ \& \ \text{атакует}(A,p,f,q) \ \& \ \text{ценавзятия}(A,p,f,r) \ \& \ d < r \rightarrow d = r)$$

Фигура поля b защищает свою фигуру поля f . Поля b, c, f не лежат на одной линии. После хода на поле c возникает позиция A , в которой фигура поля p атакует фигуру f . Находится оценка r материального выигрыша при взятии ею фигуры f . Уровень срабатывания равен 1.

- (d) Фигура контролирует поле проходной пешки.

$\forall abcdefmnpqAB (n = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ m = (1 \text{ при } n = 0, \text{ иначе } 8) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, b, f) \ \& \ \text{горизлин}(f) = m \ \& \ p = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{следполе}(f, p, e) \ \& \ \text{шахфигура}(a, e) = \text{пешка} \ \& \ \text{шахцвет}(a, e) = \neg n \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{возмход}(A, e, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, e, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, f, q) \ \& \ 0 < q \rightarrow d = 9)$

Фигура поля b контролирует свободное поле f последней горизонтали, на которое может сделать ход чужая проходная пешка поля e . После хода с b на c эта пешка получает возможность превращения в защищенного ферзя. Констатируется увеличение материальных средств противника на 9. Уровень срабатывания равен 1.

- (e) Усмотрение мата после хода косвенно связанной фигурой.

$\forall abcdefghijklm (\text{посылка}(\text{косвсвязка}(e, f, g)) \ \& \ \text{посылка}(\text{текцвет}(e, i)) \ \& \ b = f \ \& \ h = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg i, g) \ \& \ \text{король}(h, i, j) \ \& \ \text{нападение}(h, j, k, l) \ \& \ l = g \ \& \ m = \text{Ход}(h, g, k) \ \& \ \text{фиксмат}(m, i, k, 3) \rightarrow d = 100)$

Посылка "косвсвязка(e, f, g)" означает, что в позиции e фигура поля f необходима для предотвращения форсированного мата своему королю фигурой поля g . Проверяется, что f равно b . После хода с b на c возникает позиция h . В ней ход чужой фигуры поля g на поле k дает шах королю. Оператор "фиксмат", описываемый в последующих разделах, усматривает следующий не более чем за 3 хода форсированный мат, связанный с действиями фигуры k . Уровень срабатывания равен 1.

- (f) Выдача результата. По окончании рассмотрения возможных побочных потерь, на уровне 2 выдается результат d .

17. Оператор "ценазащиты".

Обращение к оператору имеет вид "ценазащиты(a, b, c)". Входные данные - позиция a и поле b . Выходной переменной c присваивается оценка выигрыша, проистекающего из взятия противником фигуры поля b . Выдаются как положительные, так и отрицательные оценки, что отличает данный оператор от оператора "ценавзятия". В последнем, даже при проигрыше, выдавалась оценка 0. Величину c условимся называть степенью защищенности фигуры b . Сначала программа иницирует значением 100 накопитель результата c , а затем предпринимает однократный просмотр всех приемов, в порядке возрастания их уровней, и в накопителе сохраняет минимум найденных оценок. Значение 100 выдается при отсутствии нападения на фигуру, а близкое к 100 - если нападения приводят к мату противнику. Пакет использует буфер, в котором сохраняются результаты нескольких последних обращений.

- (a) Инициализация значения. Этот прием присваивает 100 накопителю выходного значения. Уровень срабатывания его равен 0.

(b) Рассмотрение вариантов нападения на фигуру.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdemnB}(\text{атакует}(a, e, b, d) \ \& \ B = \text{Ход}(a, e, b) \ \& \ \text{наибольший}(m, \text{set}_z(z = 0 \\ & \vee \ \exists_{xy}(\text{атакует}(B, x, d, y) \ \& \ \text{ценовзятия}(B, x, d, z)) \ \vee \\ & \exists_{xy}(\text{шахсвязка}(a, e, x, y) \ \& \ \neg(b = x) \ \& \ \text{ценовзятия}(B, x, y, z)) \ \vee \\ & \exists_{uvwtfghC}(\text{посылка}(\text{косвсвязка}(u, v, w)) \ \& \ t = \text{шахцвет}(a, e) \ \& \ v = e \ \& \\ & \text{король}(B, t, f) \ \& \ \text{нападение}(B, f, g, h) \ \& \ C = \text{Ход}(B, g, h) \ \& \\ & \text{фиксмат}(C, t, h, 3) \ \& \ z = 100)) \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ n < c \rightarrow c = n) \end{aligned}$$

Рассматривается ход взятия чужой фигурой поля e фигуры поля b . После него возникает позиция B . Затем определяется максимум m следующих значений z :

- i. $z = 0$.
- ii. z - оценка материального выигрыша ответного взятия фигуры b в позиции B какой-либо фигурой (рассматриваются все варианты).
- iii. Фигура e заслоняла свою фигуру поля y от нападения на нее фигуры поля x , отличного от b . В качестве z берется оценка материального выигрыша при взятии фигурой x фигуры y в позиции B .
- iv. Текущая задача имеет посылку "косвсвязка(...)", означающую, что в текущей позиции фигура поля e необходима для предотвращения форсированного мата своему королю фигурой поля w . Проверяется наличие хода, дающего шах этому королю в позиции B , после которого имеет место форсированный мат не более чем в 3 хода. В качестве z берется 100.

После того, как оценка m выигрыша при ответных действиях после взятия определена, находится разность n величины m и ценности взятой фигуры b . Если она меньше значения накопителя, то накопитель корректируется.

(c) Выдача результата.

(d) Выдача результата. По окончании рассмотрения возможных ходов взятия, на уровне 2 выдается результат c .

18. Оператор "опаснход".

Обращение к оператору имеет вид "опаснход(a, b, c)". Входные данные - позиция a и поля b, c . Оператор истинен, если ход фигурой c поля b на поле c снимает необходимую защиту либо ставит под удар фигуру, сделавшую ход.

(a) Обращение к процедуре "связход".

$$\forall_{abcn}(\text{связход}(a, b, c, n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{истина})$$

Ход снимает защиту. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Ход на атакуемую позицию.

$$\forall_{abcdemA}(A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(A, d, c, e) \ \& \ \text{ценовзятия}(A, d, c, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{истина})$$

Фигура делает ход на атакованную позицию, размены на которой приводят к материальному проигрышу. Уровень срабатывания равен 2.

19. Оператор "защвилка".

Обращение к оператору имеет вид "защвилка(a, b, c, d, e, f)". Входные данные - позиция a и поле b фигуры, одновременно атакующей фигуры полей c, d . Оператор перечисляет такие пары полей e, f , что ход с поля e на поле f мог бы оказаться полезным для разрушения вилки b, c, d . Уровни срабатывания всех приемов равны 1. Фактически анализ способов защиты от созданной противником вилки делается без участия данного оператора. Он используется в антецедентах приемов для усмотрения того, что противник не имеет шансов разрушить создаваемую вилку.

(a) Попытка шаха.

$$\forall_{abefgnpqrA}(\text{шахцвет}(a, b) = p \ \& \ \text{король}(a, p, g) \ \& \ \text{нападение}(a, g, q, r) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, q, r) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, r, n) \ \& \ -5 < n \rightarrow e = q \ \& \ f = r)$$

Рассматривается ход, нападающий на чужого короля, при котором суммарная потеря была бы меньшей, чем потеря ладьи.

(b) Попытка взятия фигуры нападающей стороны одной из атакуемых фигур.

$$\forall_{acdefnpqA}(\text{атакует}(a, c, p, q) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) \leq \text{ценаполя}(a, p) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, c, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, n) \ \& \ 0 \leq \text{ценаполя}(a, p) + n \rightarrow \\ e = c \ \& \ f = p)$$

$$\forall_{acdefnpqA}(\text{атакует}(a, d, p, q) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(a, p) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, d, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, n) \ \& \ 0 \leq \text{ценаполя}(a, p) + n \rightarrow \\ e = d \ \& \ f = p)$$

Рассматривается ход взятия одной из атакованных фигур чужой фигуры, не менее ценной, чем другая атакованная фигура. Сумма ценности взятой фигуры и степени защищенности сделавшей ход фигуры неотрицательна.

(c) Взятие фигуры, создавшей вилку.

$$\forall_{abcdefkmpqsA}(\text{атакует}(a, p, b, q) \ \& \ \text{ценавзятия}(a, b, c, m) \ \& \\ \text{ценавзятия}(a, b, d, n) \ \& \ k = \min(m, n) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, b) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, q, s) \ \& \ -s < k \rightarrow e = p \ \& \ f = b)$$

Рассматривается ход взятия фигуры поля b , потери после которого меньше минимума из потерь при взятии одной из фигур c, d фигурой b .

(d) Одновременная защита атакуемых фигур.

$$\forall_{abcdefghkmnpA}(\text{шахцвет}(a, c) = p \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(a, b) \ \& \\ \text{ценаполя}(a, d) \leq \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ \text{контрольполя}(a, p, c, g, h) \ \& \ \neg(g = c) \ \& \\ \neg(g = d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \ \text{защищает}(A, h, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, h, k) \ \& \\ \text{ценавзятия}(a, b, c, m) \ \& \ \text{ценавзятия}(a, b, d, n) \ \& \ -k - \text{ценаполя}(a, h) < \\ \min(m, n) \rightarrow e = g \ \& \ f = h)$$

Ценность фигуры b не меньше ценностей фигур c, d . Рассматривается ход, защищающий одновременно фигуры c, d , причем такой, что суммарная потеря для фигуры, сделавшей ход, меньше минимума потерь для фигур c, d .

(e) Одна из атакуемых фигур защищает другую.

$$\forall_{abcdefmnpqrA}(\text{ходфигуры}(a, c, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, q) \ \& \\ \text{контрольполя}(A, d, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, q, m) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, n) \ \&$$

ценавзятия(a, b, c, r) & ценавзятия(a, b, d, s) & $-\min(m, n) < \min(r, s) \rightarrow e = c \& f = q$)

$\forall_{abcdefmnpqrsA}$ (ходфигуры(a, d, q) & $A = \text{Ход}(a, d, q)$ & контрольполя(A, c, q) & ценазащиты(A, q, m) & ценазащиты(A, c, n) & ценавзятия(a, b, d, r) & ценавзятия(a, b, c, s) & $-\min(m, n) < \min(r, s) \rightarrow e = d \& f = q$)

Одна из атакованных фигур делает ход, приводящий к защите другой фигуры. Минимум потерь для обеих фигур после хода меньше, чем до этого хода.

20. Оператор "защитнход".

Обращение к оператору имеет вид "защитнход(a, b, c, d, e)". Входные данные - позиция a и поле b фигуры, атакующей фигуру поля c . Оператор перечисляет такие пары полей d, e , что ход с поля d на поле e целесообразно рассмотреть для предотвращения материальных потерь при взятии фигуры c фигурой b . Уровни срабатывания всех приемов равны 1. Как и оператор "защвилка", данный оператор используется только для определения того, что противник не имеет шансов защитить свою фигуру после рассматриваемых приемом ходов. Анализ возможности защитить свои фигуры в текущей позиции делается без его участия.

(a) Попытка шаха.

$\forall_{abdefpqr}$ (шахцвет(a, b) = p & король(a, p, f) & нападение(a, f, q, r) $\rightarrow d = q \& e = r$)

Рассматривается ход, нападающий на чужого короля.

(b) Загораживающий ход.

$\forall_{abcdefgnpA}$ (шахцвет(a, c) = p & полефигуры(a, p, f) & ходфигуры(a, f, g) & $A = \text{Ход}(a, f, g)$ & $\neg(\text{возмход}(A, b, c))$ & ценазащиты(A, g, n) & $0 \leq n \rightarrow d = f \& e = g$)

Рассматривается ход своей фигурой, в результате которого ход с b на c становится невозможен. Степень защищенности фигуры после ее хода неотрицательна.

(c) Атакующий ход.

$\forall_{acdefgmnpqrA}$ (шахцвет(a, c) = p & полефигуры(a, p, f) & ходфигуры(a, f, g) & $A = \text{Ход}(a, f, g)$ & атакует(A, g, q, r) & ценавзятия(A, g, q, m) & $0 < m$ & ценазащиты(A, g, n) & $0 \leq n \rightarrow d = f \& e = g$)

Рассматривается ход своей фигурой, в результате которого она атакует чужую фигуру, с положительным материальным выигрышем при разменах. Степень защищенности фигуры после ее хода неотрицательна.

(d) Защищающий ход.

$\forall_{acdefgnpA}$ (шахцвет(a, c) = p & полефигуры(a, p, f) & ходфигуры(a, f, g) & $A = \text{Ход}(a, f, g)$ & защищает(A, c, g) & ценазащиты(A, g, n) & $0 \leq n \rightarrow d = f \& e = g$)

Рассматривается ход своей фигурой, в результате которого она защищает фигуру c . Степень защищенности фигуры после ее хода неотрицательна.

(e) Вскрытое нападение.

$$\forall_{acdefgnpqrA}(\text{шахцвет}(a, c) = p \ \& \ \text{полефигуры}(a, p, f) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, f, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \text{вскрнападение}(a, q, f, g, r) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, g, n) \ \& \ 0 \leq n \rightarrow d = f \ \& \ e = g)$$

Рассматривается ход своей фигурой, дающий вскрытое нападение на чужую фигуру. Степень защищенности фигуры после ее хода неотрицательна.

21. Оператор "смпотеря".

Обращение к оператору имеет вид "смпотеря(a, b, c)". Входные данные - позиция a и цвет фигур b . Выходной переменной c присваивается оценка материальной потери для фигур цвета b , проистекающей из немедленного взятия их фигуры.

Оператор имеет единственный прием:

$$\forall_{abcx}(\text{наибольший}(x, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{uzv}(\text{полефигуры}(a, \neg b, u) \ \& \ \text{атакует}(a, u, z, v) \ \& \ \text{ценавзятия}(a, u, z, y)))))) \rightarrow c = x)$$

Находится максимальный материальный выигрыш чужих фигур при взятии ими фигур цвета b .

3.5.9 Анализ шаха чужому королю

При анализе шаха используются приемы следующих типов: выделение представляющих интерес ходов, приводящих к шаху; перечисление возможных ответных ходов; определение потерь противника для выделенных ответных ходов; итоговая оценка шаха.

1. Усмотрение шаха при прямом нападении.

$$\forall_{abcdersA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ r = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ (\text{ценаполя}(a, d) \leq \text{ценаполя}(a, e) \vee \neg(\exists_x(\text{контролирует}(r, e, \neg b, x) \ \& \ (\text{ценаполя}(r, x) < \text{ценаполя}(a, d) \vee \neg(\exists_y(\text{контролирует}(r, e, b, y))))))) \ \& \ \neg(\exists_y(\text{соседнполя}(c, y) \ \& \ \text{полефигуры}(r, b, y) \ \& \ \text{возмход}(r, c, y))) \vee \exists_{pqn}(\text{вскрнападение}(a, p, d, e, q) \ \& \ \neg(q = e) \ \& \ \text{ценавзятия}(r, q, p, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \neg(\exists_t(\text{атакует}(r, p, e, t)))))) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шах}(a, s, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

После хода с поля d на поле e фигура атакует чужого короля, и возникает новая позиция r . При этом выполняется хотя бы одно из следующих требований:

- Ценность взятой фигуры поля e не меньше ценности фигуры d .
- Если в позиции r фигура e атакована чужой фигурой, то она защищена чем-либо, а ценность атакующей фигуры не меньше ее ценности. Чужой король не имеет в этой позиции возможности отхода со взятием фигуры.
- Ход с d на e приводит к вскрытому нападению фигуры поля q на чужую фигуру поля p . Оценка материального выигрыша при взятии в позиции r фигуры p фигурой q положительна. Фигура p не атакует в позиции r фигуру e .

Тогда ход с d на e выделяется для дальнейшего анализа.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Если из фигур противника остался только король, то число ходов этого короля после шаха не более двух. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект(A)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcde s A}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\exists_{xy B}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \\ B = \text{Ход}(A, x, e) \ \& \ \neg(\text{мат}(B, b)) \ \& \ \neg(\exists_{twz C}(\text{король}(B, \neg b, t) \ \& \\ \text{нападение}(B, t, w, z) \ \& \ C = \text{Ход}(B, w, z) \ \& \ \neg(\exists_{uv D}(\text{полефигуры}(C, \neg b, u) \ \& \\ \text{ходфигуры}(C, u, v) \ \& \ D = \text{Ход}(C, u, v) \ \& \ \neg(\text{мат}(D, b))))))) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \\ \text{шах}(a, s, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

После хода с поля d на поле e фигура атакует чужого короля, и возникает новая позиция A . После любого ответного хода взятия фигуры e либо очередным ходом противник получает мат, либо возможен такой шах его королю, что после любого ответного хода он получает мат.

Схема идентификации такая же, как у предыдущего приема. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcde fghns AB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, f, e, g) \ \& \\ \text{защищает}(A, h, f) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(A, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, e) \ \& \\ \text{ценазащиты}(B, h, n) \ \& \ n < 0 \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шах}(a, s, e) \ \& \\ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{возмпотеря}(a, s, h) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

После хода с поля d на поле e фигура атакует чужого короля, и возникает новая позиция A . В этой позиции фигура поля f атакует фигуру e и одновременно защищает фигуру поля h , более ценную, чем пешка. После взятия фигурой f фигуры e степень защищенности фигуры h оказывается отрицательной.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как у предыдущего приема.

$$\forall_{abcde fghijkms ABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ m = \text{set}_x(\text{ходфигуры}(A, c, x)) \ \& \\ \text{card}(m) = 1 \ \& \ f \in m \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, f) \ \& \ \text{нападение}(B, f, g, h) \ \& \\ \neg(g = e) \ \& \ C = \text{Ход}(B, g, h) \ \& \ \text{атакует}(C, h, i, j) \ \& \ \neg(i = f) \ \& \\ \text{ценазащиты}(C, h, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(C, i) \ \& \\ \neg(\exists_{yz D}(\text{атакует}(A, y, e, z) \ \& \ D = \text{Ход}(A, y, e) \ \& \ \neg(\exists_{wq}(\text{нападение}(D, c, w, q) \ \& \\ \neg(\text{возмход}(A, w, q)))))) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шах}(a, s, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ \text{смшах}(a, s) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

После хода с поля d на поле e фигура атакует чужого короля, и возникает новая позиция A . В этой позиции чужой король имеет единственный возможный ход, причем после этого хода ему можно дать шах и одновременно напасть на

фигуру, более ценную, чем пешка. Любой ход взятия фигуры e в позиции A открывает возможность нового шаха чужому королю. Посылка "смшах" вводится для указания на необходимость более глубокого анализа ответных ходов.

Схема идентификации такая же, как у предыдущего приема. Уровень срабатывания равен 4.

2. Усмотрение шаха при вскрытом нападении.

$$\forall_{abcdefsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{вскрнападение}(a, c, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\text{возмход}(A, c, e)) \ \& \\ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, f, y))) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Ход фигурой поля d на поле e приводит к вскрытому нападению на чужого короля фигуры поля f . В новой позиции A король не может взять фигуру поля e , и никакая фигура не атакует фигуру f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект(A)". Уровень срабатывания равен 1.

3. Усмотрение завлекающего шаха.

$$\forall_{abcdefghijnprABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, p, e, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, e) \\ \& \ \text{нападение}(B, e, g, h) \ \& \ C = \text{Ход}(B, g, h) \ \& \ \text{атакует}(C, h, i, j) \ \& \ \neg(i = e) \ \& \\ r = \text{ценаполя}(A, e) - \text{ценаполя}(a, e) \ \& \ \text{ценавзятия}(C, h, i, m) \ \& \ r < m \ \& \\ \text{ценавзятия}(C, h, e, n) \ \& \ r < n \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \ \neg(x = p))) \rightarrow \\ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шах}(a, s, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

После хода с поля d на поле e фигура атакует чужого короля, и возникает новая позиция A . В этой позиции фигура поля e атакована только фигурой поля p . После взятия фигурой p фигуры e возникает позиция B , в которой возможен ответный ход фигуры поля g на поле h , атакующий фигуру поля e и одновременно - другую фигуру поля i . Материальные выигрыши от реализации любого варианта вилки больше разности ценностей фигур полей d и e в исходной позиции.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Если из фигур противника остался только король, то число ходов этого короля после шаха не более двух. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект(A)". Уровень срабатывания равен 2.

4. Усмотрение шаха, атакующего фигуру, связывающую проходную пешку.

$$\forall_{abcdefghinpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{пешка}(a, n, b) \ \& \\ i = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(b, i) = 1 \ \& \ \text{следполе}(b, i, d) \ \& \\ \neg(\text{возмход}(a, b, d)) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, e, c) \ \& \ \text{шахфигура}(a, c) = \text{король} \ \& \\ \text{король}(a, \neg n, f) \ \& \ \text{нападение}(a, f, g, h) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, h) \ \&$$

атакует(A, h, e, p) \rightarrow смход(s, g, h) & шах(a, s, h) & смХод(a, s, A) & текцвет($A, \neg n$) & прохпешка(a, b, n)

Своя пешка поля b находится на предпоследней горизонтали, причем ее ход на поле d последней горизонтали невозможен из-за связки со своим королем. Пешка заслоняет его от нападения фигуры поля e . Рассматривается ход с поля g на поле h , атакующий чужого короля и одновременно - фигуру поля e .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект(A)". Уровень срабатывания равен 2.

5. Шах и освобождение поля, с которого другой фигурой тоже дается шах.

$\forall abcdefghsABC$ (текпозиция(a) & текцвет(a, b) & король($a, \neg b, c$) & полефигуры(a, b, d) & защищает(a, e, d) & $A =$ шахудаление(a, e) & возмход(A, d, e) & $B =$ Ход(A, d, e) & атакует(B, e, c, f) & ходфигуры(a, e, g) & $C =$ Ход(a, e, g) & атакует(C, g, c, h) \rightarrow смход(s, e, g) & смХод(a, s, C) & шах(a, s, g) & следшах(C, d, e) & текцвет($C, \neg b$))

Своя фигура поля d защищает фигуру поля e . Если последнюю удалить, то ход с d на e дает шах чужому королю. Рассматривается ход фигуры поля e (из исходной позиции) на поле g , атакующий чужого короля.

Схема идентификации - такая же, как в предыдущем приеме. Уровень срабатывания равен 3.

6. Шах и освобождение линии, с которой другая фигура может дать шах.

$\forall abcdfghinpqSAB$ (текпозиция(a) & текцвет(a, b) & король($a, \neg b, c$) & шахнапр(p) & напрфигура(a, c, p, d) & шахцвет(a, d) = b & полефигуры(a, b, f) & альтернатива(прямнапр(p), шахфигура(a, f) \in {ферзь, ладья}, шахфигура(a, f) \in {ферзь, слон}) & шахнапр(q) & шахпереход(f, q , шахлин(c, p), g) & возмход(a, f, g) & разделяет(d, c, g) & нападение(a, c, i, h) & $d = i$ & $A =$ Ход(a, d, h) & $B =$ Ход(a, f, g) & ценазащиты(B, g, n) & $0 \leq n \rightarrow$ смход(s, d, h) & смХод(a, s, A) & шах(a, s, h) & текцвет($A, \neg b$) & следшах(A, f, g))

Рассматривается шахматная линия L (вертикаль, горизонталь либо диагональ), проходящая через поле c чужого короля. На линии L выбирается поле d своей фигуры, не отделенное от поля c другими фигурами. Возможен ход своей линейной фигурой поля f на поле g линии L , причем это поле отделено от поля c только фигурой d , а фигура f может делать ходы вдоль L . Степень защищенности фигуры после хода на поле g неотрицательна. Выбирается какой-либо атакующий короля ход фигурой d .

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

$\forall abcdenpqSA$ (текпозиция(a) & текцвет(a, b) & король($a, \neg b, c$) & нападение(a, c, d, e) & $A =$ Ход(a, d, e) & нападение(A, c, p, q) &

$$\neg(\text{возмход}(a, p, q)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ -5 \leq n \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{шах}(a, s, e) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b) \ \& \ \text{следшах}(A, p, g))$$

После хода с поля d на поле e фигура атакует чужого короля, и возникает новая позиция A . В этой позиции возможен ход своей фигурой поля p на поле q , тоже атакующий чужого короля и невозможный в исходной позиции. Степень защищенности фигуры e в позиции A не меньше -5 (теряется не более чем ладья).

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

7. Усмотрение возможности сделать шах двумя различными фигурами.

$$\forall_{abcdeSA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \exists_{fxy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \ f = \text{Ход}(A, x, e) \ \& \ \exists_{tuvw}(\text{атакует}(f, u, e, v) \ \& \ t = \text{Ход}(f, u, e) \ \& \ \text{атакует}(t, e, c, w))) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шах}(a, s, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

После хода с поля d на поле e фигура атакует чужого короля, и возникает новая позиция A . В этой позиции фигура поля e атакована фигурой поля x , и после ответного хода взятия возникает позиция f . Наконец, в позиции f возможен ход взятия фигуры e фигурой поля u , причем одновременно дается шах чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Если из фигур противника остался только король, то число ходов этого короля после шаха не более двух. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект(A)". Уровень срабатывания равен 1.

8. Анализ позиции, возникающей после шаха.

(a) Рассмотрение ходов, заслоняющих короля.

$$\forall_{abcdefnpqst}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{текцвет}(b, n) \ \& \ \text{король}(b, n, c) \ \& \ \text{атакует}(b, d, c, e) \ \& \ \text{защита}(b, c, d, p, q) \ \& \ (\exists_x(\text{контролирует}(b, q, n, x) \ \& \ \neg(x = p)) \ \vee \ \text{соседнполя}(c, p) \ \& \ \exists_{vw}(v = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{ходфигуры}(v, c, w))) \rightarrow \text{смход}(t, p, q) \ \& \ \text{закрход}(b, t, d))$$

В позиции b , возникающей после шаха чужому королю, противник имеет ход с поля p на поле q , загораживающий короля от нападающей фигуры. Либо поле q контролировалось еще одной фигурой противника, либо поле p - соседнее с чужим королем, и после перехода фигуры на поле q король может сделать какой-либо ход.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 2.

- (b) Рассмотрение вариантов отхода короля.

$$\forall_{abcdfnst}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{текцвет}(b, n) \ \& \ \text{король}(b, n, c) \ \& \ \text{ходфигуры}(b, c, d) \rightarrow \text{смход}(t, c, d) \ \& \ \text{отходкороля}(b, t))$$

Рассматривается произвольный допустимый ход короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 3.

- (c) Рассмотрение вариантов взятия фигуры, дающей шах.

$$\forall_{abcdefghnst}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{текцвет}(b, n) \ \& \ \text{король}(b, n, c) \ \& \ \text{атакует}(b, d, c, e) \ \& \ \text{атакует}(b, g, d, h) \ \& \ \text{возмход}(b, g, d) \rightarrow \text{смход}(t, g, d) \ \& \ \text{антишах}(b, t))$$

Рассматривается ход взятия фигуры, атакующей короля.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

- (d) Определение потерь для закрывающих ходов.

$$\forall_{abcnpst}(\text{закрход}(a, s, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ p = (\text{ценаполя}(a, b) - \text{ценаполя}(a, t) \ \text{при} \ \exists_x(\text{контролирует}(a, c, n, x) \ \& \ \neg(x = b)), \ \text{иначе} \ \text{ценаполя}(a, b)) \ \& \ 0 < p \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, p) \ \& \ \text{ответнход}(a, s, t, c, p))$$

Для получения оценки p потери для хода с поля b на поле c , заслоняющего чужого короля от нападения фигуры t , рассматриваются два случая. Если поле c контролируется хотя бы еще одной своей фигурой, то оценка равна разности ценности фигуры b и менее ценной фигуры t . В противном случае оценка равна ценности фигуры b .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcnpst}(\text{закрход}(a, s, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \ 0 < p \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, p))$$

В качестве оценки потери берется оценка побочных потерь заслоняющего хода, определяемая оператором "связход".

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$$\forall_{abcdemstA}(\text{закрход}(a, s, t) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(A, t, d, e) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, t, d, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, m))$$

Фигура, от которой был заслонен чужой король, атакует другую фигуру, причем итоговый материальный выигрыш m при разменах для этой атаки положителен.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijklmnopqstuABC}(\text{закрход}(a, s, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \\ & \text{ценаполя}(a, t) = \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, t, c) \ \& \\ & \text{атакует}(B, d, c, e) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(B, x, c, y) \ \& \ \neg(x = d))) \ \& \\ & \text{смХод}(f, g, a) \ \& \ \text{шахпроигрыш}(f, h, m, k, i, j) \ \& \ i = d \ \& \\ & C = \text{Ход}(B, d, c) \ \& \ \text{смход}(h, p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(C, n, q) \ \& \\ & \text{возмход}(C, p, q) \ \& \ \text{ценавзятия}(C, p, q, u) \ \& \ 0 < u \rightarrow \\ & \text{следпотеря}(a, s, u) \ \& \ \text{Возмзащита}(a, s, p)) \end{aligned}$$

Фигура, заслоняющая ходом на поле s чужого короля от нападения на него фигуры поля t , имеет такую же ценность, что и фигура поля t . После разменов возникает позиция B , в которой на поле s находится своя фигура, причем эта фигура атакована только чужой фигурой поля d . Далее достаточно рассмотреть лишь случай взятия фигуры s фигурой d , так как прочие случаи (например, отход короля) можно рассмотреть непосредственно в исходной позиции. После взятия возникает позиция C . Дальнейшие действия подсказываются посылкой "шахпроигрыш(f, h, m, k, d, j)", введенной при анализе позиции f , предшествующей позиции a . В той позиции был выделен для рассмотрения некоторый ход h , однако замечено, что ответный ход противника с поля m на поле k приводил к шаху с одновременным нападением фигуры поля d на фигуру поля j и потере. Так как теперь фигура d сделала ход, то снова анализируется ход h фигуры поля p , и выдается положительная оценка u материального выигрыша от него в позиции C . Дополнительная посылка "Возмзащита(a, s, p)" указывает, что в случае хода s не только достигается выигрыш, но и обеспечивается защита фигуры поля p .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также девятый и десятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{adefmnpqrsAB}(\text{закрход}(a, d, s) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{следшах}(a, p, q) \ \& \ \text{возмход}(A, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \\ & \text{наименьший}(n, \text{set}_z(z = 100 \vee \exists_{u,xyC}(\text{полефигуры}(B, r, x) \ \& \\ & \text{ходфигуры}(B, x, y) \ \& \ C = \text{Ход}(B, x, y) \ \& \ \neg(\text{мат}(C, \neg r)) \ \& \\ & \text{наибольший}(z, \text{set}_v(v = 0 \vee \exists_u(\text{ценазащиты}(C, y, u) \ \& \ v = -u)) \vee \\ & \exists_{Dijkt}(\text{возмход}(C, q, y) \ \& \ D = \text{Ход}(C, q, y) \ \& \ \text{король}(D, r, i) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(D, y, t) \ \& \ 0 \leq t \ \& \ \text{атакует}(D, y, i, j) \ \& \ \text{ценашаха}(D, y, i, k) \ \& \\ & v = k + \text{ценаполя}(C, y)) \vee \exists_{gh}(\text{атакует}(C, q, g, h) \ \& \\ & \text{ценавзятия}(C, q, g, v)))))) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = n - \text{ценаполя}(a, f) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ & \text{следпотеря}(a, d, m)) \end{aligned}$$

Ход d с поля e на поле f заслоняет чужого короля от шаха и приводит к позиции A . Позиция a была введена в рассмотрение после того, как свои фигуры сделали шах, одновременно освобождающий линию для последующего шаха - ходом фигуры поля p на поле q . Этот ход по-прежнему возможен в позиции A , и после него возникает позиция B . Определяется величина n наименьшего проигрыша в позиции B противника по всем его ответным ходам. Рассматривается произвольный такой ход с поля x на поле y , и для оценки величины z наибольшего проигрыша v в позиции C , возникшей после данного хода, выделяются следующие подслучаи:

- i. v полагается равным взятой со знаком минус степени защищенности фигуры y .
- ii. Если фигура поля q способна взять фигуру поля y и одновременно дать шах чужому королю, причем ее степень защищенности оказывается неотрицательной, то при помощи оператора "ценашаха" вычисляется оценка k выигрыша после шаха. Величина v полагается равной сумме k и ценности взятой фигуры y .
- iii. Рассматриваются различные способы взятия фигурой поля q чужой фигуры, и v полагается равным оценке материального выигрыша при таком взятии.

По окончании рассмотрения всех ответных ходов из оценки n проигрыша противника вычитается ценность взятой им фигуры f . Если результат m положителен, то он выдается как оценка потери противника после заслоняющего короля хода d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcghijklmnpstAB}(\text{закрход}(a, s, t) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{король}(A, p, g) \ \& \ \text{нападение}(A, g, h, m) \ \& \\ \text{блокатаки}(A, h, i, j) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, m) \ \& \ \text{атакует}(B, i, j, k) \ \& \\ \text{ценадвойнатаки}(B, m, g, i, j, n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, n))$$

Ход s с поля b на поле c заслоняет чужого короля от шаха и приводит к позиции A . В этой позиции можно дать шах королю ходом с поля h на поле m , одновременно вскрыв нападение своей фигуры поля i на фигуру поля j . Оператор "ценадвойнатаки", который будет описан в последующих разделах, находит положительную оценку n материального выигрыша от указанного двойного нападения.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefmnpstA}(\text{закрход}(a, s, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{полефигуры}(A, \neg p, f) \ \& \ \neg(f = t) \ \& \\ \text{атакует}(A, f, d, e) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(A, d) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, f, d, m) \ \& \\ 0 < m \ \& \ \text{ценазащиты}(A, t, n) \ \& \ 0 \leq n \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, m))$$

Ход s с поля b на поле c заслоняет чужого короля от шаха и приводит к позиции A . В этой позиции некоторая своя фигура поля f , отличного от t , атакует чужую фигуру, более ценную, чем пешка. Оценка m материального выигрыша при ее взятии положительна. Степень защищенности фигуры t в позиции A неотрицательна.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$$\forall_{abcefpstuvABD}(\text{шах}(a, f, e) \ \& \ \text{смХод}(a, f, A) \ \& \ \text{закрход}(A, s, t) \ \& \\ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, c) \ \& \ \text{нападение}(B, c, u, v) \ \& \\ \neg(u = e) \ \& \ \text{шахфигура}(B, u) \in \{\text{ферзь, ладья}\} \ \& \ \text{разделяет}(v, c, e) \ \&$$

$$D = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \forall_{EFG}(\text{полефигуры}(D, \neg p, E) \ \& \ \text{ходфигуры}(D, E, F) \ \& \ \neg(\text{разделяет}(F, c, e)) \ \& \ G = \text{Ход}(D, E, F) \rightarrow \text{Форсмат}(G, p, 2) \vee \exists_{HI}(\text{король}(G, p, H) \ \& \ \text{атакует}(G, F, H, I) \ \& \ \neg(\text{Мат}(G, p))) \rightarrow \text{следпотеря}(A, s, 100))$$

Ход s с поля b на поле c заслоняет чужого короля от шаха фигуры e и приводит к позиции B . В этой позиции некоторая своя ладья либо ферзь поля u , отличного от e , может сделать ход на промежуток между полями c, e . После хода возникает позиция D , для которой анализируются всевозможные ответные ходы. Проверяется, что каждый такой ход, не представляющий собой искусственную задержку (неопасный шах либо ход в промежуток между c, e), приводит к форсированному мату не более чем в 2 хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefnpstuvABD}(\text{шах}(a, f, e) \ \& \ \text{смХод}(a, f, A) \ \& \ \text{закрход}(A, s, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, c) \ \& \ \text{нападение}(B, c, u, v) \ \& \ \neg(u = e) \ \& \ \text{шахфигура}(B, u) \in \{\text{ферзь, ладья}\} \ \& \ \text{разделяет}(v, c, e) \ \& \ D = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_z(z = 100 \vee \exists_{EFGk}(\text{полефигуры}(D, \neg p, E) \ \& \ \text{ходфигуры}(D, E, F) \ \& \ \neg(\text{разделяет}(F, c, e)) \ \& \ G = \text{Ход}(D, E, F) \ \& \ \neg(\text{Форсмат}(G, p, 2)) \ \& \ \text{ценазащиты}(G, F, k) \ \& \ z = -k))) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(A, s, n))$$

Аналогично предыдущему, но в позиции D определяется наименьший проигрыш n противника по всем его ответным ходам, не приводящим к форсированному мату и не отделяющим c от e .

$$\forall_{abcdefghmnpstABC}(\text{шах}(a, f, e) \ \& \ \text{смХод}(a, f, A) \ \& \ \text{закрход}(A, s, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, c) \ \& \ \text{король}(B, \neg p, g) \ \& \ \text{нападение}(B, g, d, h) \ \& \ C = \text{Ход}(B, d, h) \ \& \ \text{ценашаха}(C, h, g, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = n + \text{ценаполя}(B, h) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(A, s, m))$$

Ход s с поля b на поле c заслоняет чужого короля от шаха фигуры e и приводит к позиции B . В этой позиции ход фигуры поля d на поле h приводит к повторному шаху. Оператор "ценашаха" усматривает положительный материальный выигрыш n после данного шаха. Окончательно выдается сумма n и ценности фигуры поля h .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

(e) Определение потерь для вариантов отхода короля.

$$\forall_{abcdmnpqrsA}(\text{отходкороля}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{соседнполя}(b, d) \ \& \ \text{полефигуры}(a, n, d) \ \& \ \neg(\text{соседнполя}(c, d)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(A, p, d, q) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, p, d, r) \ \& \ m = r - \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, m) \ \& \ \text{шахвзятие}(a, s, d))$$

При отходе короля с поля b на поле c оказывается атакована ранее защищавшаяся им фигура поля d . Разность m оценки материального выигрыша

при взятии фигуры d и ценности фигуры s положительна. Дополнительная посылка "шахвзятие" указывает на ход, приводящий к выигрышу после хода s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall abcdepqrsAB(\text{отходкороля}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{шахпомеха}(A, c, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, p, e, q) \ \& \ e = q \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, e) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(B, x, e, y))) \ \& \ \exists_z(\text{атакует}(B, e, c, z)) \ \& \ r = \text{ценаполя}(A, e) \ \rightarrow \ \text{следпотеря}(a, s, r))$$

При отходе короля с поля b на поле c оказывается перекрыта защита фигуры противника на поле e его фигурой поля d . После отхода возникает позиция A , в которой фигура e атакована фигурой поля p . При взятии фигуры e оказывается, что сделавшая ход фигура дает шах и ничем не атакована. В качестве оценки проигрыша берется ценность взятой фигуры.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall abcpsA(\text{отходкороля}(a, s) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{мат}(A, \neg p) \ \rightarrow \ \text{следпотеря}(a, s, 100))$$

После отхода чужого короля ему ставится мат в один ход.

$$\forall abcdefghijklmnopqrsAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \ \text{отходкороля}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{нападение}(A, f, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, h, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ \text{атакует}(B, h, p, q) \ \& \ \neg(p = f) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, h, p, i) \ \& \ 0 < i \ \& \ \text{наименьший}(j, \text{set}_u(u = i \vee \exists_{twDEF}(\text{защита}(B, f, h, t, w) \ \& \ D = \text{Ход}(B, t, w) \ \& \ \text{ценавзятия}(D, h, p, E) \ \& \ \text{ценавзятия}(D, h, w, F) \ \& \ u = \max(E, F))) \vee \exists_{GH}(\text{ходфигуры}(B, f, G) \ \& \ H = \text{Ход}(B, f, G) \ \& \ \text{защищает}(H, p, G) \ \& \ \text{ценавзятия}(H, h, p, u)))) \ \& \ n = j - \text{ценаполя}(b, f) + \text{ценаполя}(A, h) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = \min(n, k) \ \& \ \neg(\exists_{xyzvC}(\text{король}(B, r, x) \ \& \ \text{защита}(B, f, h, y, z) \ \& \ C = \text{Ход}(B, y, z) \ \& \ \text{атакует}(C, z, x, v))) \ \rightarrow \ \text{следпотеря}(b, d, m) \ \& \ \text{ответнход}(b, d, g, h, m) \ \& \ \text{Возмзащита}(b, d, g))$$

При отходе короля с поля e на поле f возникает позиция A . В этой позиции можно дать повторный шах чужому королю, ходом фигуры поля g на поле h . В новой позиции B степень защищенности k фигуры h положительна, причем эта фигура атакует фигуру поля p , отличную от короля. Оценка i материального выигрыша при взятии фигурой h фигуры p , в предположении пропуска хода противником, положительна. По всевозможным ответным ходам противника в позиции B , отличным от ходов взятия фигуры h , определяется минимум j оценок u его проигрыша. Рассматриваются следующие случаи:

- i. Перед рассмотрением ходов полагается $u = i$. Такая оценка будет иметь место для случаев отхода короля, не защищающих фигуру p .

- ii. Противник заслоняет короля ходом с поля t на поле w . В качестве u берется наибольшая из оценок материального выигрыша при взятии фигурой h фигур p и w .
- iii. Противник отходит королем, который начинает защищать фигуру p . В качестве u берется новая оценка материального выигрыша от взятия фигурой h фигуры p .

Далее находится оценка n материального выигрыша, при условии, что противник не взял фигуру поля h . В ней учтены ценности потерянной фигуры поля f и выигранной фигуры поля h . Наконец, итоговая оценка m - минимум n и k - учитывает случай взятия фигуры поля h . В заключение проверяется отсутствие хода противника, заслоняющего своего короля и одновременно атакующего другого короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijkmpsrAB} (\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \ \text{отходкороля}(b, d) \ \& \\ & \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шахсвязка}(A, g, h, f) \\ & \ \& \ \text{нападение}(A, g, i, j) \ \& \ \neg(i = h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, i, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, j, m) \\ & \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{наибольший}(r, \text{set}_x(\exists_{wqC}(\text{защита}(B, g, j, w, q) \ \& \\ & C = \text{Ход}(B, w, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, q, x)) \ \vee \ \text{ценазащиты}(B, g, x) \ \vee \\ & \exists_{nzuwD}(\text{контрольполя}(B, \neg p, g, u, v) \ \& \ D = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \\ & \ \text{ценазащиты}(D, g, n) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, v, z) \ \& \ x = \min(n, z))) \ \& \ r < 0 \ \& \\ & k = \min(m, -r) \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, k)) \end{aligned}$$

При отходе короля с поля e на поле f возникает позиция A . В этой позиции фигура противника, находящаяся на поле g , заслоняет короля от нападения фигурой поля h . Рассматривается ход фигуры поля i на поле j , атакующий фигуру g . В новой позиции B степень защищенности m фигуры j положительная. Находится максимум r оценок x степеней защищенности фигур противника по возможным его ходам, связанным с защитой фигуры g :

- i. Рассматривается ход фигурой поля w на поле q , заслоняющий фигуру g от фигуры j . Величина x полагается равной степени защищенности фигуры q после этого хода.
- ii. Величина x полагается равной степени защищенности фигуры g .
- iii. Рассматривается ход фигурой поля u на поле v , приводящий к защите фигуры g . Величина x полагается равной минимуму из степеней защищенности фигур g, v после этого хода.

Проверяется, что оценка r отрицательная. В качестве итоговой оценки потерь противника берется минимум из m и $-r$.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghimnpsA} (\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \ \text{отходкороля}(b, d) \ \& \\ & \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{полефигуры}(A, p, i) \ \& \end{aligned}$$

атакует(A, i, g, h) & Ценавзятия(A, i, g, m) & $n = m - \text{ценаполя}(b, f)$ &
 $0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, n)$ & ответнход(b, d, i, g, n) & Возмзащита(b, d, i)

После отхода короля с поля e на поле f возникает позиция, в которой фигура противника, находящаяся на некотором поле g , атакована фигурой поля i . Определяется оценка m материального выигрыша при взятии фигуры g , и в качестве оценки проигрыша противника берется положительная разность m и ценности фигуры поля f .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$\forall_{abcdefghijklnprstuABCD}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шах}(a, s, c) \& \text{отходкороля}(b, d) \& \text{смход}(d, e, f) \& A = \text{Ход}(b, e, f) \& \text{атакует}(A, f, g, h) \& \text{ценазащиты}(A, g, m) \& m < 0 \& \text{атакует}(A, g, i, j) \& \text{ценаполя}(A, i) = \text{ценаполя}(A, g) \& B = \text{Ход}(A, g, i) \& \text{set}_x(\exists_y(\text{атакует}(B, x, i, y))) = \{u\} \& \neg(u = f) \& C = \text{Ход}(B, u, i) \& \text{вскрнападение}(C, f, r, p, t) \& D = \text{Ход}(C, r, p) \& \text{ценашаха}(D, t, f, n) \& 0 < n \& k = \min(\text{ценаполя}(A, i), n) \& 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, k))$

После отхода короля с поля e на поле f возникает позиция A , в которой король атакует фигуру поля g , имеющую отрицательную степень защищенности. Эта фигура атакует в позиции A равноценную фигуру поля i . После взятия фигуры i получается позиция B , в которой фигура поля i атакована единственной фигурой, находящейся на поле u . Если она берет фигуру i , то возникает позиция C . Здесь рассматривается ход с поля r на поле p , дающий вскрытый шах чужому королю фигурой поля t . Находится положительная оценка n материального выигрыша от данного шаха. В качестве оценки потерь противника берется минимум n и ценности фигуры поля i из позиции A .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{abcdefghijklnprstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{текцвет}(a, r) \& \text{шах}(a, s, c) \& \text{отходкороля}(b, d) \& \text{смход}(d, e, f) \& A = \text{Ход}(b, e, f) \& \text{пешка}(A, r, p) \& i = \text{напрпешки}(r) \& \text{числополей}(p, i) = 1 \& \text{атакует}(A, p, g, h) \& B = \text{Ход}(A, p, g) \& \text{ценазащиты}(B, g, m) \& k = m + 8 - \text{ценаполя}(b, f) \& 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, k))$

После отхода короля с поля e на поле f возникает позиция A , в которой своя проходная пешка атакует фигуру противника, находящуюся на поле g последней горизонтали. В качестве оценки проигрыша противника берется сумма степени защищенности нового ферзя и его ценности, из которой вычитаются ценности превратившейся в ферзя пешки и потерянной фигуры поля f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{abcdefghijkpqrsxABFGHJKLM}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{текцвет}(a, r) \& \text{шах}(a, s, c) \& \text{отходкороля}(b, d) \& \text{смход}(d, e, f) \& A = \text{Ход}(b, e, f) \& \text{ладья}(A, r, g) \&$

$p = \text{шахлин}(g, (1, 0)) \ \& \ \text{шахпереход}(f, (0, 1), p, h) \ \& \ \text{своботрезок}(A, f, h) \ \& \ \text{фигуралинии}(A, p, q) \ \& \ \text{шахцвет}(A, q) = r \ \& \ \text{разделяет}(q, g, h) \ \& \ \text{Своботрезок}(A, g, q) \ \& \ \text{Своботрезок}(A, q, h) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, q, i) \ \& \ B = \text{Ход}(A, q, i) \ \& \ \text{мат}(B, r) \ \& \ M = \text{set}_H(\exists_{CDEI}(\text{полефигуры}(B, \neg r, C) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, C, D) \ \& \ E = \text{Ход}(B, C, D) \ \& \ \text{ценазащиты}(E, D, I) \ \& \ -5 < I + \text{ценаполя}(B, D) \ \& \ \neg(\text{мат}(E, r)) \ \& \ H = (C, D))) \ \& \ M = \{x\} \ \& \ x = (J, K) \ \& \ F = \text{Ход}(B, J, K) \ \& \ \text{возмход}(F, g, h) \ \& \ G = \text{Ход}(F, g, h) \ \& \ \text{атакует}(G, h, f, L) \ \& \ \text{оценкашаха}(G, h, f, j) \ \& \ 0 < j \ \& \ k = \text{ценаполя}(A, i) - \text{ценаполя}(b, f) + \min(5, \text{ценаполя}(F, h) + j - \text{ценаполя}(B, K)) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, k))$

После отхода короля с поля e на поле f возникает позиция A , в которой своя ладья поля g могла бы перейти по горизонтали на поле h и дать повторный шах, если бы ей не мешала своя фигура поля q . Если фигура поля q сделает в позиции A ход на поле i , то возникнет позиция B , где в случае пропуска хода противником он получил бы мат в один ход. Находится множество M ответных ходов противника в позиции B , после которых мат в один ход невозможен и после которых материальная потеря его меньше потери ладьи. Оказывается, что это множество состоит из единственного хода - с поля J на поле K . После такого хода позиция B преобразуется в позицию F . В позиции F рассматривается ход ладьей g на поле h , дающий повторный шах чужому королю. Определяется оценка j материального выигрыша после такого шаха. Наконец, вычисляется итоговая оценка k проигрыша противника, в которой учитываются ценности взятой им фигуры f и потерянной фигуры i . Если противник не делает хода из множества M , то его потери не менее 5. Иначе они определяются как сумма j и ценности потерянной противником фигуры g , из которой вычитается ценность взятой фигуры K .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{abcdefghijklmnopAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \ \text{отходкороля}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{нападение}(A, f, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, h, p) \ \& \ \text{альтернатива}(k = 1 \ \& \ 0 < p \ \& \ \text{шахфигура}(A, g) \in \{\text{ферзь, ладья}\}, \ \text{цЕнашаха}(B, h, f, m), \ \text{ценашаха}(B, h, f, m)) \ \& \ 0 < m \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(b, f) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, n) \ \& \ \text{ответнход}(b, d, g, h, n) \ \& \ \text{Возмзащита}(b, d, g))$

Число k возможных способов отхода короля после шаха не более трех. После отхода его на поле f возникает позиция A , в которой ход фигуры поля g на поле h дает повторный шах. Если данная фигура - ладья либо ферзь, число k равно 1 и степень защищенности давшей шах фигуры положительная, то для получения оценки m материальных потерь противника после шаха используется усиленный оператор "цЕнашаха", иначе - обычный оператор "ценашаха". Оба эти оператора описываются ниже. Окончательная оценка n проигрыша противника получается после вычитания из m ценности взятой им фигуры f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Указатель "контекст" определяет вычисление величины k и проверку неравенства $k < 4$. Уровень срабатывания равен 2.

(f) Определение потерь для вариантов взятия фигуры, дающей шах.

$$\forall_{abcdefghmnpqrstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{атакует}(A, g, f, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, f) \ \& \ \text{король}(B, \neg p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(B, p, t) \ \& \ \text{атакует}(B, t, q, r) \ \& \ \text{ценашаха}(B, t, q, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(b, f) + \text{ценаполя}(A, f) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, n) \ \& \ \text{ответнход}(b, d, g, f, n) \ \& \ \text{Возмзащита}(b, d, g))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля. В полученной позиции A фигура поля g делает ответное взятие фигуры f . В новой позиции B чужой король оказывается атакован фигурой поля t . Определяется материальный выигрыш m от этого шаха, и для получения окончательной оценки потерь противника учитываются ценности взятой и потерянной фигур на поле f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefgmnpsAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{атакует}(A, t, f, g) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, t, f, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(b, f) \ \& \ 0 < n \ \& \ B = \text{Ход}(A, t, f) \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, n))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля. В полученной позиции A фигура поля t делает ответное взятие фигуры f . В качестве оценки проигрыша противника берется разность оценки материального выигрыша при ответном взятии и ценности потерянной фигуры f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "потеря(a, h, k)", где поле h отлично от f, t , такая, что сумма степени защищенности фигуры h и n неположительна. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefpsA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{мат}(A, p) \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, 100))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля. В полученной позиции A возможен мат в один ход чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefmnpqrstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{следшах}(b, p, q) \ \& \ \text{мат}(A, r) \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, 100))$$

$$B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_z(z = 100 \vee \exists_{uxy_C}(\text{полефигуры}(B, \neg r, x) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, x, y) \ \& \ C = \text{Ход}(B, x, y) \ \& \ \neg(\text{мат}(C, r)) \ \& \ \text{наибольший}(z, \text{set}_v(v = 0 \vee \exists_u(\text{ценазащиты}(C, y, u) \ \& \ v = -u) \vee \exists_{Dijkt}(\text{возмход}(C, q, y) \ \& \ D = \text{Ход}(C, q, y) \ \& \ \text{король}(D, \neg r, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, y, t) \ \& \ 0 \leq t \ \& \ \text{атакует}(D, y, i, j) \ \& \ \text{ценашаха}(D, y, i, k) \ \& \ v = k + \text{ценаполя}(C, y)) \vee \exists_{gh}(\text{атакует}(C, q, g, h) \ \& \ \text{ценавзятия}(C, q, g, v)))))) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = n - \text{ценаполя}(b, f) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, m))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля, и возникает позиция A . Посылка "следшах" указывает, что исходный шах был сделан для освобождения линии, чтобы ход фигуры поля p на поле q приводил к шаху. Рассматривается позиция B , полученная из позиции A данным ходом. Определяется наименьший проигрыш n противника в позиции B по всем его ответным ходам. Такой ход с поля x на поле y приводит к позиции C . Отбрасываются ходы, после которых противник сразу получает мат. Этот случай учтен в стартовом значении 100 оценки n . Для текущего хода противника находится оценка z наибольшего выигрыша v при ответном ходе. Стартовое значение v равно 0, и далее разбираются следующие случаи:

- i. v равно взятой со знаком минус степени защищенности фигуры y .
- ii. Возможен ход взятия в позиции C фигуры y фигурой q . После взятия фигура имеет неотрицательную степень защищенности. Она дает шах чужому королю. v полагается равным сумме ценности взятой фигуры y и оценки k материального выигрыша при шахе.
- iii. Фигура q атакует некоторую фигуру. v полагается равным оценке материального выигрыша при взятии.

Чтобы получить окончательную оценку материального проигрыша противника, из n вычитается ценность потерянной фигуры f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefg hijkmpr sAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{шах}(a, s, j) \ \& \ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{пешка}(A, r, p) \ \& \ i = \text{напрпешки}(r) \ \& \ \text{числополей}(p, i) = 1 \ \& \ \text{следполе}(p, i, c) \ \& \ \text{возмход}(A, p, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, c) \ \& \ \text{король}(B, \neg r, g) \ \& \ \text{атакует}(B, c, g, h) \ \& \ \text{ценашаха}(B, c, g, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ k = m + 8 - \text{ценаполя}(b, f) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, k))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля, и возникает позиция A . В этой позиции проходная пешка p делает ход на последнюю горизонталь, превращается в ферзя и дает шах королю. В качестве оценки проигрыша противника берется сумма ценности ферзя и оценки материального выигрыша при шахе, из которой вычитаются ценности превратившейся в ферзя пешки и потерянной фигуры поля f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefghmmpsAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \\ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{король}(A, \neg p, g) \ \& \\ \text{нападение}(A, g, h, m) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, m) \ \& \ \text{форсмат}(B, \neg p, 1) \ \rightarrow \\ \text{следпотеря}(b, d, 100))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля. В полученной позиции A фигура поля h делает ход на позицию m и снова атакует чужого короля. После любого ответного хода противник получает мат в один ход.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$$\forall_{abcdefgmnpsA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, g) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \\ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{возмпотеря}(a, s, p) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, p, m) \ \& \ m < 0 \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(b, f) \ \& \ 0 < n \ \rightarrow \\ \text{следпотеря}(b, d, n))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля, и возникает позиция A . Посылка "возмпотеря" указывает, что шах перекрыл линию защиты чужой фигуре поля p . В позиции A эта линия по-прежнему может оказаться перекрыта, так что определяется степень m защищенности фигуры p . Окончательная оценка потерь противника полагается равной величине $-m$, из которой вычитается ценность взятой им фигуры f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefmnpAs}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \\ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{связход}(b, e, f, m) \ \& \\ 0 < m \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(b, f) \ \& \ 0 < n \ \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, n))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля, и возникает позиция A . Ход фигурой e приводит к побочным потерям, оцениваемым в m единиц. Для получения итоговой оценки потерь противника из m вычитается ценность фигуры f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefghkmnpqrsuvAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \\ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(s, u, v) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \\ \text{король}(A, \neg p, q) \ \& \ \text{нападение}(A, q, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \\ \text{ценазащиты}(B, h, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \exists_{tij}(\text{полефигуры}(B, p, t) \ \& \\ \text{атакует}(B, t, i, j) \ \& \ \neg(i = q) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(B, i)) \ \& \\ \text{оценкашаха}(B, h, q, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ k = n - \text{ценаполя}(b, f) + \text{ценаполя}(a, v) \\ \& \ 0 < k \ \& \ r = \min(m, k) \ \& \ 0 < r \ \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, r))$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля. В полученной позиции A фигура поля g делает ход на позицию h и

снова атакует чужого короля. В возникающей позиции B степень m защищенности фигуры h положительна. В этой же позиции некоторая фигура поля t атакует отличную от короля и пешки фигуру противника, находящуюся на поле i . Определяется оценка n материального выигрыша от повторного шаха, которая преобразуется в оценку k с учетом ценности взятой при первом шахе фигуры v и потерянной фигуры f . Окончательная оценка равна минимуму из m и k .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, d, X)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgijmnpqrsvABE}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \\ & \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{король}(A, \neg p, q) \ \& \\ & \text{напрполе}(q, v, e) \ \& \ \text{напрфигура}(A, e, v, g) \ \& \ \text{шахцвет}(A, g) = \neg p \ \& \\ & \text{нападение}(A, g, i, j) \ \& \ \text{шахфигура}(A, i) \in \{\text{слон, ладья, ферзь}\} \ \& \\ & \text{разделяет}(g, j, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, i, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, j, m) \ \& \ 0 < m \ \& \\ & \text{наименьший}(n, \text{set}_x(\exists_z(\text{ценазащиты}(B, g, z) \ \& \ x = -z) \ \vee \\ & \exists_{ykC}(\text{ходфигуры}(B, g, k) \ \& \ C = \text{Ход}(B, g, k) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, k, y) \ \& \\ & x = -y - \text{ценаполя}(B, k)) \ \vee \ \exists_{tuwD}(\text{защита}(B, g, j, t, u) \ \& \ D = \text{Ход}(B, t, u) \\ & \ \& \ \text{ценазащиты}(D, u, w) \ \& \ x = -w) \ \vee \ \exists_{FGHI}(\text{контрольполя}(B, \neg p, g, F, G) \\ & \ \& \ \neg(F = g) \ \& \ H = \text{Ход}(B, F, G) \ \& \ \text{ценазащиты}(H, g, I) \ \& \ x = -I))) \ \& \\ & 0 < n \ \& \ r = \min(n, m) - \text{ценаполя}(b, f) \ \& \ 0 < r \ \& \\ & E = r + (0.5 \text{ при шахфигура}(A, g) = \text{ферзь, иначе } 0) \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, E)) \end{aligned}$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля, и возникает позиция A . В этой позиции чужой король находится на поле q , причем от него возможен переход в направлении вектора v к освободившемуся полю e . Если двигаться от поля e вдоль v дальше, то приходим к фигуре противника, находящейся на поле g . Рассматривается ход линейной фигурой с поля i на поле j , атакующий фигуру g . После этого хода возникает позиция B , в которой степень защищенности m фигуры j положительна. Фигура g в позиции B связана: при ее отходе с линии v чужой король будет атакован фигурой j . Чтобы получить минимум n оценок x потерь противника при его возможных ходах в позиции B , рассматриваются следующие случаи:

- i. x - взятая со знаком минус степень защищенности фигуры g . Эта оценка реализуется, если противник не предпримет никаких мер по защите фигуры g .
- ii. Рассматривается отход фигуры g , возможный для нее вдоль линии v , в том числе для взятия фигуры j . x полагается равным взятой со знаком минус степени защищенности отошедшей фигуры на новом поле k , из которой вычитается ценность фигуры k .
- iii. Рассматривается загораживающий g от j ход фигурой поля t на поле u . x полагается равным взятой со знаком минус степени защищенности фигуры поля u после данного хода.
- iv. Рассматривается ход фигурой поля F на поле G , приводящий к защите фигуры g . x полагается равным взятой со знаком минус степени защищенности сделавшей ход фигуры в новой позиции.

По окончании определения оценки n берется минимум n и m , из которого вычитается ценность фигуры f . Если чужая фигура g - ферзь, то добавляются "бонусные" полбалла, чтобы указать на предпочтительность лишения противника ферзя, при равных оценках материального выигрыша.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall abcdefghmnpqrstABC (\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \\ & \text{смшах}(a, s) \ \& \ \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \\ & \text{король}(A, \neg p, q) \ \& \ \text{нападение}(A, q, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(B, h, m) \ \& \ m < 0 \ \& \ \text{контрольполя}(A, p, h, r, t) \ \& \\ & C = \text{Ход}(A, r, t) \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_x(x = 100 \vee \\ & \exists_{ijyD}(\text{полефигуры}(C, \neg p, i) \ \& \ \text{ходфигуры}(C, i, j) \ \& \ D = \text{Ход}(C, i, j) \ \& \\ & \neg(\text{мат}(D, p)) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, j, y) \ \& \ x = -y))) \ \& \ 0 < n \rightarrow \\ & \text{следпотеря}(b, d, n)) \end{aligned}$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля. В полученной позиции A фигура поля g делает ход на позицию h и снова атакует чужого короля, однако степень ее защищенности после хода отрицательна. Имеется посылка "смшах", указывающая на необходимость более глубокого анализа ответных ходов противника. Рассматривается ход своей фигуры поля r на поле t в позиции A , после которого эта фигура контролирует поле h . В полученной позиции C находится оценка n наименьших потерь противника по всем его ответным ходам, не приводящим к мату в один ход. Она складывается из взятых со знаком минус степеней защищенности фигур, делающих ответный ход. Если эта оценка положительна, то она и выдается как итоговая.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall abcdefghijklmnpqsAB (\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \\ & \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ \text{шахсвязка}(A, f, g, h) \\ & \ \& \ \text{шахфигура}(A, h) = \text{король} \ \& \ \text{ценаполя}(A, g) < \text{ценаполя}(A, f) \ \& \\ & \text{полефигуры}(A, p, i) \ \& \ \neg(i = g) \ \& \ \text{атакует}(A, i, j, q) \ \& \ \neg(j = f) \ \& \\ & \text{ценавзятия}(A, i, j, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ B = \text{Ход}(A, i, j) \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{защита}(B, g, f, x, y) \ \& \ \neg(\text{шахцвет}(B, x) = p))) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(B, g, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ n = m + \text{ценаполя}(A, f) - \\ & \text{ценаполя}(A, g) - \text{ценаполя}(B, f) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, n)) \end{aligned}$$

Чужая фигура поля e осуществляет взятие фигуры поля f , атакующей короля, и возникает позиция A . В этой позиции фигура f оказывается связанной - заслоняет короля от нападения менее ценной, чем она, фигуры поля g . В позиции A усматривается атака отличной от g своей фигуры поля i на фигуру поля j , отличной от f . Оценка m материального выигрыша от взятия фигуры j положительна. Рассматривается позиция B , полученная из A после этого взятия. В ней степень k защищенности фигуры поля g положительна, причем отсутствует ход противника, заслоняющий f от g . Итоговая оценка n проигрыша противника получается из m учетом взятой

им фигуры поля f , а также учетом разменов на поле f после разменов на поле j .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefkmnpusvA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{шах}(a, s, c) \ \& \\ & \text{антишах}(b, d) \ \& \ \text{смход}(s, u, v) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ f = v \ \& \\ & A = \text{Ход}(b, e, f) \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, v) - \text{ценаполя}(a, u) \ \& \ 0 < k \ \& \\ & \text{наибольший}(n, \text{set}_n(n = 0 \vee \exists_{ghi}(\text{полефигуры}(A, p, g) \ \& \ \text{атакует}(A, g, h, i) \\ & \ \& \ \text{ценавзятия}(A, g, h, n)))) \ \& \ m = n + \text{ценаполя}(a, v) - \text{ценаполя}(a, u) \ \& \\ & 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(b, d, m)) \end{aligned}$$

После шаха чужому королю ходом с поля u на поле v противник делает ответный ход - берет фигуру поля v фигурой поля e . Разность k между ценностями потерянной противником фигуры и взятой им положительна. В позиции A , возникшей после указанных двух ходов, определяется оценка n наибольшего материального выигрыша при каком-либо немедленном взятии фигуры противника. Итоговая оценка проигрыша противника получается как сумма k и n .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

(g) Выбор большей оценки потери.

Как в данном цикле анализа ответных ходов противника после шаха, так и в других аналогичных циклах будет работать прием, отбрасывающий меньшую оценку потерь при наличии большей:

$$\forall_{abcs}(\text{следпотеря}(a, s, b) \ \& \ c \leq b \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, c))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Он заменяет посылку "следпотеря(a, s, c)" на логическую константу "истина". Первый антецедент идентифицируется с другой посылкой, второй - выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abmn}(\text{следпотеря}(a, b, m) \ \& \ 0 < m - n \rightarrow \text{следпотеря}(a, b, n))$$

Аналогично предыдущему, но точка привязки выбрана в первом антецеденте. Такая версия приема необходима, если лучшая оценка возникает после худшей.

(h) Определение выигрыша нападающей стороны как минимального проигрыша по ответным ходам обороняющейся стороны.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdfnqs}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{посылка}(\text{закрход}(b, x, y)) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)))))) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{посылка}(\text{отходкороля}(b, x)) \ \& \ \neg(\exists_y(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, y)))))) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{посылка}(\text{антишах}(b, x)) \ \& \ \neg(\exists_y(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, y)))))) \ \& \\ & \text{наименьший}(q, \text{set}_x(\exists_{yz}(\text{посылка}(\text{закрход}(b, y, z)) \ \& \\ & \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, y, x)))) \vee \exists_y(\text{посылка}(\text{отходкороля}(b, y)) \ \& \\ & \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, y, x))) \vee \exists_y(\text{посылка}(\text{антишах}(b, y)) \ \& \end{aligned}$$

посылка(следпотеря(b, y, x)))) & $n = q + \text{ценаполя}(a, d) \& 0 < n \rightarrow$
 выигрыш(a, s, n)

Проверяется, что для каждого из вариантов ответного хода - загроживания, отхода или взятия атакующей фигуры, существует сопровождающая посылка "следпотеря", указывающая на оценку потерь противника при данном его ходе. Затем определяется минимум q таких оценок, к которому прибавляется ценность взятой при шахе фигуры.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Терм "посылка(A)" внутри выделенного указателем "программа" антецедента означает, что утверждение A - не оператор, а шаблон утверждения, идентифицируемого с посылкой. Отсутствует посылка с заголовком "единкороль". Уровень срабатывания равен 4.

(i) Усмотрение возможности преодолеть кратные угрозы своим фигурам.

$$\forall_{abfmnopqrs}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шах}(a, s, f) \& \text{смход}(s, p, q) \& \text{потеря}(a, p, n) \& \\ \text{потеря}(a, r, m) \& \exists_{xy}(\text{ходфигуры}(b, r, x) \& y = \text{Ход}(b, r, x) \& \\ \neg(\exists_{zwt}(\text{посылка}(\text{потеря}(a, z, t)) \& \neg(z = p) \& \neg(z = r) \& \\ \text{ценазащиты}(y, z, w) \& w < 0)) \& \neg(\exists_{uv}(\text{атакует}(y, u, x, v)))) \& \\ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(b, x, q, y))) \& \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(b, x, f, y))) \rightarrow \text{отвлшах}(a, s))$$

После хода своей фигурой поля p на поле q возникает позиция b , где чужой король атакован фигурой поля f . Имеются указания на потери для фигур полей p и r в исходной позиции. Существует такой ход фигурой r (в предположении пропуска хода противником), что степени защищенности всех остальных фигур, выделенных посылками "потеря", становятся неотрицательными. Сделавшая ход фигура при этом выведена из-под ударов. В позиции b фигуры q, f не атакованы. Посылка "отвлшах" указывает на возможность преодоления кратных угроз с помощью шаха.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля p, r различны. Уровень срабатывания приема равен 3.

$$\forall_{abfmnopqrs}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шах}(a, s, f) \& \text{смход}(s, p, q) \& \text{потеря}(a, p, n) \& \\ \text{потеря}(a, r, m) \& \exists_{xy}(\text{ходфигуры}(b, r, x) \& y = \text{Ход}(b, r, x) \& \\ \neg(\exists_{uv}(\text{атакует}(y, u, x, v)))) \& \text{ценаполя}(a, p) \leq \text{ценаполя}(a, q) \& \\ (q = f \vee \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(b, x, f, y)))) \rightarrow \text{отвлшах}(a, s))$$

После хода своей фигурой поля p на поле q возникает позиция b , где чужой король атакован фигурой поля f . Имеются указания на потери для фигур полей p и r в исходной позиции, причем других указаний на потери нет. Фигура r может отойти на поле, где не будет атакована. Ценность фигуры p не превосходит ценности фигуры q . Либо $q = f$, либо атакующая короля фигура f сама не атакована.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля p, r различны. Отсутствуют посылки "потеря", не указанные в антецедентах. Уровень срабатывания равен 3.

(j) Усмотрение возможности снятия отдельной угрозы.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcfnps}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{потеря}(a, p, n) \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(b, x, f, y))) \ \& \ \text{Атакует}(a, c, p, \emptyset) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{посылка}(\text{отходкороля}(b, x)) \ \& \ \neg(\text{посылка}(\text{шахвзятие}(b, x, c)))))) \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{посылка}(\text{закрход}(b, x, y)) \ \& \ \neg(\text{посылка}(\text{шахвзятие}(b, x, c)))))) \rightarrow \\ & \text{защход}(a, s, p) \end{aligned}$$

После шаха чужому королю возникает позиция b , в которой он атакован фигурой поля f . Сама эта фигура не атакована. Имеется указание на потерю своей фигуры поля p . Она атакована лишь фигурой поля c . Для любого ответа противника после шаха имеется указание, что следующим же ходом он теряет фигуру c . Вводится посылка, указывающая, что шах одновременно прикрывает фигуру p .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует другая посылка вида "Атакует(a, X, p, \emptyset)". Уровень срабатывания равен 4.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcfnps}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{посылка}(\text{закрход}(b, x, y)) \ \& \ \neg(\text{посылка}(\text{Возмзащита}(b, x, c)))))) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{посылка}(\text{отходкороля}(b, x)) \ \& \ \neg(\text{посылка}(\text{Возмзащита}(b, x, c)))))) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{посылка}(\text{антишах}(b, x)) \ \& \ \neg(\text{посылка}(\text{Возмзащита}(b, x, c)))))) \rightarrow \\ & \text{защход}(a, s, c) \end{aligned}$$

Имеется указание на потерю своей фигуры поля c . В процессе анализа ответных ходов после шаха выяснилось, что для любого хода противника имеется возможность добиться материального выигрыша и одновременно защитить фигуру поля c .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "одинкороль". Уровень срабатывания равен 4.

(k) Усмотрение мата после однозначного отхода короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdfnpqstA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \\ & \ \& \ \text{отходкороля}(b, t) \ \& \ \text{смход}(t, c, d) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, c, d) \ \& \\ & \ \text{мат}(A, n) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(b, x, f, y))) \rightarrow \text{ход}(p, q)) \end{aligned}$$

После шаха возникает позиция, в которой противник имеет единственный возможный ход - отход королем. После этого хода ему ставится мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые семь антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки вида "закрход(b, X, Y)", а также вида "отходкороля(B, X)", где X отлично от t . Уровень срабатывания равен 4.

(l) Усмотрение возможности защитить свою фигуру, если размен при ответном ходе завершается шахом.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghimnpqrsAB}(\text{шах}(a, c, d) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{смХод}(a, c, e) \ \& \\ & \ \text{смход}(f, g, h) \ \& \ \text{ответнход}(e, f, p, q, m) \ \& \ m \leq n \ \& \ A = \text{Ход}(e, g, h) \ \& \end{aligned}$$

$$B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{король}(B, i, r) \ \& \ \text{текцвет}(e, i) \ \& \ \text{атакует}(B, q, r, s) \ \& \\ \exists_{xyC}(\text{ходфигуры}(B, b, x) \ \& \ C = \text{Ход}(B, b, x) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, x, y) \ \& \\ 0 \leq y) \rightarrow \text{Возмзащита}(e, f, b))$$

Уже рассматривался ответный ход противника f на шах его королю. Имеется посылка, указывающая, что в позиции A , возникающей после хода f , ход своей фигурой с поля p на поле q приводит к материальному выигрышу m . Имеется также посылка, указывающая, что на поле b в исходной позиции ожидается потеря, не меньшая, чем выигрыш m . После хода с p на q возникает позиция B , где чужой король атакован. В этой позиции возможен отход фигуры b , предотвращающий ее потерю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и десятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

(m) Усмотрение возможных дополнительных потерь при шахе.

$$\forall_{abdefghmp}(\text{смХод}(a, d, e) \ \& \ \text{шах}(a, d, p) \ \& \ \text{смход}(d, b, f) \ \& \\ \text{шахблок}(e, f, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(e, h, m) \ \& \ m < 0 \rightarrow \text{возмпотеря}(a, d, h))$$

После хода с поля b на поле f , атакующего чужого короля, фигура f блокирует защиту чужой фигуры поля h фигурой поля g . Степень защищенности фигуры h становится отрицательной. Создается посылка, указывающая целесообразность дополнительного учета потерь противника на поле h .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

9. Усмотрение форсированного мата при последовательных шахах.

$$\forall_{abcfpqsa}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огркороля}(a, c) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \ \& \\ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \neg(\exists_{tyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg b, y) \ \& \\ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{король}(B, \neg b, t) \ \& \\ \neg(\exists_{uvC}(\text{нападение}(B, t, u, v) \ \& \ C = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \\ \neg(\exists_{gh}(\text{полефигуры}(C, \neg b, g) \ \& \ \text{ходфигуры}(C, g, h) \ \& \ \text{возмход}(C, g, h) \ \& \\ \neg(\text{мат}(\text{Ход}(C, g, h), b)))))))))) \rightarrow \text{ход}(p, q))$$

Ход s дает шах чужому королю в ситуации, когда он сильно ограничен в передвижениях, а число фигур его цвета невелико. Для любого ответного хода существует такой повторный шах, что после каждого следующего ответного хода чужому королю дается мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана в третьем антецеденте. Уровень срабатывания равен 4.

10. Пакет продуктов "ценашаха".

Обращение к оператору имеет вид "ценашаха(a, b, c, d)". Входные данные - позиция a и поле b фигуры, атакующей чужого короля на поле c . Выходной переменной d присваивается оценка материального выигрыша для атакующей стороны.

Сначала накопитель d иницируется значением 100, а потом последовательно уменьшается в однократном цикле рассмотрения ответных ходов.

- (а) Определение наилучшего взятия после отдельного хода, защищающего от шаха.

$$\forall_{abdejpwwA}(p = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg p, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, e, j) \ \& \ \text{возмход}(a, e, j) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, j) \ \& \ \text{наибольший}(w, \text{set}_n(n = 0 \vee \exists_{ghim}(\text{полефигуры}(A, p, i) \ \& \ \text{атакует}(A, i, g, h) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, i, g, n) \ \& \ 0 < n) \vee \text{мат}(A, p) \ \& \ n = 100)) \ \& \ u = w - \text{ценаполя}(a, j) \ \& \ u < d \rightarrow d = u)$$

Рассматриваются всевозможные ответные ходы - с поля e на поле j . В полученной позиции A определяется максимум w оценок n выигрыша при последующем ходе, из которого вычитается ценность фигуры j . Особо рассматривается случай, когда следующим ходом дается мат, и тогда n равно 100. Уровень срабатывания равен 1.

- (б) Выдача результата. На уровне 2 выдается результат d .

По ходу обучения выяснилось, что оператор "ценашаха" не всегда достаточен. Были созданы два различных его усиления, каждое из которых ориентировано на свой обучающий пример. Обращения к ним происходят из различных приемов, и целесообразность объединения всех трех версий в одну требует дополнительного изучения. Такое объединение возможно, но может замедлить рассмотрение примеров.

11. Пакет продукций "цЕнашаха".

Оператор представляет собой усиление оператора "ценашаха". Он может выдать большую оценку выигрыша, но более трудоемок. Обращение к нему имеет вид "цЕнашаха(a, b, c, d)". Входные и выходные данные - те же, что и выше.

- (а) Определение наилучшего взятия после отдельного хода, защищающего от шаха.

$$\forall_{abdejpwwA}(p = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg p, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, e, j) \ \& \ \text{возмход}(a, e, j) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, j) \ \& \ \text{наибольший}(w, \text{set}_n(n = 0 \vee \exists_{ghim}(\text{полефигуры}(A, p, i) \ \& \ \text{атакует}(A, i, g, h) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, i, g, m) \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(a, j) \ \& \ 0 < n) \vee \text{мат}(A, p) \ \& \ n = 100 \vee \neg(\exists_{BC}(\text{полефигуры}(a, \neg p, B) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, B, C) \ \& \ \text{возмход}(a, B, C) \ \& \ \neg((e, j) = (B, C)))) \ \& \ \exists_{DEFGk}(\text{король}(A, \neg p, D) \ \& \ \text{нападение}(A, D, E, F) \ \& \ G = \text{Ход}(A, E, F) \ \& \ 0 < \text{ценаполя}(A, F) \ \& \ \text{ценашаха}(G, F, D, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ n = k + \text{ценаполя}(A, F) - \text{ценаполя}(a, j)))) \ \& \ w < d \rightarrow d = w)$$

Как и в предыдущем операторе, рассматриваются всевозможные ответные ходы с поля e на поле j . В полученной позиции A определяется максимум w оценок n выигрыша при последующем ходе. Однако, добавляется рассмотрение случая, когда ответный ход $e - j$ единственный возможный, и после него возможно нападение на чужого короля ходом с поля E на поле F , занятое фигурой. Здесь величина n определяется как сумма оценки k выигрыша при повторном шахе, ценности фигуры F и взятой со знаком минус ценности фигуры j .

(b) Выдача результата. На уровне 2 выдается результат d .

12. Пакет продукций "оценкашаха".

Оператор представляет собой альтернативное усиление оператора "ценашаха". Обращение к нему имеет вид "оценкашаха(a, b, c, d)". Входные и выходные данные - те же, что и выше. Рассматривающий ответные ходы прием выглядит так:

$$\begin{aligned} & \forall_{abdejpwA} (p = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg p, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, e, j) \ \& \\ & \text{возмход}(a, e, j) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, j) \ \& \ \text{наибольший}(w, \text{set}_n(n = 0 \vee \\ & \exists_{ghim} (\text{полефигуры}(A, p, i) \ \& \ \text{атакует}(A, i, g, h) \ \& \ \text{Ценавзятия}(A, i, g, m) \ \& \\ & n = m - \text{ценаполя}(a, j) \ \& \ 0 < n) \vee \text{мат}(A, p) \ \& \ n = 100 \vee \\ & \text{шахфигура}(a, e) = \text{король} \ \& \ \exists_{rstqB} (\text{нападение}(A, j, r, s) \ \& \ B = \text{Ход}(A, r, s) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(B, s, t) \ \& \ 0 < t \ \& \ \text{ценашаха}(B, s, j, q) \ \& \ 0 < q \ \& \\ & n = q + \text{ценаполя}(A, s))) \ \& \ w < d \rightarrow d = w) \end{aligned}$$

Вместо оператора "ценавзятия" используется оператор "Ценавзятия", учитывающий ответные взятия противника, не обязательно связанные с полем разменов. Дополнительно по отношению к оператору "ценашаха" рассматривается случай, когда ход с поля e на поле j сделал король. Тогда находятся ходы, дающие повторный шах королю, и для оценки материального выигрыша при повторном шахе берется оператор "ценашаха".

3.5.10 Нападение на фигуру

В этом разделе рассматриваются ходы, после которых становится атакованной чужая фигура. Сначала приводятся приемы, выделяющие среди множества таких ходов наиболее интересные. Затем идут приемы, перечисляющие возможные ответные меры противника. Далее - приемы, оценивающие его потери для выделенных ответных ходов. Наконец, происходит окончательный анализ результативности нападения. В конце раздела перечисляются некоторые дополнительные приемы, связанные с нападениями, а также используемые приемами пакетные операторы.

1. Усмотрение вариантов нападения.

Выделяются варианты нападения, для которых будет предприниматься специальное рассмотрение.

(a) Создание связки при нападении.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdeikmpqrsA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg e, b) \ \& \\ & 3 < \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ \text{нападение}(a, b, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \\ & \text{ценаполя}(a, c) < \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ \text{шахсвязка}(A, b, d, m) \ \& \\ & \text{ценаполя}(a, c) < \text{ценаполя}(A, m) \ \& \ \text{связход}(a, c, d, p) \ \& \\ & q = \min(\text{ценаполя}(a, b), \text{ценаполя}(A, m)) - \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ r = q - p \ \& \\ & 0 < r \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, i) \ \& \ k = \min(r, i) \ \& \ 0 < k \rightarrow \\ & \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, k)) \end{aligned}$$

Прием усматривает непосредственный выигрыш при нападении. Своя фигура поля c делает ход на поле d , после чего возникает позиция A . В этой позиции фигура поля d атакует фигуру поля b , не менее ценную, чем ладья,

причем эта фигура связана: она заслоняет фигуру поля m от атаки ее фигурой d . Ценности фигур b, m больше ценности фигуры c . Для получения оценки выигрыша сначала из минимума ценностей фигур b, m вычитается ценность фигуры c , а также величина побочных потерь при ходе ее на поле d . Далее берется минимум этой величины и степени защищенности фигуры d в позиции A .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 5.

- (b) Нападение на фигуру, не защищенную либо имеющую ценность, большую чем нападающая.

$$\forall_{abcdkmnpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, q, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{атакует}(A, q, c, d) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, q, c, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{связход}(a, p, q, k) \ \& \ k < n \rightarrow \text{шахнападение}(a, s, c))$$

При рассмотрении текущей позиции ранее был выделен ход s своей фигурой поля p на поле q . Было отмечено, что этот ход приводит к нападению на фигуру поля X . В новой позиции A степень защищенности фигуры q положительная, причем эта фигура атакует также фигуру поля c , отличного от X . Оценка материального выигрыша при взятии фигуры c положительна и больше оценки побочных потерь при ходе s . Вводится посылка "шахнападение", указывающая, что ход s нападет и на фигуру c . Посылки "шахнападение" инициируют анализ ответных ходов и получение уточненной оценки материального выигрыша.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Перед срабатыванием приема проверяется наличие посылки вида "шахнападение(a, s, X)", где X отлично от c . Точка привязки выбрана в третьем антецеденте. Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abcdefnsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, f) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{атакует}(a, d, c, x))) \ \& \ \neg(\exists_{uw}(\text{атакует}(A, u, e, w) \ \& \ (\neg(\exists_p(\text{защищает}(A, e, p))) \vee \text{ценаполя}(A, u) < \text{ценаполя}(A, e)))) \ \& \ (\neg(\exists_v(\text{защищает}(A, c, v))) \vee \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, c)) \ \& \ \neg(\exists_{qB}(\text{ходфигуры}(A, c, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, q) \ \& \ \neg(\exists_{ghmkC}(\text{нападение}(B, q, g, h) \ \& \ C = \text{Ход}(B, g, h) \ \& \ \text{атакует}(C, m, f, k))) \ \& \ \neg(\exists_{rt}(\text{атакует}(B, r, q, t)))))) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Возможен ход своей фигурой s поля d на поле e , приводящий к нападению на фигуру поля c , которая до этого фигурой d не была атакована. В результате этого хода возникает позиция A . В ней фигура e не атакована фигурой меньшей ценности, а если вообще атакована, то чем-то и защищена. Либо ценность фигуры d меньше ценности фигуры c , либо фигура c в позиции A ничем не защищена. В этой позиции фигура c не может перейти на не атакованное поле, для которого нельзя было бы сделать ей вилку с

чужим королем. Степень защищенности фигуры e в позиции A положительная. Ход с поля d на поле e выделяется для дальнейшего анализа как нападающий на фигуру c .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Рассматриваемый ход с d на e не был выделен посылкой "шах(...)". Отсутствует посылка "потеря", указывающая на потерю, большую, чем ценность фигуры c , а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньшей ценности фигуры c . На поле c расположен не король. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания приема равен 5.

(с) Нападение при рокировке.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdehkmsA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, h) \ \& \\ & \text{рокировка}(a, b, k, d, e) \ \& \ \text{возмход}(a, h, k) \ \& \ A = \text{Ход}(a, h, k) \ \& \\ & \text{атакует}(A, e, c, m) \ \& \ \neg(\exists_{uv}(\text{атакует}(A, u, e, v) \ \& \\ & (\neg(\exists_p(\text{защищает}(A, e, p))) \ \vee \ \text{ценаполя}(A, u) < \text{ценаполя}(A, e)))) \ \& \\ & (\neg(\exists_v(\text{защищает}(A, c, v))) \ \vee \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, c)) \ \& \\ & \neg(\exists_{qB}(\text{ходфигуры}(A, c, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, q) \ \& \\ & \neg(\exists_{rt}(\text{атакует}(B, r, q, t)))))) \rightarrow \text{смход}(s, h, k) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \\ & \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b) \end{aligned}$$

Возможна рокировка своим королем, при которой он переходит с поля h на поле k , а ладья - с поля d на поле e . После рокировки возникает позиция A , в которой ладья атакует фигуру поля c . В ней ладья e не атакована фигурой меньшей ценности, а если вообще атакована, то чем-то и защищена. Либо фигура c в позиции A ничем не защищена, либо она - ферзь. Не существует отхода фигуры c на неатакованное поле.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdehkmpsA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, h) \ \& \\ & \text{рокировка}(a, b, k, d, e) \ \& \ \text{возмход}(a, h, k) \ \& \ A = \text{Ход}(a, h, k) \ \& \\ & \text{атакует}(A, k, c, m) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, p) \ \& \ 0 < p \ \& \\ & \neg(\exists_v(\text{защищает}(A, c, v))) \ \& \ \neg(\exists_{qB}(\text{ходфигуры}(A, c, q) \ \& \\ & B = \text{Ход}(A, c, q) \ \& \ \neg(\exists_{rt}(\text{атакует}(B, r, q, t)))))) \rightarrow \text{смход}(s, h, k) \ \& \\ & \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b) \end{aligned}$$

Возможна рокировка своим королем, при которой он переходит с поля h на поле k , а ладья - с поля d на поле e . После рокировки возникает позиция A , в которой король атакует фигуру поля c . В ней степень защищенности ладьи положительная, а фигура c ничем не защищена и не может отойти на неатакованное поле.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

(d) Вскрытое нападение на фигуру, не защищенную либо более ценную, чем нападающая.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{вскрнападение}(a, c, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & (\neg(\exists_v(\text{защищает}(A, c, v)))) \ \vee \ \text{ценаполя}(a, f) < \text{ценаполя}(a, c)) \ \& \\ & 0 < \text{ценаполя}(a, e) \ \& \ \neg(\exists_{uv}(\text{атакует}(A, v, e, u))) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \\ & \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Возможен ход своей фигурой с поля d на занятое чужой фигурой поле e , приводящий к вскрытому нападению на фигуру поля c фигуры поля f . В результате этого хода возникает позиция A . Либо ценность фигуры f меньше ценности фигуры c , либо фигура c в позиции A ничем не защищена. Фигура e в позиции A ничем не атакована.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Рассматриваемый ход с d на e не был выделен посылкой "шах(...)". Отсутствует посылка с заголовком "потеря", а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньший ценности фигуры c . На поле c расположен не король. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefnsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{вскрнападение}(a, c, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & (\neg(\exists_v(\text{защищает}(A, c, v)))) \ \vee \ \text{ценаполя}(a, f) < \text{ценаполя}(a, c)) \ \& \\ & \neg(\exists_{uw}(\text{атакует}(A, u, e, w) \ \& \ (\neg(\exists_p(\text{защищает}(A, e, p)))) \ \vee \\ & \text{ценаполя}(A, u) < \text{ценаполя}(A, e)))) \ \& \ (\neg(\exists_u(\text{атакует}(A, c, f, u))) \ \vee \\ & \text{ценаполя}(a, c) < \text{ценаполя}(a, f)) \ \& \ \neg(\exists_{qB}(\text{ходфигуры}(A, c, q) \ \& \\ & B = \text{Ход}(A, c, q) \ \& \ \neg(\exists_{rt}(\text{атакует}(B, r, q, t)))))) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \\ & 0 < n \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ & \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Возможен ход своей фигурой с поля d на поле e , приводящий к вскрытому нападению на фигуру поля c фигуры поля f . В результате этого хода возникает позиция A . В ней фигура e не атакована фигурой меньшей ценности, а если вообще атакована, то чем-то и защищена. Либо ценность фигуры f меньше ценности фигуры c , либо фигура c в позиции A ничем не защищена. Либо фигура c не атакует фигуру f , либо ее ценность больше ценности фигуры f . Фигура c не может отойти на неатакованное поле. Степень защищенности фигуры поля e в позиции A положительна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Рассматриваемый ход с d на e не был выделен посылкой "шах(...)". Отсутствует посылка "потеря", указывающая на потерю, большую, чем ценность фигуры c , а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньший ценности фигуры c . На поле c расположен не король. Отсутствует посылка "Выигрыш(...)" для какого - либо хода фигурой поля d . Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

- (e) Вскрытое нападение на связанную фигуру.

$$\forall_{abcdefpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{вскрнападение}(a, c, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, p, q) \ \& \\ \neg(\exists_x(\text{ценазащиты}(A, e, x) \ \& \ x < 0)) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \\ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Возможен ход своей фигурой с поля d на поле e , приводящий к вскрытому нападению на фигуру поля c фигуры поля f . Фигура s связана - заслоняет фигуру поля q от нападения на нее фигуры поля p . После хода фигура поля e имеет неотрицательную степень защищенности.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Рассматриваемый ход с d на e не был выделен посылкой "шах(. . .)". Отсутствует посылка с заголовком "потеря", а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньший ценности фигуры s . На поле s расположен не король. Поля d, p различны. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

- (f) Заслон своей атакуемой фигуры для реализации уже имеющейся атаки на чужую фигуру.

$$\forall_{abcdefghijkmnptA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{потеря}(a, c, b) \ \& \\ \text{заслонфигуры}(a, d, c, e) \ \& \ \text{смход}(d, f, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \\ \text{полефигуры}(A, p, h) \ \& \ \text{атакует}(A, h, i, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, h, t) \ \& \ 0 \leq t \ \& \\ \text{ценаполя}(A, h) < \text{ценаполя}(A, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, m) \ \& \ 0 \leq m \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, g, n) \ \& \ 0 \leq n \ \& \ \text{ценавзятия}(A, h, i, k) \ \& \ 0 < k \rightarrow \\ \text{шахнападение}(a, d, i) \ \& \ \text{смХод}(a, d, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg p))$$

Усматривается потеря своей фигуры на поле c . Ход d заслоняет фигуру s от нападения на нее фигуры поля e . После него возникает позиция A , в которой некоторая своя фигура поля h атакует более ценную фигуру поля i . Степень защищенности фигур h, c, g в позиции A неотрицательна. Оценка материального выигрыша при взятии в этой позиции фигуры i фигурой h положительна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует другая посылка с заголовком "потеря". Отсутствует также посылка вида "смХод(a, d, X)". Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

- (g) Усмотрение кратного нападения.

- i. Характеризация ранее выделенного нападения как кратного.

$$\forall_{acdesA}(\text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{услугмат}(a, c, u) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \\ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{атакует}(A, e, m, n) \ \& \ \neg(c = m) \ \& \\ (\neg(\exists_v(\text{защищает}(A, m, v)))) \vee \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, m)) \rightarrow \\ \text{шахнападение}(a, s, m))$$

Ход s был выделен как представляющий интерес для нападения на фигуру поля c . Было также замечено, что при условии удаления фигуры s ход u приводит к мату чужому королю. После хода s возникает

позиция A , в которой сделавшая ход s фигура атакует также фигуру поля m , отличного от c . Либо фигура поля m не защищена, либо имеет ценность, большую, чем атакующая фигура. Тогда вводится дополнительная посылка "шахнападение", указывающая, что ход s интересен также для атаки на фигуру m . При оценке выигрыша от хода s будут использоваться обе посылки "шахнападение".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{acdemnsA}(\text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{атакует}(A, e, m, n) \ \& \ \neg(c = m) \ \& \ (\neg(\exists_v(\text{защищает}(A, m, v)))) \ \vee \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, m)) \ \& \ \neg(\exists_{qB}(\text{ходфигуры}(A, c, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, q) \ \& \ \neg(\exists_{rt}(\text{атакует}(B, r, q, t)))))) \rightarrow \text{шахнападение}(a, s, m))$$

Аналогично предыдущему, но вместо требования, чтобы при удалении фигуры c чужому королю ставился мат, вводится требование, чтобы в позиции A фигура c не могла отойти на неатакованное поле.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

ii. Усмотрение кратного нападения.

$$\forall_{abcdpqsa}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \rightarrow \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Уже введены две посылки "шахнападение" для некоторого хода, но пока не введена в рассмотрение матрица позиции после данного хода. Прием вводит ее в рассмотрение.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "программа". Отсутствует посылка вида "смХод(a, s, X)". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefmsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, h) \ \& \ \text{смход}(s, b, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{блокатаки}(a, b, d, c) \ \& \ \neg(h = c) \ \& \ \text{атакует}(A, d, c, f) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, d, c, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{шахнападение}(a, s, c))$$

Введенный ранее в рассмотрение ход s открывает чужую фигуру поля c атаке своей фигуры поля d , причем оценка материального выигрыша от взятия положительна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdempqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ (\neg(\exists_h(\text{защищает}(A, c, h)))) \ \vee \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, c)) \ \& \ \text{атакует}(A, e, p, q) \ \& \ \neg(p = c) \ \& \ (\neg(\exists_h(\text{защищает}(A, p, h)))) \ \vee \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, p)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ (0 < m \ \vee \ 0 \leq m \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(A, p)) \ \&$$

$1 < \text{ценаполя}(a, c) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \& \text{смХод}(a, s, A) \& \text{текцвет}(A, \neg b) \& \text{шахнападение}(a, s, c) \& \text{шахнападение}(a, s, p)$

Чужую фигуру поля c можно атаковать ходом с поля d на поле e . В новой позиции A либо фигура c ничем не защищена, либо ее ценность больше ценности фигуры e . В этой же позиции фигура e атакует другую фигуру, расположенную на поле p . Она тоже либо ничем не защищена, либо имеет ценность, большую ценности фигуры e . Либо степень защищенности фигуры e положительна, либо она равна нулю, а фигуры c, p отличны от пешек. Вводятся посылки, указывающие, что ход с поля d на поле e целесообразно рассмотреть в связи с нападениями на фигуры c, p .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Ход с поля d на поле e пока не рассматривался. Отсутствует посылка вида "косвсвязка(a, d, X)". Уровень срабатывания равен 3.

- iii. Усмотрение кратного нападения при связывании защищающей фигуры.

$\forall_{abcde f h m n p q r s A} (\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, h) \& \text{смход}(s, b, c) \& A = \text{Ход}(a, b, c) \& \text{огрзащиты}(a, s, p, q) \& \text{атакует}(A, r, q, d) \& \text{ценавзятия}(A, r, q, m) \& 0 < m \& \text{атакует}(A, c, e, f) \& \text{ценавзятия}(A, c, e, n) \& 0 < n \rightarrow \text{смХод}(a, s, A) \& \text{текцвет}(A, \neg h) \& \text{шахнападение}(a, s, q) \& \text{шахнападение}(a, s, e))$

Уже был введен в рассмотрение ход s своей фигурой с поля b на поле c . Было замечено, что данный ход связывает фигуру поля p , ранее защищавшую фигуру q . После хода возникает позиция A , в которой фигура q атакована фигурой поля r , причем оценка материального выигрыша при ее взятии положительна. В позиции A фигура c атакует фигуру, расположенную на отличном от q поле e , и оценка материального выигрыша при взятии тоже положительна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три antecedента и пятый antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "смХод(a, s, X)". Уровень срабатывания равен 3.

- iv. Усмотрение кратного нападения при развязывании фигуры.

$\forall_{abcde f g m n p A} (\text{шахразвязка}(a, g, b) \& \text{смход}(g, c, d) \& \text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, m) \& A = \text{Ход}(a, c, d) \& \text{атакует}(A, d, e, f) \& \text{ценавзятия}(A, d, e, n) \& 0 < n \& \text{связнападение}(a, b, p) \rightarrow \text{смХод}(a, g, A) \& \text{текцвет}(A, \neg m) \& \text{шахнападение}(a, g, e) \& \text{шахнападение}(a, g, p))$

Уже был введен в рассмотрение ход g своей фигурой с поля c на поле d . Было замечено, что данный ход развязывает свою фигуру поля b . После хода возникает позиция A , в которой фигура d атакует фигуру поля e с положительной оценкой материального выигрыша при взятии. Фигура b в исходной позиции атаковала фигуру поля p , отличного от e .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "смХод(a, g, X)". Уровень срабатывания равен 3.

- v. Кратное нападение для отвлечения фигуры, защищающей другую фигуру.

$$\forall abcdefghpqsa(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{атакует}(A, e, p, q) \ \& \ \neg(p = c) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, p) \ \& \ \text{защищает}(A, f, c) \ \& \ \neg(f = p) \ \& \ \text{атакует}(A, g, f, h) \ \& \ \neg(g = e) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(A, f) \ \rightarrow \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, p) \ \& \ \text{отвлатака}(a, s, c, p, f))$$

После хода с поля d на поле e своя фигура атакует более ценную фигуру поля c . Одновременно она атакует другую более ценную фигуру поля p . Фигура поля c защищает в новой позиции A фигуру поля f , атакованную фигурой поля g . Поле f отлично от p , а поле g - от e . Ценность фигуры поля d меньше ценности фигуры f . В добавление к обычным посылкам, характеризующим кратное нападение, вводится посылка "отвлатака", указывающая, что это нападение отвлекает фигуру, защищающую фигуру f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Ход с поля d на поле e ранее не рассматривался. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 3.

- (h) Усмотрение нападения связанной фигуры.

$$\forall abcdemn(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{шахцвет}(a, c) = b \ \& \ \text{угрожает}(a, c, m, n) \ \& \ \text{ценаполя}(a, m) > \text{ценаполя}(a, c) \ \rightarrow \ \text{связнападение}(a, c, m))$$

Своя фигура поля c загораживает свою фигуру поля e от нападения на нее фигуры поля d . Она же атакует более ценную фигуру поля m . В отличие от предиката "атакует", отбрасывающего случаи атаки фигурой, которая фактически сделать ход не в состоянии (если она участвует в связке с королем либо является королем, атакующим защищенную фигуру), здесь используется предикат "угрожает", не имеющий такого ограничения.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall abcdemn(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{шахцвет}(a, c) = b \ \& \ \text{угрожает}(a, c, m, n) \ \& \ \neg(\exists x(\text{защищает}(a, m, x))) \ \rightarrow \ \text{связнападение}(a, c, m))$$

Аналогично предыдущему, но вместо требования, чтобы ценность фигуры m была больше ценности фигуры c , вводится требование незащищенности фигуры m .

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdemnpq}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \\ & \text{шахцвет}(a, c) = b \ \& \ \text{угрожает}(a, c, m, n) \ \& \ \neg(m = d) \ \& \\ & \text{шахсвязка}(a, m, p, q) \ \& \ (\text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(a, m) \ \vee \\ & \exists_{xy}(\text{атакует}(a, x, m, y) \ \& \ \text{ценаполя}(a, x) \leq \text{ценаполя}(a, m)) \ \vee \\ & \neg(\exists_z(\text{защищает}(a, m, z) \ \& \ \text{ценаполя}(a, z) < \text{ценаполя}(a, c)))) \rightarrow \\ & \text{связнападение}(a, c, m)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля c загоразивает свою фигуру поля e от нападения на нее фигуры поля d . Она же атакует фигуру поля m , отличного от d . Фигура m загоразивает фигуру того же цвета, находящуюся на поле q , от нападения на нее фигуры поля p . Либо ценность фигуры c не превосходит ценности фигуры m , либо существует какая-либо другая атакующая фигуру m фигура, ценность которой не более ценности m , либо каждая фигура, защищающая фигуру m , имеет ценность не меньшую, чем ценность c .

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как в предыдущем приеме.

- (i) Создание перевеса в нападении на защищенную фигуру.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdemsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\exists_f(\text{атакует}(a, d, c, f))) \ \& \\ & \neg(\exists_{uw}(\text{атакует}(A, u, e, w) \ \& \ (\neg(\exists_p(\text{защищает}(A, e, p)))) \ \vee \\ & \text{ценаполя}(A, u) < \text{ценаполя}(A, e)))) \ \& \ \exists_v(\text{защищает}(A, c, v)) \ \& \\ & \exists_{qut}(\text{атакует}(A, q, c, u) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, q, c, t) \ \& \ 0 < t) \ \& \\ & \neg(\exists_{kB}(\text{ходфигуры}(A, c, k) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, k) \ \& \\ & \neg(\exists_{ji}(\text{атакует}(B, j, k, i)))))) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ & \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Возможен ход своей фигурой с поля d на поле e , приводящий к нападению на фигуру поля c , до этого фигурой d не атакующей. В результате этого хода возникает позиция A . В ней фигура e не атакующая фигурой меньшей ценности, а если вообще атакующая, то чем-то и защищена. Фигура c в позиции A защищена какой-либо фигурой. Однако, существует такая атакующая ее фигура, что оценка материального выигрыша при взятии положительна. Фигура c не может отойти на неатакующее поле. Степень защищенности фигуры e в позиции A неотрицательна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Рассматриваемый ход с d на e не был выделен посылкой "шах(...)". Отсутствует посылка "потеря", указывающая на потерю, большую, чем ценность фигуры c , а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньший ценности фигуры c . На поле c расположен не король. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания приема равен 6.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdegijkmnsABCD}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\exists_f(\text{атакует}(a, d, c, f))) \ \& \\ & \neg(\exists_{uw}(\text{атакует}(A, u, e, w) \ \& \ (\neg(\exists_p(\text{защищает}(A, e, p)))) \ \vee \\ & \text{ценаполя}(A, u) < \text{ценаполя}(A, e)))) \ \& \ \exists_v(\text{защищает}(A, c, v)) \ \& \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \exists_{qut}(\text{атакует}(A, q, c, u) \ \& \ \text{ценовзятия}(A, q, c, t) \ \& \ 0 < t) \ \& \ \text{король}(A, \neg b, g) \ \& \\ & \neg(g = c) \ \& \ \text{нападение}(A, g, m, n) \ \& \ \neg(m = e) \ \& \ \text{блокатаки}(A, m, i, j) \ \& \\ & i = e \ \& \ B = \text{Ход}(A, m, n) \ \& \ \text{ценовзятия}(B, i, j, k) \ \& \ 0 < k \ \& \\ & \text{ценазащиты}(B, n, D) \ \& \ 0 < D + k \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, C) \ \& \\ & 0 < C \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ & \text{двойнатака}(A, m, n, g, i, j) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b) \end{aligned}$$

Возможен ход своей фигурой с поля d на поле e , приводящий к нападению на фигуру поля c , до этого фигурой d не атакующей. В результате этого хода возникает позиция A . В ней фигура e не атакowana фигурой меньшей ценности, а если вообще атакowana, то чем-то и защищена. Фигура c в позиции A защищена какой-либо фигурой. Однако, существует такая атакующая ее фигура, что оценка материального выигрыша при взятии положительна. В позиции A возможен ход своей фигурой с поля m на поле n , атакующий чужого короля и одновременно открывающий чужую фигуру поля j нападению на нее фигуры поля e . В новой позиции B оценка материального выигрыша от взятия фигурой e фигуры j положительна, и сумма этой оценки со степенью защищенности фигуры n тоже положительна. Степень защищенности фигуры e в позиции A положительна.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

(j) Усмотрение сквозного нападения.

i. Усмотрение обычного сквозного нападения.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdempA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{атакует}(a, d, c, x))) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & (\neg(\exists_h(\text{защищает}(A, c, h)))) \ \vee \ \text{ценаполя}(A, d) < \text{ценаполя}(A, c) \ \& \\ & \text{шахсвязка}(A, c, e, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ & \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c)) \end{aligned}$$

Возможен ход своей фигурой с поля d на поле e , приводящий к нападению на фигуру поля c , до этого фигурой d не атакующей. В результате этого хода возникает позиция A . В ней фигура e не атакowana фигурой меньшей ценности, а если вообще атакowana, то чем-то и защищена. Фигура c загоразивает в позиции A фигуру поля p от нападения на нее фигуры e . Степень защищенности фигуры e в этой позиции положительна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Ход с d на e ранее не рассматривался. Отсутствует посылка вида "косвсвязка(a, d, X)". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdempA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ 3 < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & \text{шахсвязка}(A, c, e, p) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(A, p) \ \& \ \text{атакует}(A, c, e, h) \ \& \\ & \text{ценовзятия}(A, c, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \\ & \neg(x = c))) \ \& \ \text{защищает}(A, f, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, e) \ \& \ \text{мат}(B, b) \rightarrow \end{aligned}$$

смход(s, d, e) & смХод(a, s, A) & текцвет($A, \neg b$) &
шахнападение(a, s, c) & смход(w, c, e) & следмат(A, w)

Возможен ход своей фигурой с поля d на поле e , приводящий к нападению на фигуру поля c , не менее ценную, чем ладья. В результате этого хода возникает позиция A . В ней фигура c загоразживаает отличную от пешки фигуру поля p от нападения на нее фигуры e . Фигура c нападает в позиции A на фигуру e , причем оценка материального выигрыша при взятии положительна. Другими фигурами фигура e не атакована. Существует фигура, защищаемая в позиции A фигурой c . Если фигура c берет фигуру e , то ответным ходом противник получает мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Ход с d на e ранее не рассматривался. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 3.

ii. Усмотрение вскрытого сквозного нападения.

$\forall abcdefnpqsxA$ (текпозиция(a) & текцвет(a, b) & полефигуры($a, \neg b, c$) &
вскрнападение(a, c, d, e, f) & $A =$ Ход(a, d, e) & атакует(A, e, p, q) &
ценавзятия(A, e, p, n) & $0 < n$ & $(\neg(\exists v(\text{защищает}(A, c, v)))) \vee$
ценаполя(A, f) < ценаполя(A, c)) & $\neg(\exists uv(\text{атакует}(A, v, e, u))) \rightarrow$
смход(s, d, e) & шахнападение(a, s, c) & шахнападение(a, s, p) &
смХод(a, s, A) & текцвет($A, \neg b$))

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует фигуру поля p и одновременно вскрывает нападение своей фигуры поля f на фигуру поля c . Фигура c заслоняет другую фигуру того же цвета, расположенную на поле x , от нападения на нее фигуры f . Оценка материального выигрыша от взятия фигуры p фигурой e положительна. Либо ценность фигуры f меньше ценности фигуры c либо фигура c не защищена. Фигура e ничем не атакована.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Рассматриваемый ход с d на e не был выделен посылкой "шах(...)". Отсутствует посылка с заголовком "потеря", а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньший ценности фигуры c . На поле c расположен не король. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания приема равен 5.

$\forall abcdefsxA$ (текпозиция(a) & текцвет(a, b) & полефигуры($a, \neg b, c$) &
вскрнападение(a, c, d, e, f) & $A =$ Ход(a, d, e) &
 $(\neg(\exists v(\text{защищает}(A, c, v)))) \vee$ ценаполя(A, f) < ценаполя(A, c)) &
 $\neg(\exists uv(\text{атакует}(A, v, e, u))) \rightarrow$ смход(s, d, e) & шахнападение(a, s, c) &
смХод(a, s, A) & текцвет($A, \neg b$))

Аналогично предыдущему, но отброшено условие атаки фигуры p фигурой e . Уровень срабатывания равен 6.

(k) Усмотрение двойного нападения.

i. Усмотрение обычного двойного нападения.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdemnpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{блокатаки}(a, d, p, q) \ \& \ \neg(c = q) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \exists_x(\text{атакует}(A, p, q, x)) \ \& \ (\neg(\exists_v(\text{защищает}(A, c, v)))) \\ & \vee \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ (\neg(\exists_w(\text{защищает}(A, q, w)))) \ \vee \\ & \text{ценаполя}(a, p) < \text{ценаполя}(a, q) \ \& \ \exists_v(\text{защищает}(A, c, v)) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(A, p, m) \ \& \ 0 \leq m \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \\ & (0 < n \ \vee \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, q) \ \& \ \neg(\exists_{zkB}(\text{атакует}(A, q, e, z)) \\ & \ \& \ B = \text{Ход}(A, q, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, e, k) \ \& \ 0 \leq k))) \rightarrow \\ & \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, q) \ \& \\ & \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует фигуру поля c и одновременно вскрывает нападение своей фигуры поля p на фигуру поля q . В новой позиции A либо фигура c ничем не защищена, либо имеет ценность, большую, чем фигура e . Аналогично, в этой позиции либо фигура q ничем не защищена, либо имеет ценность, большую, чем фигура p . Степень защищенности фигуры p в позиции A неотрицательна. Либо степень защищенности фигуры e в той же позиции положительна, либо ценность фигуры q больше ценности фигуры e , причем фигура q не может взять фигуру e и иметь после этого неотрицательную степень защищенности.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "потеря", указывающая на потерю, большую, чем ценность фигуры c , а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньший ценности фигуры c . На поле c расположен не король. Отсутствует пара посылок вида "смход(X, d, e)", "смХод(a, X, Y)". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

ii. Усмотрение двойного нападения при шахе.

$$\begin{aligned} & \forall_{adefmpqrs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, r) \ \& \\ & \text{шах}(a, s, f) \ \& \ \text{блокатаки}(a, d, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(r, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \\ & \neg(\text{шахфигура}(a, q) = \text{король}) \rightarrow \text{шахнападение}(a, s, q)) \end{aligned}$$

Ход своей фигуры поля d на поле e атакует чужого короля и одновременно вскрывает нападение своей фигуры поля p на отличную от короля фигуру поля q . В новой позиции степень защищенности фигуры e положительная.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Для работы с ранее созданной матрицей позиции r введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

$$\begin{aligned} & \forall_{adefmnr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, r) \ \& \ \text{шах}(a, s, f) \\ & \ \& \ \text{Полефигуры}(a, e) \ \& \ \text{защищает}(a, b, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(r, e, m) \ \& \\ & \ 0 < m \ \& \ \text{ценазащиты}(r, b, n) \ \& \ n < 0 \rightarrow \text{шахнападение}(a, s, b)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля d осуществляет взятие чужой фигуры поля e и при этом атакует чужого короля. Взятая фигура защищала фигуру поля b . В новой позиции степень защищенности фигуры e положительная, а фигуры b - отрицательная.

Схема идентификации и уровень срабатывания те же, что в предыдущем приеме.

- iii. Двойное нападение с разменом равноценных фигур, приводящее к шаху.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdempqrsuAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{блокатаки}(a, d, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & \exists_x(\text{атакует}(A, p, q, x)) \ \& \ (\neg(\exists_v(\text{защищает}(A, c, v)))) \ \vee \\ & \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ (\neg(\exists_w(\text{защищает}(A, q, w)))) \ \vee \\ & \text{ценаполя}(a, p) < \text{ценаполя}(a, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, m) \ \& \ 0 \leq m \ \& \\ & \text{ценаполя}(a, d) = \text{ценаполя}(a, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \\ & \text{король}(B, \neg b, r) \ \& \ \text{атакует}(B, q, r, u) \ \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \\ & \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, q) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ & \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует фигуру поля c и одновременно вскрывает нападение своей фигуры поля p на фигуру поля q . В новой позиции A либо фигура c ничем не защищена, либо имеет ценность, большую, чем фигура e . Аналогично, в этой позиции либо фигура q ничем не защищена, либо имеет ценность, большую, чем фигура p . Степень защищенности фигуры p в позиции A положительна. Ценности фигур полей d и q в исходной позиции равны. После взятия фигурой p фигуры q позиция A переходит в позицию B , где чужой король оказывается атакован фигурой q .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "потеря", указывающая на потерю, большую, чем ценность фигуры c , а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньший ценности фигуры c . На поле c расположен не король. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

- iv. Двойное нападение при связывании защищающей фигуры.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdmnpqrsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огрзащиты}(a, s, p, q) \ \& \\ & \text{огрзащиты}(a, s, p, r) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(A, q, m) \ \& \ m < 0 \ \& \ \text{ценазащиты}(A, r, n) \ \& \ n < 0 \ \rightarrow \\ & \text{шахнападение}(a, s, q) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, r) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ & \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Ход s связывает чужую фигуру поля p , ранее защищавшую фигуры полей q и r , после чего степени защищенности фигур q, r становятся отрицательными.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "шахнападение(a ,

$s, X)$ ". Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- v. Двойное нападение при одновременном связывании двух защищающих фигур.

$$\forall_{abcdefgmnpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{огрзащиты}(a, s, d, e) \ \& \ \text{огрзащиты}(a, s, f, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ m < 0 \ \& \ \text{ценазащиты}(A, g, n) \ \& \ n < 0 \ \rightarrow \ \text{шахнападение}(a, s, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, g) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg p))$$

Ход s связывает чужую фигуру поля d , защищавшую фигуру поля e , а также чужую фигуру поля f , защищавшую фигуру поля g . После этого степени защищенности фигур e, g становятся отрицательными.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "смХод(a, s, X)". Отсутствует посылка, "огрзащиты", указывающая, что ход s связывает чужую фигуру, защищавшую какую-то другую фигуру, более ценную, чем одна из фигур e, g . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (1) Нападение, связанное с проходной пешкой.

- i. Нападение при превращении пешки в фигуру.

$$\forall_{abdefmnsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, d) \ \& \ \text{преврпешки}(a, s, b) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, d) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, d, y))) \ \& \ \text{атакует}(A, d, e, f) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, d, e, m) \ \& \ 0 < m \ \rightarrow \ \text{шахнападение}(a, s, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg n))$$

Пешка делает ход, после которого превращается в фигуру и атакует чужую фигуру с положительной оценкой материального выигрыша при взятии ее.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "смХод(a, s, X)". Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- ii. Вскрытое нападение при превращении пешки в фигуру.

$$\forall_{abdefmnsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, d) \ \& \ \text{преврпешки}(a, s, b) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, d) \ \& \ \text{блокатаки}(a, b, f, e) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, f, e, m) \ \& \ 0 < m \ \rightarrow \ \text{шахнападение}(a, s, e) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg n))$$

Пешка делает ход, превращающий ее в фигуру и открывающий чужую фигуру поля e нападению фигуры поля f . Оценка материального выигрыша при взятии фигуры e положительная.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

- iii. Нападение проходной пешки на фигуру, создающее возможность связывания.

$$\forall abcdefgijn_sABE(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, -b, c) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) = 1 \ \& \ \text{числополей}(e, \text{напрпешки}(b)) < 3 \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ 0 \leq n \ \& \ B = \text{set}_C(\exists_{lDP}(\text{атакует}(A, C, e, D) \ \& \ P = \text{Ход}(A, C, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(P, e, l) \ \& \ 0 \leq l + \text{ценаполя}(A, e))) \ \& \ \text{card}(B) = 1 \ \& \ g \in B \ \& \ E = \text{Ход}(A, g, e) \ \& \ \text{король}(A, -b, f) \ \& \ \text{нападение}(E, c, i, j) \ \& \ \text{шахфигура}(E, i) \in \{\text{ладья, слон, ферзь}\} \ \& \ \text{разделяет}(c, j, f) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{шахсвяз}(A, c) \ \& \ \text{смпешка}(A, e) \ \& \ \text{текцвет}(A, -b))$$

Своя пешка ходом с поля d на поле e атакует более ценную чужую фигуру поля c и оказывается отделена от верхнего края доски не более чем двумя горизонталями. При этом возникает позиция A , в которой степень защищенности пешки неотрицательна. Имеется единственная возможность взятия данной пешки без материальной потери - фигурой поля g . После взятия пешки позиция A преобразуется в позицию E , где возможно нападение на фигуру поля c линейной фигурой, создающее связку с чужим королем.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "смход(X, d, e)". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (m) Нападение с угрозой вилки.

- i. Нападение конем на более ценную фигуру с последующим созданием вилки.

$$\forall abcdefghjkmnpqrstABQ(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{конь}(a, b, c) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{атакует}(A, d, e, f) \ \& \ 3 < \text{ценаполя}(A, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, Q) \ \& \ 0 < Q \ \& \ \text{ходфигуры}(A, d, p) \ \& \ B = \text{Ход}(A, d, p) \ \& \ \text{атакует}(B, p, q, r) \ \& \ \text{атакует}(B, p, s, t) \ \& \ \neg(q = s) \ \& \ 3 < \text{ценаполя}(B, q) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, p, s, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{ценазащиты}(B, p, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{наименьший}(g, \text{set}_x(x = m \vee \exists_{yzuCD}(\text{ходфигуры}(A, e, y) \ \& \ C = \text{Ход}(A, e, y) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, y, z) \ \& \ D = \text{Ход}(C, d, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, p, u) \ \& \ x = \max(u, -z) - \text{ценаполя}(A, y)))) \ \& \ 0 < g \ \& \ \text{король}(a, b, h) \ \& \ \neg(\exists_{iEF}(\text{ходфигуры}(A, e, i) \ \& \ E = \text{Ход}(A, e, i) \ \& \ F = \text{Ход}(E, d, p) \ \& \ (\exists_{vw}(\text{нападение}(F, h, v, w)) \vee \exists_{GHT}(\text{ходфигуры}(F, q, G) \ \& \ H = \text{Ход}(F, q, G) \ \& \ \text{ценавзятия}(H, p, s, T) \ \& \ T < n)))) \ \& \ k = \min(\text{ценаполя}(A, e) - 3, \text{ценаполя}(B, q) - 3, n, g) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{смход}(j, c, d) \ \& \ \text{выигрыш}(a, j, k))$$

Свой конь поля c делает ход на поле d и атакует более ценную чужую фигуру поля e . Возникает позиция A , в которой степень защищенности коня положительна. Если противник пропускает ход, то следующим ходом на поле p конь устраивает вилку, атакуя более ценную фигуру поля q , а также некоторую фигуру поля s . В этой позиции B степень

защищенности коня равна m и положительна. Оценка материального выигрыша при взятии фигуры s равна n и тоже положительна. Определяется положительная оценка g наименьших потерь противника при его ответном ходе в позиции A . Изначально она полагается равной m , а затем рассматриваются всевозможные отходы фигуры e и следующие за ними ходы коня на поле p . Берется максимум из степени защищенности коня после этого хода, а также взятой со знаком минус степени защищенности отошедшей фигуры. Из максимума вычитается ценность взятой при отходе фигуры. После того, как g вычислено, проверяется, что при отходах фигуры e и последующем ходе коня на p не возникает позиция, в которой противник может дать шах либо сделать ход фигурой q , уменьшающий оценку материального выигрыша при взятии конем фигуры s . Окончательная оценка выигрыша определяется как минимум величин n, g , а также уменьшенных на 3 ценностей фигур e, q . Прием не инициирует цикл рассмотрения ответных ходов, а сразу выводит посылку, указывающую на выигрыш при ходе конем на поле d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

- ii. Жертва коня, делающего вилку, подготавливающая новую вилку.

$$\begin{aligned} & \forall abcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCG(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{конь}(a, b, c) \\ & \ \& \ \text{ходфигуры}(a, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{атакует}(A, d, e, f) \ \& \\ & \ 3 < \text{ценаполя}(A, e) \ \& \ \text{атакует}(A, d, m, n) \ \& \ \neg(e = m) \ \& \\ & \ 3 < \text{ценаполя}(A, m) \ \& \ r = \text{set}_{xy}(\text{защвилка}(A, d, e, m, x, y)) \ \& \ r = \{t\} \ \& \\ & \ t = (p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(B, \neg b, g) \ \& \\ & \ 3 < \text{ценаполя}(B, g) \ \& \ \text{нападение}(B, g, h, i) \ \& \ C = \text{Ход}(B, h, i) \ \& \\ & \ \text{атакует}(C, i, j, k) \ \& \ 3 < \text{ценаполя}(C, j) \ \& \ \neg(j = g) \ \& \\ & \ \text{ценазащиты}(C, i, u) \ \& \ 3 < u \ \& \ \text{ценавзятия}(C, i, g, v) \ \& \ 3 < v \ \& \\ & \ \text{ценавзятия}(C, i, j, w) \ \& \ 3 < w \ \& \ \neg(\exists PQ(\text{защвилка}(C, i, j, g, P, Q))) \ \& \\ & \ s = \min(u, v, w, \text{ценаполя}(A, m), \text{ценаполя}(A, e)) \ \& \ 3 < s \ \& \ G = s - 3 \rightarrow \\ & \ \text{смход}(z, c, d) \ \& \ \text{выигрыш}(a, z, G) \end{aligned}$$

Свой конь поля c делает ход на поле d и одновременно атакует более ценные фигуры полей e и m . Оператор "защвилка" (был описан выше) перечисляет ходы, способные привести к разрушению данной вилки. Обнаруживается единственный такой ход - с поля p на поле q . После него возникает позиция B . В ней рассматривается чужая фигура поля g , не менее ценная, чем ладья, и находится ход с поля h на поле i , атакующий фигуру g . В позиции C , получающейся после данного хода, фигура i одновременно атакует фигуры полей g и j . Степень защищенности u фигуры i в позиции C , а также оценки v, w материального выигрыша при взятии фигур g, j , больше 3. Ход, способный привести к разрушению новой вилки, отсутствует. Определяется минимум величин u, v, w , а также ценностей фигур e, m . Из него вычитается ценность потерянного коня поля d , и положительный результат G выдается как оценка выигрыша после хода с c на d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены

указателем "программа". Прием вводит новую переменную z . Уровень срабатывания равен 3.

- iii. Нападение на более ценную фигуру, создающее угрозу вилки.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgghkmnpqsAB} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \\ & \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \\ & \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, k) \ \& \ k = 0 \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, f) \ \& \\ & \ 1 < \text{ценаполя}(a, f) \ \& \ \neg(f = d) \ \& \ \text{возмход}(a, f, e) \ \& \ B = \text{Ход}(a, f, e) \ \& \\ & \ \text{атакует}(B, e, g, h) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, e, g, m) \ \& \ 0 < m \ \& \\ & \ \text{атакует}(B, e, p, q) \ \& \ \neg(p = g) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, e, p, n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \\ & \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ & \ \text{текцвет}(A, \neg b) \ \& \ \text{угрвилки}(a, f, e, g, p)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует более ценную фигуру поля c . В новой позиции степень защищенности фигуры e равна 0. Если не делать хода с d на e , то ходом своей отличной от пешки фигуры поля f на поле e можно одновременно атаковать фигуры полей g, p . В новой позиции B оценки материального выигрыша при взятии фигурой e фигур g, p положительны. Тогда ход с d на e рассматривается как представляющее интерес нападение на фигуру c . Дополнительно создается указатель на угрозу вилки после хода с f на e . Он может понадобиться, если ответным ходом фигура e будет взята.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Ход с поля d на поле e пока не рассматривался. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (n) Нападение на фигуру, создающее возможность вскрытого нападения на другую фигуру.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdemnpqsA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{блокатаки}(A, e, p, q) \ \& \\ & \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{ценаполя}(A, p) < \text{ценаполя}(A, q) \ \& \\ & \ \text{ценавзятия}(A, e, c, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \\ & \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{блокатаки}(A, e, p, q) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует фигуру поля c . В новой позиции A чужая фигура поля q оказывается заслоненной фигурой e от атаки менее ценной фигуры поля p . Степень защищенности фигуры e в позиции A , а также оценка материального выигрыша при взятии ею фигуры c положительны.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как у предыдущего приема.

- (o) Нападение при создании двойной связки.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefnnpqrsA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{нападсвязка}(a, s, p, q) \ \& \\ & \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(A, d, p, r) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, d, p, n) \\ & \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{шахсвязка}(A, p, c, f) \ \& \ \neg(f = q) \rightarrow \\ & \ \text{шахнападение}(a, s, p) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg e)) \end{aligned}$$

Ход своей фигуры с поля b на поле c атакует чужую фигуру поля p . В новой позиции A последняя фигура заслоняет фигуру поля f от нападения на нее фигуры поля c , а также другую фигуру того же цвета, находящуюся на поле q , от нападения на нее фигуры поля d . Оценка n материального выигрыша от взятия фигурой d фигуры p в позиции A положительна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка, указывающая на выигрыш, не меньший n . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

(p) Нападение с угрозой мата.

i. Нападение при создании угрозы мата.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgnpqrstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \\ & \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \\ & \ \neg(x = c))) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, p, q) \ \& \ B = \text{шахудаление}(A, c) \ \& \\ & \ \text{возмход}(B, p, q) \ \& \ \text{король}(A, \neg b, r) \ \& \ \text{нападение}(B, r, g, f) \ \& \ g = e \ \& \\ & \ C = \text{Ход}(B, e, f) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg b) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, p, q, n) \ \& \ 1 < n \rightarrow \\ & \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ & \ \text{смход}(t, e, f) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b) \ \& \ \text{услугрмат}(A, c, t)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует фигуру поля c . В новой позиции A фигура e не атакована никакими фигурами, кроме, быть может, фигуры c . Фигура c заслоняет в исходной позиции фигуру того же цвета, находящуюся на поле q , от нападения на нее фигуры поля p . Если в позиции A удалить фигуру поля c , то возникает позиция B , в которой взятие фигуры q фигурой p возможно, а оценка материального выигрыша при взятии больше единицы. В позиции B фигура e может сделать мат в один ход чужому королю. Ход с поля d на e характеризуются как представляющий интерес для дальнейшего анализа. Чтобы при этом учесть возможность дать мат ходом с e на f при условии удаления фигуры c , создаются дополнительные посылки.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghknstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \\ & \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{шахфигура}(a, d) \in \{\text{ферзь, слон, ладья}\} \ \& \\ & \ 1 < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\exists_i(\text{атакует}(a, d, c, i))) \ \& \\ & \ \neg(\exists_{uv}(\text{атакует}(A, u, e, v))) \ \& \ \neg(\exists_j(\text{защищает}(A, c, j))) \ \& \\ & \ \text{король}(A, \neg b, f) \ \& \ \neg(c = f) \ \& \ B = \text{шахудаление}(A, c) \ \& \\ & \ \text{нападение}(B, f, g, h) \ \& \ \neg(h = c) \ \& \ g = e \ \& \ \text{разделяет}(c, e, h) \ \& \\ & \ C = \text{Ход}(B, e, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, h, n) \ \& \ 0 < n \ \& \\ & \ \neg(\exists_z(\text{связход}(a, d, e, z) \ \& \ 0 < z)) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{защита}(A, c, e, x, y))) \ \& \\ & \ \text{ценашаха}(C, h, f, k) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смход}(t, e, h) \ \& \\ & \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b) \ \& \\ & \ \text{услугрмат}(A, c, t)) \end{aligned}$$

После хода своей линейной фигуры поля d на поле e она атакует фигуру поля c , отличную от пешки и короля и до этого хода фигурой d не атакованную. Отсутствуют побочные потери, связанные с ходом. В новой позиции A фигура e не атакована никакими фигурами, а фигура c ничем не защищена. Если в позиции A удалить фигуру поля c , то возникает позиция B , в которой возможен атакующий чужого короля ход фигурой e на поле h , до этого заслоненное фигурой c . После такого хода получается позиция C , в которой степень защищенности фигуры h положительна. В позиции A чужие фигуры не могут сделать ход, загораживающий c от e . Оценка материального выигрыша при шахе в позиции C положительна.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

- ii. Нападение на фигуру, при удалении которой возможен мат.

$$\forall abcdefpqrsAB(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{услугмат}(a, c, d) \ \& \ \text{нападение}(a, c, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \neg(\exists xy(\text{атакует}(A, x, f, y) \ \& \ \neg(x = c))) \ \& \ \text{возмход}(A, c, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, f) \ \& \ \text{Форсмат}(B, b, 2) \ \& \ \text{смход}(d, p, q) \ \& \ \neg(p = e) \ \& \ \text{возмход}(A, p, q) \ \rightarrow \ \text{смход}(s, e, f) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Имеется указание, что при удалении чужой фигуры поля c ход d с поля p на поле q приводит к мату чужому королю. Рассматривается ход s своей фигурой с поля e на поле f , нападающий на фигуру c . Поля p, e различны. В позиции A , возникающей после хода s , фигура f атакована только фигурой c . После взятия фигуры f фигурой c возникает позиция B . Усматривается, что в этой позиции противник получает мат не более чем за 2 хода. Ход с поля p на поле q в позиции A возможен.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- iii. Нападение при создании угрозы вскрытого мата.

$$\forall abcdegnpqrsA(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{вскрмат}(a, b, c, d) \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{нападение}(a, b, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{шахсвзка}(A, b, q, g) \ \& \ \text{ценаполя}(A, q) < \text{ценаполя}(A, g) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ n < 0 \ \rightarrow \ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, g) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg e))$$

На поле b расположена чужая фигура, перекрывающая возможность своей линейной фигуре поля c сделать ход на поле d и дать мат чужому королю. Ход своей фигурой с поля p на поле q атакует фигуру b и приводит к позиции A . В этой позиции степень защищенности фигуры b отрицательная. Кроме того, в ней фигура поля b заслоняет фигуру поля g от нападения на нее менее ценной фигуры поля q .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

iv. Нападение при создании двойной угрозы вскрытого мата.

$$\forall_{abcdefg hnpqsABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{вскрмат}(a, b, c, d) \ \& \\ \text{нападение}(a, b, e, f) \ \& \ \neg(e = c) \ \& \ \text{шахфигура}(a, e) \in \{\text{ферзь, ладья, слон}\} \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{король}(a, \neg p, q) \ \& \ B = \text{шахудаление}(A, b) \\ \& \ \text{нападение}(B, q, g, h) \ \& \ g = f \ \& \ \text{разделяет}(b, g, h) \ \& \ C = \text{Ход}(B, g, h) \\ \& \ \text{Мат}(C, \neg p) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, f, b, n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{смход}(s, e, f) \ \& \\ \text{шахнападение}(a, s, b) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg p))$$

На поле b расположена чужая фигура, перекрывающая возможность своей линейной фигуре поля c сделать ход на поле d и дать мат чужому королю. Ход своей линейной фигурой с отличного от c поля e на поле f атакует фигуру b и приводит к позиции A . В позиции B , получаемой из A удалением фигуры поля b , возможен ход фигурой f на поле h , до этого заслонявшееся фигурой b . После такого хода чужой король получает мат. Материальный выигрыш от взятия в позиции A фигуры b фигурой f положителен.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

v. Нападение на фигуру крайней горизонтали, заслоняющую чужого короля от возможного нападения линейной фигуры.

$$\forall_{abcdefg hmpsa}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{король}(a, \neg p, b) \ \& \\ \text{горизлин}(b) = (8 \text{ при } p = 0, \text{ иначе } 1) \ \& \ c = \text{шахлин}(b, (1, 0)) \ \& \\ \text{фигуралиний}(a, c, d) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg p, d) \ \& \ (\text{ладья}(a, p, e) \vee \\ \text{ферзь}(a, p, e)) \ \& \ \text{шахпереход}(e, (0, 1), c, f) \ \& \ \text{разделяет}(d, b, f) \ \& \\ \text{своботрезок}(A, e, f) \ \& \ \text{нападение}(a, d, g, h) \ \& \ \neg(g = e) \ \& \\ \neg(\text{полелинии}(h, c)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \\ m < 0 \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, h, y) \ \& \ \neg(x = d))) \ \& \\ \neg(\exists_z(\text{контролирует}(A, f, \neg p, z) \ \& \ \neg(z = d))) \rightarrow \text{смход}(s, g, h) \ \& \\ \text{шахнападение}(a, s, d) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смгоризонталь}(A, s, \neg p) \ \& \\ \text{текцвет}(A, \neg p))$$

Чужой король находится на поле b верхней горизонтали c . На поле d этой же горизонтали расположена другая фигура противника. Своя ладья либо ферзь, расположенная на поле e , может перейти на поле f горизонтали c . При этом фигура d будет заслонять от нее чужого короля. Чтобы атаковать фигуру d , рассматривается ход своей фигурой поля g , отличного от e , на поле h , не лежащее на линии c . После данного хода возникает позиция A , в которой степень защищенности фигуры d отрицательная. При этом фигура h не атакована никакими фигурами, кроме, быть может, фигуры d . Поле f в позиции A не контролируется никакими чужими фигурами, кроме, быть может, фигуры d . Ход с поля g на поле h выделяется для последующего анализа. Как и обычно, дополнительные посылки вводятся для использования при таком анализе.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены

указателем "программа". Ход с поля g на поле h пока не рассматривался. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

(q) Нападение при связанной контратакующей фигуре.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghimnpqsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & 1 < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & \text{атакует}(A, e, f, g) \ \& \ \neg(f = c) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(A, f) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, e, f, n) \\ & \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{атакует}(A, h, e, i) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \ \neg(x = h))) \ \& \\ & \ \text{шахсвязка}(A, h, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, e) \ \& \ \text{возмход}(B, p, q) \ \& \\ & \ \text{ценавзятия}(B, p, q, t) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) - \text{ценаполя}(a, e) \leq t \rightarrow \\ & \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \\ & \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует отличную от пешки фигуру поля c и одновременно - другую отличную от пешки фигуру, расположенную на поле f . В новой позиции A оценка материального выигрыша при взятии фигуры f фигурой e положительна. В этой же позиции фигура e атакована единственной фигурой, расположенной на поле h . Однако, фигура h связана - она заслоняет фигуру того же цвета, расположенную на поле q , от нападения на нее фигуры поля p . Если в позиции A фигура h берет фигуру e , то возникает позиция B , где оценка t материального выигрыша при взятии фигуры q фигурой p не меньше разности ценностей фигуры d исходной позиции и взятой ею фигуры e той же позиции.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A введен указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

(r) Нападение для завлечения.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijnABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & 3 < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & \text{ценаполя}(A, e) < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ n < 0 \ \& \\ & \ \text{шахсвязка}(A, c, e, f) \ \& \ \text{ценаполя}(A, e) < \text{ценаполя}(A, f) \ \& \\ & \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \ \neg(x = c))) \ \& \ \text{возмход}(A, c, e) \ \& \\ & \ B = \text{Ход}(A, c, e) \ \& \ \text{вскрнападение}(B, e, g, h, i) \ \& \ C = \text{Ход}(B, g, h) \ \& \\ & \ \text{атакует}(C, h, f, j) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \\ & \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{возмдвойнатаки}(A, c, e, g, h) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует не менее ценную, чем ладья, фигуру поля c . Ценность фигуры d меньше ценности фигуры c . В новой позиции A степень защищенности фигуры e отрицательная. Фигура c заслоняет здесь другую фигуру того же цвета, находящуюся на поле f , от нападения фигуры e . Ценность фигуры f больше ценности фигуры e . Фигура e в позиции A атакована только фигурой c . Если фигура c берет фигуру e , то возникает позиция B , в которой возможен ход своей фигурой поля g на поле h , вскрывающий нападение фигуры поля i на фигуру e . После этого хода фигура h атакует фигуру f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "потеря", указывающая на потерю, большую, чем ценность фигуры c , а также посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш, не меньший ценности фигуры c . На поле c расположен не король. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijknsABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \exists < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & \text{ценаполя}(A, e) < \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ n < 0 \ \& \\ & \text{шахсвязка}(A, c, e, f) \ \& \ \text{ценаполя}(A, e) < \text{ценаполя}(A, f) \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \ \neg(x = c))) \ \& \ \text{возмход}(A, c, e) \ \& \\ & B = \text{Ход}(A, c, e) \ \& \ \text{нападение}(B, e, g, h) \ \& \ \text{блокатаки}(B, g, i, j) \ \& \\ & C = \text{Ход}(B, g, h) \ \& \ \text{атакует}(C, i, j, k) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \\ & \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{возмдвойнатаки}(A, c, e, g, h) \ \& \\ & \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует не менее ценную, чем ладья, фигуру поля c . Ценность фигуры d меньше ценности фигуры c . В новой позиции A степень защищенности фигуры e отрицательная. Фигура c заслоняет здесь другую фигуру того же цвета, находящуюся на поле f , от нападения фигуры e . Ценность фигуры f больше ценности фигуры e . Фигура e в позиции A атакована только фигурой c . Если фигура c берет фигуру e , то возникает позиция B , в которой возможен ход своей фигурой поля g на поле h , атакующий фигуру e и вскрывающий нападение своей фигуры поля i на фигуру поля j .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

- (s) Нападение конем на более ценную фигуру, которая не имеет возможностей к отходу.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{конь}(a, b, c) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, c, d) \\ & \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{атакует}(A, d, e, f) \ \& \ \exists < \text{ценаполя}(A, e) \ \& \\ & \ \text{король}(A, \neg b, g) \ \& \ \neg(\exists_h(\text{атакует}(A, d, g, h))) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{ходфигуры}(A, e, x))) \\ & \ \& \ \exists_{pqr}(\text{атакует}(A, p, e, q) \ \& \ \neg(p = d) \ \& \ \text{защищает}(A, e, r) \ \& \\ & \ \text{атакует}(A, r, d, u)) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, e) \ \& \\ & \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Свой конь поля c делает ход на поле d и атакует более ценную фигуру поля e . В новой позиции A чужой король не атакован фигурой d , а фигура поля e не имеет допустимых ходов. Существует фигура поля p , отличного от d , атакующая фигуру e , причем существует также чужая фигура поля r , защищающая фигуру e и одновременно атакующая фигуру d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

(t) Развязывание нападающей фигуры.

- i. Развязывание нападающей фигуры путем загромождения связывающей фигуры.

$$\forall_{abcde fghijpqrsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{шахцвет}(a, c) = b \ \& \ \text{разделяет}(f, d, e) \ \& \ \neg(c = f) \ \& \ \text{ходкполю}(a, f, b, g) \ \& \ \neg(g = c) \ \& \ \neg(g = e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, f) \ \& \ \text{атакует}(a, c, h, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, f, p) \ \& \ p < 0 \ \& \ \text{атакует}(A, c, h, j) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, c, h, q) \ \& \ 0 < p + q \ \& \ \text{ценавзятия}(a, c, h, r) \ \& \ r < q \rightarrow \text{смход}(s, g, f) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, h) \ \& \ \text{Шахразвязка}(a, s, c) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Своя фигура поля c заслоняет свою фигуру поля e от нападения на нее фигуры поля d . Рассматривается своя фигура поля g , отличного от полей c, e , которая может сделать ход на поле f , расположенное между полями d и e . После этого хода возникает позиция A , в которой степень p защищенности фигуры f отрицательная. Как в исходной позиции, так и в позиции A фигура c атакует фигуру поля h . Оценка q материального выигрыша при взятии фигуры h фигурой c в позиции A больше, чем аналогичная оценка r в исходной позиции. При этом сумма величин q и p положительная.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- ii. Развязывание нападающей фигуры путем отвода связывающей фигуры.

$$\forall_{abcde fghmpqsuvABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{услугрмат}(a, c, d) \ \& \ \text{смход}(d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{контрольполя}(A, b, f, p, q) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, u, v, p) \ \& \ \text{возмход}(a, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{возмход}(B, e, f) \ \& \ C = \text{Ход}(B, e, f) \ \& \ \text{форсмат}(C, \neg b, 2) \ \& \ \text{атакует}(B, u, g, h) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, u, g, t) \ \& \ 0 < t \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, g) \ \& \ \text{смХод}(a, s, B) \ \& \ \text{текцвет}(B, \neg b) \ \& \ \text{угрмат}(B, d))$$

Имеется указание, что при удалении чужой фигуры поля c ход d своей фигуры поля e на поле f приводит к мату чужому королю. В позиции A , возникающей после хода d (без удаления фигуры c), ход своей фигуры поля p на поле q приводит к тому, что эта фигура начинает контролировать поле f . В исходной позиции своя фигура поля u заслоняет фигуру поля p от нападения на нее фигуры поля v . Ход фигуры p на поле q здесь тоже возможен, и после него исходная позиция преобразуется в позицию B . Здесь фигура u атакует некоторую чужую фигуру, причем оценка материального выигрыша при взятии положительна. Если в позиции B сделать ход с поля e на поле f , то получается позиция C , где противник получает мат не более чем за 2 хода. Ход с поля p на поле q выделяется для дальнейшего анализа.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - вы-

делены указателем "программа". Точка привязки выбрана в третьем antecedенте. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции B используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (u) Нападение путем перекрытия линии защиты.

$$\forall_{abcemnpqrsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg r, b) \ \& \\ \text{контролирует}(a, b, r, c) \ \& \ \text{защищает}(a, b, e) \ \& \ \text{защита}(a, b, e, p, q) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, q, m) \ \& \ 0 < m + \text{ценаполя}(a, b) \ \& \\ \text{ценавзятия}(A, c, b, n) \ \& \ (0 < m \vee \text{ценаполя}(A, q) < n) \rightarrow \\ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{блокзащиты}(a, s, b, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, b))$$

Ход своей фигурой поля p на поле q перекрыл линию защиты чужой фигуры поля b фигурой поля e . До этого хода своя фигура поля c контролировала поле b . После хода возникла позиция A , в которой сумма степени m защищенности фигуры q и ценности фигуры b положительна. Либо m положительно, либо ценность фигуры q меньше оценки выигрыша при взятии фигурой c фигуры b .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два antecedента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля c, p различны. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{abcdefkmnpqA}(\text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахнападение}(a, d, c) \ \& \\ \text{блокзащиты}(a, d, m, n) \ \& \ c = m \ \& \ \text{смход}(d, p, q) \ \& \\ \text{ценаполя}(a, p) < \text{ценаполя}(a, m) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \exists_x(\text{защищает}(A, q, x)) \\ \& \ \text{атакует}(A, q, e, f) \ \& \ \text{ценаполя}(A, q) < \text{ценаполя}(A, e) \ \& \ \neg(e = c) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, q, k) \ \& \ k < 0 \rightarrow \text{смход}(a, d, A) \ \& \ \text{шахнападение}(a, d, A) \ \& \\ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Ход d своей фигуры с поля p на поле q ранее был выделен как нападающий на фигуру поля c . Этот ход перекрывает линию защиты фигуры c некоторой фигурой. Ценность фигуры p меньше ценности фигуры c . После хода d возникает позиция A , в которой фигура q , хотя и защищена некоторой фигурой, имеет отрицательную степень защищенности. При этом она атакует, кроме c , некоторую другую фигуру, расположенную на поле e . Ценность последней больше ценности фигуры q . Дополнительно вводится указание, что ход d нападает также на фигуру e .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре antecedента и шестой antecedент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "шахнападение(a, d, e)". Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (v) Нападение на равноценную фигуру, если при размене возможен промежуточный ход взятия другой фигуры с шахом.

$$\forall_{abcdefghkmnsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{ценаполя}(a, c) = \text{ценаполя}(a, d) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(a, d) \\ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 \leq m \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, n)$$

$\& n < 0 \& \text{возмход}(A, c, e) \& B = \text{Ход}(A, c, e) \& \text{король}(B, \neg b, f) \&$
 $\text{нападение}(B, f, g, h) \& 1 < \text{ценаполя}(B, h) \& \text{ценавзятия}(B, g, h, k) \&$
 $1 < k \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \& \text{шахнападение}(a, s, c) \& \text{шахнападение}(a, s, h) \&$
 $\text{смХод}(a, s, A) \& \text{текцвет}(A, \neg b))$

После хода своей фигуры поля d на поле e она атакует отличную от пешки равноценную фигуру поля c . В новой позиции A степень защищенности фигуры e неотрицательна, а фигуры c - отрицательна. Возможно взятие фигуры e фигурой c . После взятия получается позиция B . Здесь возможно взятие отличной от пешки чужой фигуры поля h фигурой поля g , одновременно атакующее чужого короля. Оценка материального выигрыша от взятия положительна. Ход с поля d на e характеризуется как нападающий одновременно на фигуры c и h .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Ход с поля d на e пока не рассматривался. Отсутствует посылка "потеря", указывающая на потерю, большую, чем ценность фигуры c . Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания приема равен 5.

- (w) Вскрытое нападение на равноценную фигуру, если при размене возможен промежуточный ход взятия другой фигуры с шахом.

$\forall_{abcdefghijklmnopqsAB}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, b) \& \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \&$
 $\text{вскрнападение}(a, c, d, e, f) \& \text{ценаполя}(a, c) = \text{ценаполя}(a, f) \&$
 $1 < \text{ценаполя}(a, c) \& A = \text{Ход}(a, d, e) \& \text{ценазащиты}(A, f, m) \& 0 \leq m \&$
 $\neg(\exists_u(\text{атакует}(A, c, e, u))) \& \text{ценазащиты}(A, c, n) \& n < 0 \& \text{король}(A, \neg b, g) \&$
 $\& \text{нападение}(A, g, i, h) \& i = e \& \neg(c = h) \& \text{возмход}(A, c, f) \&$
 $B = \text{Ход}(A, c, f) \& 1 < \text{ценаполя}(B, h) \& \text{ценавзятия}(B, i, h, k) \& 1 < k \rightarrow$
 $\text{смход}(s, d, e) \& \text{шахнападение}(a, s, c) \& \text{шахнападение}(a, s, h) \&$
 $\text{смХод}(a, s, A) \& \text{текцвет}(A, \neg b))$

После хода своей фигуры поля d на поле e она вскрывает нападение своей фигуры поля f на отличную от пешки равноценную фигуру поля c . В новой позиции A степень защищенности фигуры e неотрицательна, а фигуры c - отрицательна. Фигура c не атакует фигуру e . Возможно взятие фигуры f фигурой c . После взятия получается позиция B . Здесь возможно взятие отличной от пешки чужой фигуры поля h фигурой поля e , одновременно атакующее чужого короля. Оценка материального выигрыша от взятия положительна. Ход с поля d на e характеризуется как нападающий одновременно на фигуры c и h .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Ход с поля d на e пока не рассматривался. Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (x) Отбрасывание нападения фигурой, защищающей связанную фигуру.

$\forall_{abcdkmnpqrA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, b) \& \text{шахсвязка}(a, p, q, r) \&$
 $\text{шахцвет}(a, p) = b \& \text{смход}(m, c, d) \& \text{защищает}(a, p, c) \&$

$$\begin{aligned} & \text{ценаполя}(a, n) \leq \text{ценаполя}(a, p) \vee \text{ценаполя}(a, n) < \text{ценаполя}(a, r) \& \\ & \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, p, x) \& \neg(x = r) \& \neg(x = c))) \& A = \text{Ход}(a, c, d) \& \\ & \text{ценовзятия}(A, q, p, k) \& 0 < k \rightarrow \text{шахнападение}(a, m, n) \end{aligned}$$

Прием отбрасывает ранее введенный в рассмотрение вариант нападения ходом m на фигуру поля n как опасный. Сделавшая ход m фигура поля c защищала связанную фигуру поля p , загоразивавшую свою фигуру поля r от нападения на нее фигуры поля q . Ценность фигуры n не превосходит ценности фигуры p и меньше ценности фигуры r . Фигура p не защищена никакими фигурами, кроме c и, быть может, r . В позиции, возникающей после хода m , оценка выигрыша при взятии фигуры p фигурой q положительна. Ранее введенная посылка "шахнападение" заменяется на константу "истина".

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые два антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

Далее идет группа приемов, перечисляющих возможные ответные ходы после нападающего хода. Посылки, определяющие такие ходы, будут инициировать работу приемов, оценивающих потери противника для каждого хода.

2. Рассмотрение заслоняющих ходов.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdenpqst}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, c) \& \text{текцвет}(b, n) \& \\ & \text{атакует}(b, d, c, e) \& \text{защита}(b, c, d, p, q) \& (\exists_x(\text{контролирует}(b, q, n, x) \& \\ & \neg(x = p)) \vee \text{соседнполя}(c, p) \& \exists_{vw}(v = \text{Ход}(b, p, q) \& \text{ходфигуры}(v, c, w))) \rightarrow \\ & \text{смход}(t, p, q) \& \text{заслход}(b, t, c, d) \end{aligned}$$

После хода s , нападающего на фигуру поля c , возникает позиция b . В этой позиции фигура c атакована фигурой поля d . Рассматривается ход противника с поля p на поле q , заслоняющий фигуру c от d . Либо в позиции b поле q контролируется какой-либо отличной от p фигурой противника, либо поля c, p соседние, а после хода p на q фигура c может сделать какой-либо ход. Последнее условие учитывает возможность освобождения фигурой p пути отхода фигуре c . Посылка "заслход" будет инициировать срабатывание приемов, оценивающих потери противника после данного хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, s, c)". Прием вводит новую переменную t . Указатель "цикл(5)" определяет вывод серии посылок, соответствующей перечислению пятым антецедентом способов заслона фигуры c , и лишь после этого - возвращение в сканирование задачи. Уровень срабатывания приема равен 3.

3. Рассмотрение защищающих ходов.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcknpqstuvA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, c) \& \text{текцвет}(b, n) \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(b, x, c, y) \& \text{ценаполя}(b, x) < \text{ценаполя}(b, c))) \& \text{смход}(s, u, v) \& \end{aligned}$$

контрольполя(b, n, c, p, q) & $\neg(c = p)$ & $\neg(q = v)$ & $A = \text{Ход}(b, p, q)$ &
 $\neg(\exists_m(\text{связход}(b, p, q, m) \& 0 < m))$ & ценазащиты(A, q, k) & $0 < k$ & \rightarrow
 $\text{смход}(t, p, q)$ & $\text{защход}(b, t, c)$)

После хода s с поля u на поле v , нападающего на фигуру поля c , возникает позиция b . В этой позиции фигура c не атакована менее ценными фигурами. Противник может защитить фигуру c ходом с поля p , отличного от c , на поле q , отличное от v . Этот ход не приводит к побочным потерям. В позиции A , получающейся из b после хода, степень защищенности фигуры q положительна. Посылка "защход" будет инициировать срабатывание приемов, оценивающих потери противника после данного хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, s, c)". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 3.

4. Рассмотрение вариантов отхода фигуры.

$\forall_{abcdnstuv}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, c) \& \text{смход}(s, u, v) \&$
 $\text{текцвет}(b, n) \& \text{ходфигуры}(b, c, d) \& \neg(d = v) \rightarrow \text{смход}(t, c, d) \&$
 $\text{отходфигуры}(b, t, c))$

После хода s с поля u на поле v , нападающего на фигуру поля c , возникает позиция b . В этой позиции фигура c может перейти на поле d , отличное от поля v . Посылка "отходфигуры" будет инициировать срабатывание приемов, оценивающих потери противника после данного хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, s, c)". Прием вводит новую переменную t . Указатель "цикл(5)" определяет вывод серии посылок, соответствующей перечислению пятым антецедентом способов отхода фигуры c , и лишь после этого - возвращение в сканирование задачи. Уровень срабатывания равен 3.

5. Рассмотрение ходов, атакующих напавшую фигуру.

$\forall_{abcdfpqst}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, f) \& \text{смход}(s, c, d) \&$
 $\text{атакует}(b, p, d, q) \rightarrow \text{смход}(t, p, q) \& \text{Контрход}(b, t, s))$

После хода s с поля c на поле d , нападающего на фигуру поля f , возникает позиция b . В этой позиции рассматривается ход взятия фигуры d . Посылка "Контрход" будет инициировать срабатывание приемов, оценивающих потери противника после данного хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, s, c)". Прием вводит новую переменную t . Указатель "цикл(4)" определяет вывод серии посылок, соответствующей

перечислению последним антецедентом способов взятия фигуры d , и лишь после этого - возвращение в сканирование задачи. Уровень срабатывания приема равен 3.

Далее приводится серия приемов, оценивающих потери противника после его ответного хода.

6. Определение потерь для заслоняющих ходов.

$\forall_{abcnpqst}(\text{заслход}(a, s, q, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ p = (\text{ценаполя}(a, b) - \text{ценаполя}(a, t) \ \text{при} \ \exists_x(\text{контролирует}(a, c, n, x) \ \& \ \neg(x = b)), \text{иначе} \ \text{ценаполя}(a, b)) \ \& \ 0 < p \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, p))$

Ход s с поля b на поле c заслоняет чужую фигуру поля q от нападения на нее фигуры поля t . Если поле c контролируется еще какой-либо чужой фигурой, то положительной оценкой p потери противника служит разность ценностей фигур b и t , иначе - ценность фигуры b .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abcnpqst}(\text{заслход}(a, s, q, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \ 0 < p \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, p))$

Ход s с поля b на поле c заслоняет чужую фигуру поля q от нападения на нее фигуры поля t . Оценка p побочных потерь от хода s положительна.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$\forall_{abcnpqstA}(\text{заслход}(a, s, q, t) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, p) \ \& \ p < 0 \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, -p))$

Ход s с поля b на поле c заслоняет чужую фигуру поля q от нападения на нее фигуры поля t . Степень p защищенности фигуры c после этого хода отрицательна. Оценка потерь противника полагается равной $-p$.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$\forall_{abcdefmpqstA}(\text{преврпешки}(a, b, c) \ \& \ \text{смход}(b, c, d) \ \& \ \text{смХод}(a, b, p) \ \& \ \text{заслход}(p, s, q, t) \ \& \ \text{смход}(s, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(p, e, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ (0 \leq m \vee \exists_{hnB}(\text{ходфигуры}(A, c, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, h, n) \ \& \ 0 \leq n)) \rightarrow \text{следпотеря}(p, s, 8))$

Своя пешка поля c ходом на поле d превратилась в ферзя. После этого рассматривается ход s противника, заслоняющий его фигуру поля q от нападения фигуры поля t . Если степень защищенности ферзя неотрицательная, либо он может отойти на поле, где его степень защищенности неотрицательная, то в качестве оценки потерь противника берется 8 (разность ценности ферзя и превратившейся в него пешки).

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcfpqsyA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{заслход}(b, x, f, y) \& \text{смход}(x, p, q) \& A = \text{Ход}(b, p, q) \& \text{текцвет}(b, c) \& \text{мат}(A, \neg c) \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, 100))$$

После ответного заслоняющего хода противника он получает мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Имеется посылка вида "угрмат(b, X)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abdefghijnpqsxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{текцвет}(a, j) \& \text{заслход}(b, x, f, i) \& \text{смход}(x, e, d) \& A = \text{Ход}(b, e, d) \& \text{услугрмат}(a, g, h) \& \text{защищает}(A, d, g) \& \text{атакует}(A, p, d, q) \& B = \text{Ход}(A, p, d) \& \forall_{rtC}(\text{атакует}(B, r, d, t) \& C = \text{Ход}(B, r, d) \rightarrow \text{Форсмат}(C, j, 3)) \& n = \text{ценаполя}(A, d) - \text{ценаполя}(b, d) \& 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n))$$

Ход x с поля e на поле d заслоняет чужую фигуру поля f от нападения на нее фигуры поля i . После этого хода возникает позиция A . Имелась посылка "услугрмат", указывающая, что при удалении в исходной позиции чужой фигуры поля g противник получил бы мат. В позиции A фигура g защищает фигуру d . Своя фигура поля p атакует фигуру поля d . Если она ее берет, то при любом ответном взятии фигуры поля d противник получает мат не более чем за 3 хода. В качестве оценки его потерь после хода x берется положительная разность ценности фигуры d в позиции A и ценности фигуры поля d , которая была взята противником при заслоняющем ходе (если там была фигура).

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefgmnpsxA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, f) \& \text{заслход}(b, x, f, g) \& \text{шахнападение}(a, s, c) \& \text{смход}(x, e, d) \& A = \text{Ход}(b, e, d) \& \text{ценазащиты}(A, c, m) \& m < 0 \& \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)) \& -m \leq z)) \& \text{наибольший}(p, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{uv}(\text{посылка}(\text{возмпотеря}(a, s, u)) \& \text{ценазащиты}(A, u, v) \& v < 0 \& y = -v))) \& n = -m - p \& 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n))$$

В исходной позиции ход s приводил к одновременному нападению на чужие фигуры полей c, f . Ответный ход противника x с поля e на поле d заслонил фигуру поля f от нападения на нее фигуры поля g . После такого хода возникла позиция A , в которой степень m защищенности фигуры c отрицательная. При этом пока не было выведено посылки "следпотеря", указывающей на потерю противника при ходе x , не меньшую чем $-m$. Рассматриваются имеющиеся посылки "возмпотеря", указывающие на снятие защиты своих фигур после хода s , и находится наибольшая возможная потеря p , связанная с такими фигурами. Для получения положительной оценки потерь противника p вычитается из $-m$.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки "шахнападение", указывающие на фигуры, отличные от c, f . Уровень срабатывания равен 2.

7. Определение потерь при отходе.

$$\forall_{abcmpqrsA}(\text{отходфигуры}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(A, p, c, q) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, p, c, r) \ \& \ m = r - \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, m))$$

Противник отошел атакованной фигурой поля b на поле c , где снова был атакован фигурой поля p . Разность m оценки материального выигрыша при взятии фигуры противника c фигурой p и ценности фигуры поля c , взятой противником, положительна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Если имелась посылка вида "потеря(x, p, y)", то дополнительно выводится посылка "Возмзащита(a, s, p)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcprqs}(\text{отходфигуры}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ \text{связход}(a, b, c, p) \ \& \ 0 < p \ \& \ q = p - \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ 0 < q \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, q))$$

Отход противника с поля b на поле c вызвал его побочные потери, оцениваемые в p единиц. Разность q этой величины и ценности фигуры поля c , взятой при отходе, положительна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefmpqsA}(\text{преврпешки}(a, b, c) \ \& \ \text{смход}(b, c, d) \ \& \ \text{смХод}(a, b, p) \ \& \ \text{отходфигуры}(p, s, q) \ \& \ A = \text{Ход}(p, e, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ (0 \leq m \vee \exists_{hnB}(\text{ходфигуры}(A, d, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, d, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, h, n) \ \& \ 0 \leq n)) \rightarrow \text{следпотеря}(p, s, 8))$$

Своя пешка поля c ходом на поле d превратилась в ферзя. После этого рассматривается ход s противника, отводящий его фигуру поля e на поле f . Если степень защищенности ферзя неотрицательная, либо он может отойти на поле, где его степень защищенности неотрицательная, то в качестве оценки потерь противника берется 8 (разность ценности ферзя и превратившейся в него пешки).

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdemnpqrsAB}(\text{текцвет}(a, d) \ \& \ \text{отходфигуры}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{нападение}(A, c, p, q) \ \& \ \text{конь}(A, \neg d, p) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{король}(B, d, e) \ \& \ \neg(c = e) \ \& \ \text{атакует}(B, q, e, r) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, q, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ n = \min(m, \text{ценаполя}(a, b) - 3) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(a, s, n))$$

После отхода противником с поля b на поле c его отошедшая фигура атакуется конем поля p , делающим ход на поле q . Возникает позиция B , в которой конь атакует также чужого короля, отличного от фигуры c . Степень защищенности коня t положительна. В качестве оценки потерь противника берется минимум из t и разности ценностей фигуры поля c и атакующего ее коня.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghkmnrstxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{нападение}(A, d, c, e) \ \& \ \text{возмход}(A, c, e) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, e) \ \& \ \text{атакует}(B, e, g, h) \ \& \ \neg(g = d) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{ценавзятия}(B, e, d, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{ценавзятия}(B, e, g, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ \neg(\exists_{yz}(\text{защвилка}(B, e, d, g, y, z))) \ \& \ r = \min(m, n, k) - \text{ценаполя}(b, d) + \text{ценаполя}(A, e) \ \& \ 0 < r \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, r))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникает позиция A . Здесь возможен ход своей фигурой поля c на поле e , атакующий фигуру поля d и одновременно - другую фигуру поля g . После этого хода получается позиция B . Степень защищенности t фигуры e в этой позиции, а также оценки k, n материального выигрыша при взятии фигурой e фигур d, g положительны. Оператор "защвилка" не усматривает возможности противника разрушить вилку. В качестве оценки r потерь противника берется минимум величин k, m, n , из которого вычитается ценность взятой противником при отходе фигуры d и к которому добавляется ценность взятой фигуры противника, находившейся на поле e .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, w)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghijklmnpqrstxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{смход}(s, i, j) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{возмход}(A, j, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, j, c) \ \& \ \text{атакует}(B, c, g, h) \ \& \ \text{атакует}(B, c, p, q) \ \& \ \neg(g = p) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, c, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{ценавзятия}(B, c, g, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{ценавзятия}(B, c, p, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ \neg(\exists_{yz}(\text{защвилка}(B, c, p, g, y, z))) \ \& \ r = \min(m, n, k) - \text{ценаполя}(b, d) + \text{ценаполя}(A, c) \ \& \ 0 < r \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, r))$$

Ход s своей фигурой поля i на поле j приводил к атаке на фигуры полей f и c . Ход x противника отвел фигуру поля f на поле d . В ответ на это фигура поля j взяла фигуру c , после чего возникла позиция B . В этой позиции фигура c атакует одновременно фигуры полей p и g . Степень t ее защищенности, а также оценки n, k материального выигрыша при взятии ею фигур g, p положительны. Оператор "защвилка" не усматривает возможности противника разрушить последнюю вилку. В качестве оценки r потерь противника берется минимум величин k, m, n , из которого вычитается ценность взятой противником при отходе фигуры d и к которому добавляется ценность взятой фигуры противника, находившейся на поле c .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также шестой и седьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, w)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghijklmnopstxyAB}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{текцвет}(b, i) \& \text{шахнападение}(a, s, f) \& \text{отходфигуры}(b, x, f) \& \text{смход}(x, f, d) \& A = \text{Ход}(b, f, d) \& \text{король}(A, i, g) \& \text{двойнатака}(b, c, e, g, h, m) \& \text{возмход}(A, c, e) \& B = \text{Ход}(A, c, e) \& \text{атакует}(B, e, g, t) \& \text{наименьший}(n, \text{set}_y(y = 100 \vee \exists_{juwC}(\text{полефигуры}(B, i, u) \& \text{ходфигуры}(B, u, v) \& C = \text{Ход}(B, u, v) \& \text{ценавзятия}(C, h, m, j) \& y = j - \text{ценаполя}(B, v) +))) \& k = n + \text{ценаполя}(A, e) - \text{ценаполя}(b, d) \& 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, k))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникла позиция A . В этой позиции ход с поля c на поле e атакует чужого короля и одновременно вскрывает нападение своей фигуры поля h на фигуру поля m . После этого хода появляется позиция B , где рассматривается минимум n потерь противника по всем его возможным ходам H , возникающим при взятии фигуры m фигурой h . При определении потерь учитывается ценность своей фигуры, взятой противником на ходе H . Окончательная оценка получается учетом ценностей фигур, потерянных и взятых до перехода к позиции B .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов, а также восьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, w)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghijklmnopqrstxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, f) \& \text{отходфигуры}(b, x, f) \& \text{смход}(x, f, d) \& A = \text{Ход}(b, f, d) \& \text{блокатаки}(b, i, p, q) \& \text{нападение}(A, d, r, j) \& r = i \& B = \text{Ход}(A, r, j) \& \text{атакует}(B, p, q, g) \& \text{ценазащиты}(B, j, m) \& 0 < m \& \text{ценавзятия}(B, j, d, n) \& 0 < n \& \text{наибольший}(c, \text{set}_e(e = 0 \vee \exists_{CD}(\text{атакует}(B, q, C, D) \& \text{ценавзятия}(B, q, C, e)))) \& c < n \& \text{ценавзятия}(B, p, q, k) \& 0 < k \& \text{наибольший}(h, \text{set}_w(w = 0 \vee \exists_{EF}(\text{атакует}(B, d, E, F) \& \text{ценавзятия}(B, d, E, w)))) \& h < k \& \neg(\exists_{yzuv}(\text{защитнход}(B, j, d, y, z) \& \text{защитнход}(B, p, q, u, v) \& y = u \& z = v)) \& t = \min(m, n - c, k - h) - \text{ценаполя}(b, d) + \text{ценаполя}(A, j) \& 0 < t \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, t))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникла позиция A . В этой позиции ход своей фигурой с поля i на поле j атакует фигуру d и одновременно вскрывает нападение своей фигуры поля p на фигуру поля q . После хода получается позиция B . В ней степень защищенности m фигуры j , а также оценки n, k материального выигрыша при взятии фигур d, q положительны. Наибольшая оценка c материального выигрыша при взятии противником какой-либо фигуры фигурой q меньше n , наибольшая оценка h его выигрыша при взятии фигурой d меньше k . Отсутствует ход, одновременно защищающий фигуры d и q . В качестве оценки потерь противника берется минимум величин $m, n - c, k - h$, корректируемый с учетом ходов до получения позиции B .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем

"программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefgijklmnopqrstxABGH}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{блокатаки}(b, i, p, q) \ \& \ \text{текцвет}(b, G) \ \& \ \text{король}(A, G, H) \ \& \ \text{нападение}(A, H, r, j) \ \& \ r = i \ \& \ B = \text{Ход}(A, r, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, j, m) \ \& \ \text{атакует}(B, p, q, g) \ \& \ \text{наименьший}(c, \text{set}_e(e = 100 \vee \exists_{hvtC}(\text{полефигуры}(B, G, h) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, h, v) \ \& \ C = \text{Ход}(B, h, v) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, q, t) \ \& \ e = -t))) \ \& \ 0 < c \ \& \ n = c - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ k = n + \min(m, 0) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, k))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникла позиция A . В этой позиции ход своей фигурой с поля i на поле j дает шах чужому королю и одновременно вскрывает нападение своей фигуры поля p на фигуру поля q . После этого хода получается позиция B . В этой позиции рассматриваются всевозможные ответные ходы противника, и находится наименьшая его потеря c , связанная с полем q . Из нее вычитается ценность фигуры, взятой противником на поле d , а также учитывается возможно отрицательная степень защищенности фигуры j .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abdfklmnopqrstxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{смпешка}(b, p) \ \& \ \text{следполе}(p, \text{напрпешки}(\text{шахцвет}(b, p)), q) \ \& \ \text{возмход}(A, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{прохцена}(B, q, n) \ \& \ m = n - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ k = m - 1 \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, k))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникла позиция A . В этой позиции своя пешка поля p находится не далее чем за два хода от последней горизонтали. Возможен ее ход на следующее поле q , после чего получается позиция B . С помощью оператора "прохцена", который будет описан в последующих разделах, находится оценка n материального выигрыша, связанного с превращением пешки q в ферзя (без учета ценности самой пешки). Из этой оценки вычитаются ценность взятой противником фигуры d и ценность пешки.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefgijklmnopqrstxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{текцвет}(b, c) \ \& \ \text{услугрмат}(b, f, e) \ \& \ \text{смход}(e, g, h) \ \& \ \text{возмход}(A, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{король}(B, c, i) \ \& \ \text{атакует}(B, h, i, j) \ \& \ \text{ценашаха}(B, h, i, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(b, d) + \text{ценаполя}(A, h) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникла позиция A . Ранее было замечено, что при условии удаления фигуры f в предыдущей позиции, ход

е своей фигуры поля g на поле h дает мат чужому королю. Этот ход возможен и в позиции A , причем он дает шах чужому королю. Оператор "ценашаха" вычисляет оценку материального выигрыша при шахе, которая корректируется с учетом предыдущих ходов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и антецеденты с пятого по седьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля d и h различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd fghiknsxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{текцвет}(b, c) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{король}(A, c, i) \ \& \ \text{нападение}(A, i, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{наибольший}(n, \text{set}_w(\exists_{uvD}(\text{полефигуры}(B, c, u) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, u, v) \ \& \ D = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, d, w)))) \ \& \ k = \text{ценаполя}(A, h) - \text{ценаполя}(A, g) - n - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, k))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникла позиция A . В этой позиции ход своей фигуры с поля g на поле h дает шах чужому королю и получается позиция B . В этой позиции рассматриваются всевозможные ходы противника и определяется максимум n степеней защищенности его фигуры d после хода. Из суммы ценности фигуры h и $-n$ вычитаются ценность фигуры, дающей шах, а также ценность фигуры, взятой противником на поле d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также пятый и шестой идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля d и h различны. Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)", у которой $N > 1$. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcde fghkmnsxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ 0 < \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ \text{текцвет}(b, c) \ \& \ \text{король}(A, c, e) \ \& \ \text{нападение}(A, e, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{ценашаха}(B, h, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(b, d) + \text{ценаполя}(A, h) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d , занятое фигурой, возникла позиция A . В этой позиции ход своей фигуры с поля g на поле h дает шах чужому королю и получается позиция B . Оператор "ценашаха" определяет положительную оценку m материального выигрыша при шахе. Она корректируется с учетом ценности потерянной фигуры поля d и (возможно) взятой фигуры поля h .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля d и h различны. Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)", у которой $N > 1$. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcde fghkmnsuxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \neg(\text{Полефигуры}(b, d)) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, u) \ \& \ \text{защищает}(A, u, d) \ \& \ \text{текцвет}(b, c) \ \& \ \text{король}(A, c, e) \ \& \ \text{нападение}(A, e, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, h, k) \ \& \ 0 \leq k \ \& \ \text{ценашаха}(B, h, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ n = m + \text{ценаполя}(A, h) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d , не занятое фигурой, возникла позиция A . В этой позиции фигура d защищает другую подвергшуюся нападению первым ходом s фигуру поля u . Ход своей фигуры с поля g на поле h дает шах чужому королю и получается позиция B . Оператор "ценашаха" определяет положительную оценку m материального выигрыша при шахе. Она корректируется с учетом ценности (возможно) взятой фигуры поля h .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$$\forall_{abdefghijmnpstx}A(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{отходфигуры}(b, x, f) \& \text{смход}(x, f, d) \& \text{смход}(s, i, j) \& A = \text{Ход}(b, f, d) \& \text{смвзятие}(a, e) \& \text{смход}(e, p, g) \& \text{Атакует}(A, p, g, h) \& \text{ценавзятия}(A, p, g, m) \& n = m - \text{ценаполя}(b, d) \& 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникла позиция A . Ранее был выделен для анализа ход взятия своей фигурой поля p фигуры поля g . В позиции A этот ход дает положительную оценку m материального выигрыша. Она корректируется с учетом ценности (возможно) потерянной своей фигурой поля d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также шестой и седьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля d, p , а также поля p, i различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghnqpstwx}AB(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{отходфигуры}(b, x, f) \& \text{косвсвязка}(a, p, q) \& \text{текцвет}(a, t) \& \text{смход}(x, f, d) \& f = q \& A = \text{Ход}(b, f, d) \& \text{полефигуры}(A, t, e) \& \text{атакует}(A, e, c, g) \& B = \text{Ход}(A, e, c) \& \text{король}(B, t, h) \& \neg(\exists_{uv}C(\text{нападение}(B, h, u, v) \& C = \text{Ход}(B, u, v) \& \text{фиксмат}(C, t, v, 3))) \& \text{наибольший}(n, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{ijkD}(\text{полефигуры}(B, \neg t, i) \& \text{атакует}(B, i, j, k) \& \text{ценавзятия}(B, i, j, y) \& 0 < y \& D = \text{Ход}(B, i, j) \& \neg(\text{мат}(D, t)))))) \& w = \text{ценаполя}(A, c) - n - \text{ценаполя}(b, d) \& 0 < w \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, w))$$

После отхода фигуры противника с поля f на поле d возникла позиция A . Ранее было замечено, что сделавшая ход фигура f могла бы поставить мат, если бы ей не мешала фигура некоторого поля p . В позиции A своя фигура поля e атакует фигуру поля c . После взятия получается позиция B . В ней свой король не может подвергнуться нападению, приводящему к форсированному мату не более чем за 3 хода. Определяется наибольшая оценка n материального выигрыша противника по всем его возможным ответным взятиям в позиции B , не приводящим к мату для него. В качестве итоговой оценки потерь противника берется положительный результат вычитания из ценности взятой фигуры c ценности (возможно) потерянной фигуры d и величины n .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghisuvw}xAB(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{отходфигуры}(b, x, f) \& \text{смход}(s, u, v) \& \text{смход}(x, f, d) \& A = \text{Ход}(b, f, d) \& \text{текцвет}(b, c) \& \text{услугрмат}(a, f, e) \&$$

король(A, c, i) & нападение(A, i, g, h) & $g = v$ & $B = \text{Ход}(A, v, h)$ & ценазащиты(B, h, w) & $0 < w$ & фиксмат($B, c, h, 3$) \rightarrow следпотеря($b, x, 100$)

После нападающего хода фигурой поля u на поле v противник ответил отходом фигуры поля f на поле d . Возникла позиция A . Имелось указание, что при удалении фигуры поля f противник получает мат. Рассматривается ход фигуры поля v на поле h , дающий в позиции A шах чужому королю. После проверки того, что степень защищенности w дающей шах фигуры положительная, предпринимается обращение к оператору "фиксмат", усматривающему, что чужой король далее получает мат не более чем за 3 хода. Вычисление w и проверка его положительности - ускоряющий фильтр, предваряющий трудоемкое обращение к оператору "фиксмат".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также шестой и седьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля d, v различны. Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)". Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abcd f k m n p s x A}$ (смХод(a, s, b) & шахнападение(a, s, f) & отходфигуры(b, x, f) & шахнападение(a, s, c) & смход(x, f, d) & $A = \text{Ход}(b, f, d)$ & ценазащиты(A, c, m) & $k = m + \text{ценаполя}(b, d)$ & $k < 0$ & $\neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)) \& -k \leq z))$ & наибольший($p, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{uv}(\text{посылка}(\text{возмпотеря}(a, s, u)) \& \text{ценазащиты}(A, u, v) \& v < 0 \& y = -v))$) & $n = -k - p$ & $0 < n \rightarrow$ следпотеря(b, x, n))

Первый ход s напал одновременно на фигуры противника, расположенные на полях f и c . Противник отвел фигуру f на поле d . После этого возникла позиция A , в которой сумма k степени защищенности фигуры c и ценности (возможно) взятой противником фигуры d отрицательна. Отсутствует посылка, указывающая, что при данном ответном ходе потери противника составляют не менее чем $-k$. Находится наибольший выигрыш p противника, проистекающий из взятия им в позиции A фигуры, защита которой оказалась снята при ходе s . В качестве оценки потерь противника берется положительная величина $-k - p$.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля c, f различны. Уровень срабатывания равен 2.

$\forall_{abcd f m n p s u v w x A B}$ (смХод(a, s, b) & шахнападение(a, s, f) & отходфигуры(b, x, f) & шахнападение(a, s, c) & смход(x, f, d) & $A = \text{Ход}(b, f, d)$ & ценазащиты(A, c, m) & $m < 0$ & $\neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)) \& -m \leq z))$ & возмпотеря(a, s, u) & атакует(A, u, v, w) & ценаполя(A, v) = ценаполя(A, u) & ценаполя(A, c) \leq ценаполя(A, v) & $B = \text{Ход}(A, u, v)$ & наибольший($p, \text{set}_y(y = m \vee \exists_{ijD}(\text{атакует}(B, i, v, j) \& D = \text{Ход}(B, i, v) \& \text{ценазащиты}(D, c, y)))$) & $p < 0$ & $n = -p - \text{ценаполя}(b, d)$ & $0 < n \rightarrow$ следпотеря(b, x, n))

Первый ход s напал одновременно на фигуры противника, расположенные на полях f и c . Противник отвел фигуру f на поле d . После этого возникла позиция A , в которой степень m защищенности фигуры c отрицательна. Отсутствует посылка, указывающая, что при данном ответном ходе потери противника

составляют не менее чем $-m$. Имеется указание, что после хода s оказалась снятой защита своей фигуры поля u . Эта фигура в позиции A атакует равноценную фигуру поля v , не менее ценную, чем фигура c . После взятия фигуры v получается позиция B . Далее находится максимум p степеней защищенности фигуры c по всем ходам противника, выполняющим ответное взятие фигуры поля v . Этот максимум отрицателен. Из величины $-p$ вычитается ценность (возможно) взятой противником фигуры поля d .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

$$\begin{aligned} & \forall abcdefghmnpqrsuvx_{AB} (\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \\ & \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)))) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \\ & \ \& \ \text{смход}(s, u, v) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{нападение}(A, d, e, g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, e, g) \ \& \\ & \ \text{ценазащиты}(B, g, r) \ \& \ 0 \leq r \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, m) \ \& \ m < 0 \ \& \\ & \ \text{ценазащиты}(B, c, h) \ \& \ h < 0 \ \& \ \text{наибольший}(p, \text{set}_y(y = m \vee \\ & \ \exists_{ijkC}(\text{ходфигуры}(B, d, i) \ \& \ C = \text{Ход}(B, d, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, i, j) \ \& \\ & \ \text{ценазащиты}(C, c, k) \ \& \ y = \min(j, k) + \text{ценаполя}(B, i)))) \ \& \ q = p + \text{ценаполя}(b, d) \\ & \ \& \ q < 0 \ \& \ n = -q \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n)) \end{aligned}$$

Первый ход s напал одновременно на фигуры противника, расположенные на полях f и c . Противник отвел фигуру f на поле d , причем для этого хода пока нет посылки, указывающей потери. Возникла позиция A , в которой рассматривается ход своей фигуры поля e на поле g , атакующий фигуру d . В новой позиции B степень защищенности фигуры g неотрицательная, а степени m и h защищенности фигур d и c - отрицательные. Находится максимум p минимумов степеней защищенности фигуры c и фигуры d после ее отхода на разнообразные поля i , с учетом ценности возможно взятой фигуры поля i . Сумма q этого максимума и ценности (возможно) взятой противником фигуры поля d отрицательна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также антецеденты с пятого по седьмой идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля d, v , а также поля c, f различны. Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall abdefmnsuvx_A (\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \\ & \ \text{смход}(s, u, v) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{услугрмат}(a, f, e) \ \& \\ & \ \text{форсатака}(A, d, v, 1, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = n - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ & \ \text{следпотеря}(b, x, m)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля u на поле v противник отвел атакуемую фигуру поля f на поле d . Возникла позиция A . Ранее было сделано замечание, что при удалении фигуры поля f противник получает мат. При помощи оператора "форсатака" оценивается наибольший материальный выигрыш n от всевозможных вариантов нападения фигуры v на фигуру d . Учитываются возможности форсированного мата. Для получения положительной оценки m потерь противника из n вычитается ценность (возможно) взятой фигуры поля d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные -

выделены указателем "программа". Поля d, v различны. Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)", у которой N больше единицы. Число возможных посылок "отходфигуры" в позиции b , для которых пока не установлена положительная оценка потерь, не более двух. Отсутствует посылка вида "Выигрыш(X, Y, M)", у которой $3 < M$. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefsxA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{мат}(A, c) \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, 100))$$

После отхода противника его королю немедленно дается мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)", у которой N больше 1. Уровень срабатывания равен 2.

8. Определение потерь для защищающего хода.

$$\forall_{abcdmnpqrstxA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{защход}(b, t, c) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{атакует}(A, x, c, d) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, x, c, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{наибольший}(r, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{uv}(\text{посылка}(\text{возмпотеря}(a, s, u))) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, u, v) \ \& \ v < 0 \ \& \ y = -v))) \ \& \ n = m - r - \text{ценаполя}(b, q) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, n))$$

Ход противника с поля p на поле q привел к защите его атакуемой фигуры поля c . Возникла позиция A , в которой своя фигура поля x атакует фигуру поля c , причем оценка m материального выигрыша при взятии положительна. Определяется оценка r наибольшего выигрыша противника, проистекающего из снятия защиты своих фигур первым атакующим ходом. Из m вычитаются эта оценка и ценность (возможно) взятой фигуры поля q .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefsxA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{защход}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, e, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, e, d) \ \& \ \text{текцвет}(b, c) \ \& \ \text{мат}(A, \neg c) \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, 100))$$

После хода противника ему немедленно ставится мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Имеется посылка вида "угрмат(b, g)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghikmnpstxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, i) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{защход}(b, x, f) \ \& \ \text{смход}(x, p, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, d) \ \& \ \text{король}(A, i, g) \ \& \ \text{двойнатака}(b, c, e, g, h, m) \ \& \ \text{возмход}(A, c, e) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, e) \ \& \ \text{атакует}(B, e, g, t) \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_y(y = 100 \vee \exists_{juwC}(\text{полефигуры}(B, i, u) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, u, v) \ \& \ C = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \text{ценавзятия}(C, h, m, j) \ \& \$$

$y = j - \text{ценаполя}(B, v))) \& k = n + \text{ценаполя}(A, e) - \text{ценаполя}(b, d) \&$
 $0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, k))$

После ответного хода на поле d противника, защищающего атакуемую фигуру, возникла позиция A . В этой позиции рассматривается ход своей фигурой поля s на поле e , атакующий чужого короля и одновременно вскрывающий нападение своей фигуры поля h на фигуру поля t . Определяется оценка n наименьшего материального выигрыша при взятии фигуры t фигурой h после всевозможных ответных ходов противника. К этой оценке добавляется ценность взятой фигуры поля e и вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и восьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)". Уровень срабатывания равен 1.

$\forall_{abcdefghmnpqrstxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{текцвет}(a, h) \& \text{шахнападение}(a, s, c) \&$
 $\text{защход}(b, t, c) \& \text{смход}(t, p, q) \& A = \text{Ход}(b, p, q) \& \text{следмат}(b, d) \& \text{смход}(d, e, f)$
 $\& \text{атакует}(A, x, e, g) \& B = \text{Ход}(A, x, e) \& \text{наибольший}(n, \text{set}_y(y = 0 \vee$
 $\exists_{ijC}(\text{атакует}(B, i, e, j) \& C = \text{Ход}(B, i, e) \& \neg(\text{мат}(C, h)) \&$
 $\text{ценавзятия}(B, i, e, y))) \& m = \text{ценаполя}(A, e) - n - \text{ценаполя}(b, q) \&$
 $0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, m))$

После ответного хода на поле q противника, защищающего атакуемую фигуру, возникла позиция A . Имеется указание, что если бы противник сделал ответный ход с поля e на поле f , то получил бы мат. В позиции A чужая фигура e атакована фигурой поля i . После взятия ее получается позиция B . Определяется максимум n оценок материального выигрыша противника при взятии им в позиции B фигуры e ходами, не приводящими к мату для него. После вычитания из ценности взятой фигуры противника e величины n и ценности (возможно) потерянной фигуры поля q остается положительная величина m .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов, а также седьмой и восьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания приема равен 1.

$\forall_{abcdefghijkmnpqrstxABCD}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{защход}(b, x, p) \& \text{смход}(x, f, d) \&$
 $A = \text{Ход}(b, f, d) \& \text{услугрмат}(b, p, e) \& \text{атакует}(A, q, d, r) \& B = \text{Ход}(A, q, d) \&$
 $\text{атакует}(B, p, d, t) \& \neg(\exists_{yz}(\text{атакует}(B, z, d, y) \& \neg(z = p))) \& C = \text{Ход}(B, p, d) \&$
 $\text{текцвет}(b, c) \& \text{смход}(e, g, h) \& \text{возмход}(C, g, h) \& D = \text{Ход}(C, g, h) \&$
 $\text{король}(D, c, i) \& \text{атакует}(D, h, i, j) \& \text{ценашаха}(D, h, i, m) \& 0 < m \&$
 $n = m - \text{ценаполя}(b, d) + \text{ценаполя}(A, d) - \text{ценаполя}(B, d) \& 0 < n \&$
 $k = \min(n, \text{ценаполя}(A, d) - \text{ценаполя}(b, d)) \& 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, k))$

После ответного хода противника на поле d , защищающего атакуемую фигуру поля p , возникла позиция A . Имеется указание, что при удалении фигуры поля p ход своей фигурой поля g на поле h приводил бы к мату противнику. В позиции A своя фигура поля q атакует фигуру d , и после взятия получается позиция B . В этой позиции фигура d атакована только фигурой поля p . При взятии фигуры d фигурой p возникает позиция C , где возможен ход своей фигурой поля g

на поле h , дающий шах чужому королю. Определяется оценка m материального выигрыша при шахе, корректируемая с учетом предшествующих разменов и учетом возможности отказа от взятия фигуры d фигурой p .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый, одиннадцатый и двенадцатый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghijklmnopqstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, d) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{защход}(b, t, c) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{король}(A, \neg d, e) \ \& \ \text{нападение}(A, e, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, g) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, g, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{ценашаха}(B, g, e, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ k = \min(m, n) + \text{ценаполя}(A, g) - \text{ценаполя}(b, q) \ \& \ 0 \leq k \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, k))$$

После ответного хода противника на поле q , защищающего атакуемую фигуру поля c , возникла позиция A . В этой позиции ход своей фигуры поля f на поле g атакует чужого короля, после чего получается позиция B . Находится минимум степени защищенности фигуры g в позиции B и оценки n материального выигрыша от шаха. Он корректируется с учетом возможных предшествующих разменов. Заметим, что допускается нулевое значение оценки проигрыша противника, так как уже первый нападающий ход мог быть ходом взятия.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания приема равен 1.

$$\forall_{abcdefghijklmnopstxA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{защход}(b, x, c) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ \text{смход}(s, i, j) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{смвзятие}(a, e) \ \& \ \text{смход}(e, p, g) \ \& \ \text{атакует}(A, p, g, h) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, p, g, m) \ \& \ n = m - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n))$$

После нападающего хода своей фигуры поля i на поле j противник защитил фигуру поля c ходом фигуры поля f на поле d . Возникла позиция A . Ранее был выделен для анализа ход своей фигуры поля p на поле g , который возможен и в позиции A . Находится оценка m материального выигрыша при взятии фигуры g , из которого вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов, а также седьмой и восьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля p, i и поля p, d различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghijklmnopstwxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, m) \ \& \ \text{защход}(b, x, m) \ \& \ \text{косвсвязка}(a, p, q) \ \& \ \text{текцвет}(a, t) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{полефигуры}(A, t, e) \ \& \ \text{атакует}(A, e, c, g) \ \& \ B = \text{Ход}(a, e, c) \ \& \ \text{король}(B, t, h) \ \& \ \neg(\exists_{uvC}(\text{нападение}(B, h, u, v) \ \& \ C = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \text{фиксмат}(C, t, v, 3))) \ \& \ \text{наибольший}(n, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{ijkD}(\text{полефигуры}(B, \neg t, i) \ \& \ \text{атакует}(B, i, j, k) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, i, j, y) \ \& \ 0 < y \ \& \ D = \text{Ход}(B, i, j) \ \& \ \neg(\text{мат}(D, t)))))) \ \& \ w = \text{ценаполя}(A, c) - n - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < w \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, w))$$

После ответного хода противника на поле d , защищающего атакуемую фигуру поля m , возникла позиция A . Имеется указание, что при удалении своей фигуры поля p ход противника фигурой поля q давал бы мат. В позиции A своя фигура поля e атакует фигуру поля s . После взятия получается позиция B , где противник не имеет возможности напасть на короля и дать форсированный мат не более чем за 3 хода. Определяется оценка n наибольшего выигрыша противника по всем его ответным ходам взятия в позиции B , не приводящим к мату для него. Для получения окончательной оценки из ценности взятой фигуры s вычитается n и ценность (возможно) потерянной фигуры d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcde fghnpsxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{защход}(b, x, p) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \\ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{услугрмат}(a, p, e) \ \& \ \text{атакует}(A, g, p, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, p) \ \& \\ \neg(\exists_{ijkC}(\text{полефигуры}(B, c, i) \ \& \ \text{атакует}(B, j, i, k) \ \& \ C = \text{Ход}(B, j, i) \ \& \\ \neg(\text{Форсмат}(C, c, 2)))) \ \& \ n = \text{ценаполя}(A, p) - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < n \rightarrow \\ \text{следпотеря}(b, x, n))$$

После ответного хода противника на поле d , защищающего атакуемую фигуру поля p , возникла позиция A . Имеется указание, что при удалении фигуры поля p некоторый ход e давал бы мат королю противника. В позиции A своя фигура поля g атакует фигуру поля p , и после взятия получается позиция B . В этой позиции любой ход взятия фигуры противником приводит к мату его королю не более чем за 2 хода. Для получения оценки потерь противника из ценности фигуры p вычитается ценность (возможно) взятой фигуры d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcde fgmnpqrswxyAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{защход}(b, x, f) \ \& \\ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смход}(x, q, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, q, d) \ \& \ \text{нападение}(A, f, e, g) \ \& \\ B = \text{Ход}(A, e, g) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, g, r) \ \& \ 0 \leq r \ \& \ \text{ценазащиты}(B, f, m) \ \& \\ m < 0 \ \& \ \text{наибольший}(p, \text{set}_y(y = m \vee \exists_{ijkC}(\text{ходфигуры}(B, f, i) \ \& \\ C = \text{Ход}(B, f, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, i, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, (d \text{ при } c = q, \text{ иначе } c), k) \\ \& \ (j < 0 \vee k < 0) \ \& \ y = \min(j, k) + \text{ценаполя}(B, i)))) \ \& \ n = -p + \text{ценаполя}(A, g) - \\ \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, n))$$

После ответного хода противника на поле d , защищающего атакуемую фигуру поля f , возникла позиция A . Кроме фигуры f , предыдущим ходом была атакована также фигура поля s . В позиции A ход своей фигуры с поля e на поле g атакует фигуру f , и получается позиция B . Степень защищенности r фигуры g в позиции B неотрицательна, а степень защищенности m фигуры f - отрицательна. Рассматриваются ответные ходы фигуры f на различные поля i , и определяется максимум p минимумов степеней защищенности фигур s и i после таких ходов, увеличенных на ценность (возможно) взятой фигуры поля i . Величина $-p$ корректируется с учетом предшествующих разменов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля s, f различны. Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)", у которой $1 < N$. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefgmnpsxA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{защход}(b, x, p) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \\ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{атакует}(A, e, c, g) \ \& \\ \text{ценавзятия}(A, e, c, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = n - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ \text{следпотеря}(b, x, m))$$

После ответного хода противника на поле d , защищающего атакуемую фигуру поля p , возникла позиция A . Кроме фигуры p , предыдущий ход атаковал также фигуру поля s . В позиции A эта фигура атакована фигурой поля e , причем оценка n материального выигрыша при взятии положительна. Из нее вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля s, p различны. Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)", где $1 < N$. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefgmnpsxAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, q) \ \& \ \text{защход}(b, x, p) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \\ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{король}(A, \neg q, e) \ \& \ \text{нападение}(A, e, c, g) \ \& \\ \text{ценаполя}(A, g) = \text{ценаполя}(A, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, g) \ \& \ \text{ценашаха}(B, g, e, n) \ \& \\ m = \text{ценаполя}(A, g) + n - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, m))$$

После ответного хода противника на поле d , защищающего атакуемую фигуру поля p , возникла позиция A . В этой позиции взятие своей фигурой поля s равноценной фигуры поля g приводит к шаху чужому королю. Оператор "ценашаха" находит оценку n выигрыша при данном шахе. К этой оценке прибавляется ценность взятой фигуры g и вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля d .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля s, p различны. Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)", у которой $1 < N$. Уровень срабатывания равен 2.

9. Определение потерь для хода, атакующего напавшую фигуру.

$$\forall_{abcdefkmnpqrstA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \\ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, f, m) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, d, n) \ \& \ \neg(\exists_{xyz}(\text{блокатаки}(b, p, x, y) \ \& \ \neg(y = q) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, y, z) \ \& \ z < 0)) \ \& \ \text{связход}(b, p, q, r) \ \& \ k = \max(r, -\min(m, n)) - \\ \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, k))$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник взял фигуру поля d фигурой поля p . При этом он не осуществил открытого нападения на какую-либо фигуру, степень защищенности которой после этого стала отрицательной. В новой позиции A определяются степени m, n защищенности фигур f, d . Кроме того, определяется оценка r побочных

потерь противника, связанных с его ответным ходом. Берется максимум из r и $\min(-m, -n)$, и вычитается ценность потерянной фигуры s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdfsxA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{Контрход}(b, x, s) \& \text{смход}(x, f, d) \& A = \text{Ход}(b, f, d) \& \text{текцвет}(b, c) \& \text{мат}(A, \neg c) \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, 100))$$

В ответ на атакующий ход некоторой фигурой противник взял эту фигуру. После этого он получил мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Имеется посылка вида "угрмат(b, X)" либо "услугрмат(a, X, Y)" либо "вскрмат(a, f, X, Y)". Уровень срабатывания приема равен 1.

$$\forall_{abcdefgijklmnpqrstwxyAB}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, g) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{Контрход}(b, t, s) \& \text{смход}(t, r, w) \& A = \text{Ход}(b, r, w) \& \text{угрвилки}(a, p, q, e, f) \& \text{возмход}(A, p, q) \& B = \text{Ход}(A, p, q) \& \text{ценазащиты}(B, q, i) \& 0 < i \& \text{атакует}(B, q, e, x) \& \text{атакует}(B, q, f, y) \& \neg(\exists_{uv}(\text{защвилка}(B, q, e, f, u, v))) \& \text{ценавзятия}(B, q, e, m) \& \text{ценавзятия}(B, q, f, n) \& j = \min(i, m, n) \& k = j - \text{ценаполя}(a, c) + \text{ценаполя}(A, q) \& 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, k))$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля g , противник взял фигуру поля d фигурой поля r . Возникла позиция A . Ранее было замечено, что ход своей фигурой с поля p на поле q атакует одновременно фигуры полей e, f . Этот ход возможен и в позиции A , и после него получается позиция B . Степень защищенности i сделавшей ход фигуры положительна. Эта фигур атакует фигуры e, f , причем оценки m, n материального выигрыша при взятии этих фигур положительны. Не усматривается ход, способный разрушить вилку. Находится минимум i, m, n , который корректируется с учетом предшествующих позиции B разменов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefhknqpstA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, f) \& \text{Контрход}(b, t, s) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{смход}(t, p, q) \& A = \text{Ход}(b, p, q) \& \text{шахсвязка}(b, p, e, h) \& \neg(e = q) \& \text{возмход}(A, e, h) \& \text{ценавзятия}(A, e, h, n) \& k = n - \text{ценаполя}(b, c) \& 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, k))$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник ответным ходом t фигуры поля p взял фигуру d . Возникла позиция A . Фигура p заслоняла фигуру того же цвета, находящуюся на поле h , от нападения на нее фигуры поля e . Оценка n материального выигрыша при взятии в позиции A фигуры h положительна. Из нее вычитается ценность потерянной фигуры s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghijklnpqstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, k) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \\ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{возмдвойнатаки}(b, p, q, e, f) \\ \& \ B = \text{Ход}(A, e, f) \ \& \ \text{атакует}(B, g, q, h) \ \& \ \text{атакует}(B, f, i, j) \ \& \\ \text{ценадвойнатаки}(B, g, q, f, i, n) \ \& \ m = n - \text{ценаполя}(b, q) + \text{ценаполя}(A, f) \ \& \\ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, m))$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник ответным ходом t фигуры поля p взял фигуру d . Возникла позиция A . Имелось указание, что после хода t возможен ход с поля e на поле f , обеспечивающий нападение на чужую фигуру поля i и одновременно - вскрытое нападение на поле d . Этот ход возможен и в позиции A ; он приводит к позиции B , где фигура некоторого поля g атакует фигуру d , а фигура f - фигуру i . Оператор "ценадвойнатаки" определяет оценку n выигрыша от данного двойного нападения, которая корректируется с учетом предшествовавших разменов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghijklnpqrstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, k) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \\ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{возмдвойнатаки}(b, p, q, e, f) \\ \& \ B = \text{Ход}(A, e, f) \ \& \ \text{атакует}(B, f, q, h) \ \& \ \text{блокатаки}(A, e, i, j) \ \& \\ \text{атакует}(B, i, j, r) \ \& \ \text{ценадвойнатаки}(B, f, q, i, j, n) \ \& \\ m = n - \text{ценаполя}(b, q) + \text{ценаполя}(A, f) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, m))$$

Аналогично предыдущему, но после хода с поля e на поле f фигура f атакует фигуру d и одновременно вскрывается нападение фигуры i на фигуру j .

$$\forall_{abkst}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, k) \ \& \ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \\ \text{следмат}(b, t) \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, 100))$$

Имелось указание, что ответный ход взятия атакующей фигуры приводит к мату противнику.

Прием имеет заголовок "вывод". Все антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghkmpqrstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, r) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \\ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{шахсвяз}(b, c) \ \& \\ \text{нападение}(A, c, d, e) \ \& \ \text{шахфигура}(A, d) \in \{\text{слон, ладья, ферзь}\} \ \& \\ B = \text{Ход}(A, d, e) \ \& \ \text{король}(B, r, g) \ \& \ \text{разделяет}(c, e, g) \ \& \\ \text{Своботрезок}(B, e, c) \ \& \ \text{Своботрезок}(B, c, g) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, c, m) \ \& \\ m < 0 \ \& \ \text{наибольший}(k, \text{set}_x(x = m \vee \exists_{yzC}(\text{защита}(B, c, e, y, z) \ \& \\ C = \text{Ход}(B, y, z) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, z, x)) \vee \exists_{uvijD}(\text{контрольполя}(B, \neg r, c, u, v) \\ \& \ D = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, v, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, c, j) \ \& \\ x = \min(i, j)))))) \ \& \ h = -k - \text{ценаполя}(b, q) + \text{ценаполя}(A, e) \ \& \ 0 < h \rightarrow \\ \text{следпотеря}(b, t, h))$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник ответным ходом t фигуры поля p взял фигуру d . Возникла позиция A . Имелось указание, что целесообразна попытка связывания чужой фигуры поля s . Рассматривается ход своей линейной фигуры поля d на поле e , атакующий фигуру s и одновременно создающий ее связку с чужим королем. Получается позиция B , в которой степень защищенности фигуры s отрицательная. Рассматриваются всевозможные ответные ходы, приводящие к заслону фигуры s либо ее защите. По всем этим ходам определяется максимум k минимумов степеней защищенности вовлеченных фигур - фигуры, сделавшей ход и, если фигура s не заслонялась, то также фигуры s . Величина $-k$ корректируется с учетом предшествовавших разменов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\begin{aligned} & \forall abcdefmpqrstuxAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, r) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \\ & \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, u) \\ & \ \& \ \text{атакует}(A, c, q, d) \ \& \ \text{ценаполя}(A, c) = \text{ценаполя}(A, q) \ \& \\ & e = \text{ценаполя}(A, c) - \text{ценаполя}(b, q) \ \& \ 0 < e \ \& \ \neg(\exists_{ghn}(\text{вскрнападение}(b, g, p, q, h) \\ & \ \& \ \text{ценазащиты}(A, g, n) \ \& \ n < 0)) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, q) \ \& \\ & \ \text{наименьший}(x, \text{set}_y(y = e \ \vee \ \exists_{zvmC}(\text{атакует}(B, z, q, v) \ \& \ C = \text{Ход}(B, z, q) \ \& \\ & \ \text{ценазащиты}(C, u, m) \ \& \ y = -m - \text{ценаполя}(b, q))) \ \& \ 0 < x \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, x)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры на поле q , нападавшей одновременно на фигуры полей f и u , противник ответным ходом t фигуры поля p взял фигуру q . Возникла позиция A . В этой позиции фигура q атакована равноценной фигурой поля s , причем ценность обеих этих фигур на e больше ценности исходной своей нападавшей фигуры. Ход с поля p на q не вскрывал нападения на всю фигуру, после которого ее степень защищенности оказывалась бы отрицательной. После взятия в позиции A фигурой s фигуры q получается позиция B . Здесь определяется минимум x из e и оценок потерь для фигуры u по всевозможным ответным ходам взятия фигуры q . Каждая такая оценка потерь - взятая со знаком минус степень защищенности фигуры u , корректируемая с учетом предшествующих разменов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Поля f, u различны. Уровень срабатывания равен 1.

$$\begin{aligned} & \forall abcdfghijklmpqstuAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, i) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \\ & \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \\ & \ \text{атакует}(A, g, q, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, q) \ \& \ \text{король}(B, \neg i, j) \ \& \ \text{атакует}(B, q, j, u) \\ & \ \& \ \text{ценашаха}(B, q, j, n) \ \& \ k = n - \text{ценаполя}(a, c) + \text{ценаполя}(A, q) \ \& \\ & \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, k)) \end{aligned}$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник ответным ходом t фигуры поля p взял фигуру d . Возникла позиция A . В этой позиции фигура поля d атакована фигурой поля g , и после взятия получается позиция B . Здесь чужой король атакован фигурой d . Определяет

оценка материального выигрыша при шахе, которая корректируется с учетом предшествующих разменов.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall abcdefhijpqstAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, i) \ \& \ \text{смгоризонталь}(b, s, i) \ \& \\ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \\ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{король}(A, i, j) \ \& \ \text{нападение}(A, j, e, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, e, h) \ \& \\ \text{фиксмат}(B, i, h, 3) \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, 100))$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник ответным ходом t фигуры поля p взял фигуру d . Возникла позиция A . Имелось указание, что нападающий ход был сделан для отвлечения фигур противника с крайней горизонтали. Проверяется, что в позиции A возможен такой атакующий чужого короля ход, после которого достигим форсированный мат не более чем в 3 хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые семь антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall abcdefgppqrstAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, r) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, g) \ \& \\ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{услугрмат}(a, p, c) \ \& \\ \text{король}(A, r, d) \ \& \ \text{нападение}(A, d, e, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, e, f) \ \& \ \text{фиксмат}(B, r, f, 3) \rightarrow \\ \text{следпотеря}(b, t, 100))$$

После хода своей фигуры на поле q , нападающего на фигуру поля f , противник ответным ходом t фигуры поля p взял фигуру q . Возникла позиция A . Имелось указание, что в позиции, предшествующей нападающему ходу, удаление фигуры поля p привело бы к мату чужому королю. Проверяется, что в позиции A возможен такой атакующий чужого короля ход, после которого достигим форсированный мат не более чем в 3 хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, t, N)", у которой $1 < N$. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall abcdfghijknpqstuAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{Контрход}(b, x, s) \ \& \\ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{преврпешки}(a, c, e) \ \& \ \text{смход}(c, g, h) \ \& \\ \text{возмход}(A, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, h, n) \ \& \ 0 \leq n \ \& \\ k = 8 - \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, k))$$

После хода своей фигуры на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник ответным ходом t фигуры поля f взял фигуру d . Возникла позиция A . Имелось указание, что ход s превращает своб пешку в ферзя. После этого хода позиция A превращается в позицию B , где степень защищенности ферзя неотрицательная. Учитываются ценности потерянной фигуры d и превратившейся в ферзя пешки.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также шестой и седьмой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, t, N)". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcd fghijklmnopqstuAB}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, f) \& \text{Контрход}(b, x, s) \& \text{смход}(x, f, d) \& A = \text{Ход}(b, f, d) \& \text{преврпешки}(a, c, e) \& \text{смход}(c, g, h) \& \text{возмход}(A, g, h) \& B = \text{Ход}(A, g, h) \& \text{текцвет}(b, i) \& \text{Мат}(B, i) \rightarrow \text{следпотеря}(b, x, 100))$$

Аналогично предыдущему, но после превращения пешки в ферзя возникает мат чужому королю.

$$\forall_{abcde fghijklmnopqst wAB}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, f) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{Контрход}(b, t, s) \& \text{смход}(t, p, q) \& A = \text{Ход}(b, p, q) \& \text{атакует}(A, e, q, s) \& B = \text{Ход}(A, e, q) \& \text{текцвет}(a, h) \& \text{мат}(B, h) \& \text{атакует}(B, q, i, j) \& \text{ценазащиты}(B, i, m) \& m < 0 \& \text{наименьший}(w, \text{set}_y(y = 100 \vee \exists_{krxzC}(\text{полефигуры}(B, \neg h, r) \& \neg(r = i) \& \text{ходфигуры}(B, r, x) \& C = \text{Ход}(B, r, x) \& \neg(\text{мат}(C, h)) \& \text{ценазащиты}(C, x, k) \& \text{ценазащиты}(C, i, z) \& y = -\min(z, k)) \vee \exists_{uvD}(\text{ходфигуры}(B, i, u) \& D = \text{Ход}(B, i, u) \& \neg(\text{мат}(D, h)) \& \text{ценазащиты}(D, u, v) \& y = -v))) \& 0 < w \& n = w - \text{ценаполя}(b, q) + \text{ценаполя}(A, q) \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, n))$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник взял фигуру поля d фигурой поля p . В получившейся позиции A фигура d атакована фигурой поля e . После взятия получается позиция B , в которой, при пропуске хода противником, он получил бы мат. В этой позиции своя фигура поля d атакует фигуру поля i , и степень ее защищенности отрицательная. Определяется минимум w потерь противника при ответных ходах в позиции B . Отдельно рассматриваются не приводящие к мату ходы фигурой, отличной от фигуры i , и отдельно - не приводящие к мату ходы фигурой i . В первом случае находится взятый со знаком минус минимум степеней защищенности сделавшей ход фигуры и фигуры i , во втором - взятая со знаком минус степень защищенности сделавшей ход фигуры. Далее учитываются предшествующие позиции B размены.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов, а также девятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcde fmnstA}(\text{смХод}(a, s, b) \& \text{шахнападение}(a, s, f) \& \text{смход}(s, c, d) \& \text{Контрход}(b, t, s) \& \text{смХод}(b, t, A) \& \text{выигрыш}(A, e, m) \& n = m - \text{ценаполя}(a, c) \& 0 < n \rightarrow \text{следпотеря}(b, t, n))$$

После хода своей фигуры поля s на поле d , нападающего на фигуру поля f , противник ответным ходом t взял фигуру d . После этого был запущен цикл анализа новой позиции A , по итогам которого определилась оценка выигрыша m . Приемы, инициирующие анализ обмена ходами на глубину, большую единицы, срабатывают в исключительных случаях. Их примеры будут приведены ниже. Из оценки m вычитается ценность потерянной фигуры s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

10. Учет возможных потерь фигур, защищавшихся нападающей фигурой.

$$\forall_{abdepqsA}(\text{шахнападение}(a, s, p) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{защищает}(a, q, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\text{защищает}(A, q, e)) \ \& \ \exists_x(\text{контролирует}(a, q, \neg b, x)) \rightarrow \text{возмпотеря}(a, s, q))$$

Рассматривается нападающий ход s фигурой поля d на поле e . Сделавшая этот ход фигура защищала фигуру поля q , которую после хода уже не защищает. Фигура поля q атакована чужой фигурой. Выводится следствие, что при анализе хода s следует учитывать возможность потери фигуры q . Посылки "возмпотеря" использовались приведенными выше приемами оценки потерь противника.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

11. Усмотрение шаха при ответе на ход, атакующий напавшую фигуру.

$$\forall_{abcdefhnpqrstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, n) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{Контрход}(b, t, s) \ \& \ \text{смход}(t, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{атакует}(A, c, f, d) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, d) \ \& \ \text{король}(B, n, e) \ \& \ \text{атакует}(B, d, e, h) \rightarrow \text{смход}(r, c, d) \ \& \ \text{шах}(A, r, d) \ \& \ \text{смХод}(b, t, A) \ \& \ \text{смХод}(A, r, B) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg n) \ \& \ \text{текцвет}(B, n))$$

После хода s своей фигурой, нападающей на фигуру поля f , противник взял эту фигуру ходом t . Возникла позиция A , в которой фигура f атакована фигурой поля c . После взятия фигуры f получается позиция B , где чужому королю дан шах. Иницируется цикл анализа ответных ходов при данном шахе, описанный в предыдущем разделе. Будут определяться оценки потерь противника при этих ходах, а в конце - выведена посылка "выигрыш" для оценки выигрыша при шахе. Эта посылка используется одним из описанных выше приемов при оценке потерь противника в случае его хода t . Данный прием является одним из немногих, способных иницировать многоходовый анализ позиции непосредственно в списке посылок задачи. Обычно анализ последующих нескольких ходов реализуется через пакетные операторы.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную r . Для сохранения матриц позиций A, B используются указатели "объект". Уровень срабатывания равен 1.

12. Усмотрение возможности предотвратить материальные потери.

$$\forall_{abfsxy}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{заслход}(b, x, f, y) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)))) \rightarrow \text{возмзащита}(a, s, f))$$

Для ответного хода противника, заслоняющего атакуемую фигуру, не была указана оценка его потерь в случае данного хода. Отсутствует посылка, указывающая, что ход s нападает еще на какую-то фигуру. Выводится посылка, указывающая, что нападающий ход s допускает защиту.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "программа". Отсутствует посылка вида "шахнападение(a, s, g)" для g отличного от f . Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abfsx}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)))) \rightarrow \text{возмзащита}(a, s, f))$$

Аналогично предыдущему, но для ответного хода, отводящего атакуемую фигуру. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 4. В ней допускается наличие посылок, указывающих, что ход нападает на другие фигуры.

$$\forall_{abfsx}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{защход}(b, x, f) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)))) \rightarrow \text{возмзащита}(a, s, f))$$

Аналогично предыдущему, но для ответного хода, защищающего атакуемую фигуру.

$$\forall_{abfsx}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{Контрход}(b, x, s) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)))) \rightarrow \text{возмзащита}(a, s, f))$$

Аналогично предыдущему, но для ответного хода взятия атакующей фигуры. Дополнительно требуется отсутствие пары посылок вида "смХод(b, x, A)", "шах(A, i, j)", указывающей, что начат еще не заверченный цикл анализа хода s . Кроме того, требуется отсутствие посылки вида "Шахразвязка(a, s, g)", указывающей, что ход s представляет интерес для развязки своей фигуры поля g . Такая посылка инициирует свою оценку хода s (см. нижеследующие разделы). Создана еще одна версия данного приема, в которой указанные дополнительные требования отсутствуют, но требуется наличие посылки, указывающей, что ход s атакует еще какую-то фигуру, а также отсутствие комментария (Шахвзятие a s), указывающего на необходимость особого анализа хода s . Такие комментарии создавались некоторыми из приемов, усматривающих одновременное нападение на две различных фигуры.

$$\forall_{abdefgmsxA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)))) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, g) \ \& \ \text{смход}(x, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(b, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, g, m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{возмзащита}(a, s, f) \ \& \ \text{возмзащита}(a, s, g))$$

Для ответного хода противника, отводящего атакуемую фигуру f , не была указана оценка его потерь в случае данного хода. Имеется посылка, указывающая, что ход s нападает также на фигуру g . После отвода фигуры f степень защищенности фигуры g оказывается неотрицательной. Выводятся посылки, указывающая, что нападающий ход s допускает защиту фигур f, g .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "шахнапад для h отличного от f и g ". Отсутствуют посылки вида "услугрмат(a, f, i)" и "услугрмат(a, g, i)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdmpqrstuvA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{вскрнападение}(b, d, p, q, r) \ \& \ A = \text{Ход}(b, p, q) \ \& \ \text{текцвет}(a, m) \ \& \ \text{король}(A, m, t) \ \& \ \text{ценаполя}(b, p) < \text{ценаполя}(b, d) \ \& \ \text{атакует}(A, q, t, u) \ \& \ \text{наименьший}(v, \text{set}_x(x = 100 \vee \exists_{jyzB}(\text{полефигуры}(A, m, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, j) \ \& \ x = -j - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) < v \rightarrow \text{возмзащита}(a, s, f) \ \& \ \text{следпроигрыш}(a, s) \ \& \ \text{шахпроигрыш}(a, s, p, q, r, d))$$

Усматривается, что после нападающего хода s фигурой поля c на поле d противник может дать шах королю с одновременным вскрытым нападением на фигуру d , приводящим к потерям для этой фигуры. Выводятся посылки, указывающие, что противник может не только противостоять ходу s , но даже получить выигрыш от него.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdfmnsxA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, m) \ \& \ m + \text{ценаполя}(b, d) = 0 \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, n) \ \& \ 0 \leq n \rightarrow \text{возмзащита}(a, s, f) \ \& \ \text{возмзащита}(a, s, c))$$

После хода s , нападающего одновременно на фигуры полей f и c , противник может отойти фигурой f на поле d , занятое фигурой. При этом ценность взятой фигуры d в точности компенсирует потери на поле c , а фигура f после хода имеет неотрицательную степень защищенности.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Ход s не нападет на прочие фигуры. Отсутствует посылка вида "следпотеря(b, x, N)". Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abcdefgstA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, t) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, g, e) \ \& \ \text{возмход}(b, g, e) \ \& \ \text{ценаполя}(b, f) \leq \text{ценаполя}(b, e) \ \& \ \text{ценаполя}(b, g) = \text{ценаполя}(b, e) \ \& \ A = \text{Ход}(b, g, e) \ \& \ \neg(\exists_{hqrD}(\text{король}(A, \neg t, h) \ \& \ \text{нападение}(A, h, q, r) \ \& \ D = \text{Ход}(A, q, r) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, e, m) \ \& \ m < 0 \ \& \ \text{ценаполя}(A, r) - \text{ценаполя}(b, e) > m)) \ \& \ \forall_{ijB}(\text{атакует}(A, i, e, j) \ \& \ B = \text{Ход}(A, i, e) \rightarrow \exists_{kpC}(\text{ходфигуры}(B, f, p) \ \& \ C = \text{Ход}(B, f, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, p, k) \ \& \ 0 \leq k)) \rightarrow \text{возмзащита}(a, s, f))$$

Ход s , нападающий на фигуру поля f , был сделан связанной фигурой. После этого ходв вскрывается нападение чужой фигуры поля g на равноценную фигуру поля e , причем ценность фигуры f не превосходит ценностей этих фигур. После взятия фигуры e возникает позиция A . В этой позиции отсутствует возможность дать шах чужому королю путем взятия фигуры, более ценной, чем e , и одновременно добиться отрицательной степени защищенности фигуры e . Для каждого хода взятия фигуры e возможен отход фигуры f , делающий ее степень защищенности неотрицательной.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки вида "возмзащита(a, s, f)", "угрмат(b, X)", "преврпешки(a, s, c)". Уровень срабатывания равен 3.

13. Определение выигрыша нападающей стороны как минимального проигрыша по ответным ходам обороняющейся стороны.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdfnpqrs}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \\ & \text{наибольший}(p, \text{set}_x(x = (100 \text{ при } \exists_e(\text{посылка}(\text{услугрмат}(a, f, e))), \text{ иначе } 0)) \ \vee \\ & x = (9 \text{ при } \exists_{ij}(\text{посылка}(\text{преврпешки}(a, i, j))), \text{ иначе } 0)) \ \vee \\ & \exists_{yz}(\text{атакует}(b, y, f, z) \ \& \ \text{ценавзятия}(b, y, f, x))) \ \& \\ & \text{наименьший}(q, \text{set}_x(x = 100 \ \vee \ \exists_{yz}(\text{посылка}(\text{заслход}(b, y, f, z)) \ \& \\ & \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, y, x))) \ \vee \ \exists_y(\text{посылка}(\text{отходфигуры}(b, y, f)) \ \& \\ & \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, y, x))) \ \vee \ \exists_y(\text{посылка}(\text{защход}(b, y, f)) \ \& \\ & \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, y, x))) \ \vee \ \exists_y(\text{посылка}(\text{Контрход}(b, y, s)) \ \& \\ & \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, y, x)))))) \ \& \ n = \min(p, q) + \text{ценаполя}(a, d) \ \& \\ & 0 < n \rightarrow \text{выигрыш}(a, s, n)) \end{aligned}$$

После цикла анализа ответных ходов противника на ход s , атакующий фигуру поля f , определяется окончательная оценка выигрыша от данного хода. Прежде всего, вычисляется оценка p от выигрыша, которой имел бы место, если бы противник не предпринимал никаких попыток защититься. Она полагается равной 100, если имелось указание на угрозу мата противнику при удалении фигуры поля f , либо 9, если имеется указание на наличие пешки, превращающейся в ферзя, либо, по крайней мере, равной оценке материального выигрыша от взятия фигуры f при пропуске хода противником. Эта оценка играет роль стартового значения. Далее она корректируется - находится минимум из p и наименьшей из оценок потерь по всем ответным ходам. Наконец, добавляется ценность фигуры, (возможно) взятой ходом s . Заметим, что оценка 9 превращения пешки в ферзя, вместо 8, играет роль стимулирования продвижения проходной пешки. Фактически она не меняет выбора хода, но в некоторых из рассмотренных позиций его ускоряет.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки вида "возмзащита(a, s, f)", "шах(a, s, g)". Первая из них означала бы, что при анализе ответных ходов была усмотрена возможность противника предотвратить потери. Вторая - что оценка хода будет выполняться другими средствами. Используется указатель "исключ", обеспечивающий расчистку списка посылок от вспомогательных утверждений, введенных при анализе ответных ходов. Удаляются все посылки, содержащие переменную b , кроме посылок с заголовком "смХод". Расчистка отменяется, если имеется посылка "потеря(a, X, N)", у которой $N \geq n$, а также при наличии посылки "шахнападение(a, s, Y)", к которой пока не применялся данный прием. Уровень срабатывания равен 4.

14. Усмотрение возможности предотвратить угрозу путем нападения.

$$\forall_{abfsty}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, y, f) \ \& \ \text{следразруш}(b, y, t) \rightarrow \text{шахразруш}(a, s, t))$$

Если при анализе ответных ходов противника было усмотрено, что после любого из них либо достигается выигрыш, либо разрушается некоторая конкретная угроза (фактически рассматривалась только угроза мата своему королю), то выводится следствие, что нападающий ход s устраняет эту угрозу. Этот прием позволяет выбирать не только нападающие ходы, приводящие к материальному выигрышу, но и позволяющие достичь другие цели.

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Проверяется, что для каждого ответного хода противника, не устраняющего угрозу t , была найдена оценка его проигрыша. Уровень срабатывания приема равен 4.

15. Усмотрение разрушения угрозы мата при размене.

$$\forall_{abcdmpqsxA}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(b, x, f) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, c) \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, m) \ \& \ m + \text{ценаполя}(b, d) = 0 \ \& \ \text{Угрмат}(a, d, p, q) \ \& \ (p = c \vee q = c) \rightarrow \text{следразруш}(b, x, \text{Угрмат}))$$

Ход s нападает одновременно на фигуры полей f и c . После него фигура f отходит на поле d , занятое фигурой. Возникает позиция A . Сумма степеней защищенности фигуры c в позиции A и ценности взятой фигуры d равна нулю. Имелось указание, что при удалении фигуры поля d совместное действие фигур полей p, q приводит к мату. При этом одно из полей p, q есть c . Выводится посылка, что после хода x возможно предотвращение угрозы мата.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять antecedентов и девятый antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Нет указания, что ход s нападает еще на какие-то фигуры. Уровень срабатывания равен 2.

16. Усмотрение контратакующего хода, позволяющего защитить свою фигуру.

$$\forall_{acdnprqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{огрзащиты}(a, s, c, d) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{потеря}(a, r, n) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{атакует}(A, d, r, x))) \ \& \ \neg(\exists_{yzB}(\text{атакует}(A, y, r, z) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, r) \ \& \ (\exists_{fgt}(\text{атакует}(B, r, f, g) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, r, f, t) \ \& \ 0 < t) \vee \neg(\exists_{uvm}(\text{атакует}(B, u, d, v) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, u, d, m) \ \& \ 0 < m - n)))))) \rightarrow \text{контратака}(a, s, r))$$

Имеется указание, что ход s своей фигурой с поля p на поле q связывает чужую фигуру поля c , защищающую фигуру поля d . Кроме того, имеется указание, что на поле r , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц. После хода s возникает позиция A , в которой фигура d не атакует фигуру r . При этом после любого хода взятия фигуры r получается такая позиция, в которой невозможно последующее взятие фигурой r другой фигуры с положительной оценкой выигрыша противника, а взятие фигуры d с оценкой его проигрыша, превосходящей n , возможно. Выводится посылка, что ход s представляет интерес как контратака, защищающая фигуру r . Эта посылка может быть использована непосредственно при выборе очередного хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три antecedента и пятый antecedent идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 8.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdfgkmnpA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{смход}(s, e, f) \ \& \\ & \text{шахразвязка}(a, s, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{атакует}(A, g, p, h) \ \& \\ & \text{ценавзятия}(A, g, p, m) \ \& \ 0 \leq m - n \ \& \ \text{ценазащиты}(A, g, k) \ \& \ 0 \leq k - n \ \& \\ & \neg(\exists_{wxyzB}(\text{король}(A, c, x) \ \& \ \text{нападение}(A, x, y, z) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(B, z, w) \ \& \ 0 \leq n + w)) \rightarrow \text{контратака}(a, s, b)) \end{aligned}$$

Имеется указание, что ход s своей фигурой с поля e на поле f развязывает свою фигуру поля g . Кроме того, имеется указание, что на поле b , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц. После хода s возникает позиция A , в которой фигура g атакует фигуру поля p , и оценка выигрыша при ее взятии не менее n . Степень защищенности фигуры g также не менее n . Противник не имеет возможности в позиции A дать шах королю, после которого степень защищенности атакующей фигуры была бы не менее $-n$.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 9.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdfkps}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \\ & \text{потеря}(a, e, k) \ \& \ k \leq \text{ценаполя}(a, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(b, d, p) \ \& \ 0 < p \ \& \\ & \neg(\exists_{xyzu}(\text{знач}(\text{контрход}(b, d, f, k, x)) \ \& \ \text{посылка}(\text{смход}(x, y, z)) \ \& \ u = \text{Ход}(b, y, z) \\ & \ \& \ \neg(\exists_{vwt}(\text{ходфигуры}(u, e, v) \ \& \ w = \text{Ход}(u, e, v) \ \& \ \text{ценазащиты}(w, v, t) \ \& \\ & \ 0 \leq t)))) \rightarrow \text{контратака}(a, s, e)) \end{aligned}$$

Терм "знач(X)" указывает на обработку предиката X пакетным синтезатором.

Ход своей фигурой поля s на поле d атакует фигуру поля f . Имеется указание, что на поле e , занятом своей фигурой, возможна потеря в k единиц. Величина k не превосходит ценности фигуры f . Степень защищенности фигуры s после хода положительная. Не существует такого ответного хода x , для которого оценка потерь противника (согласно посылкам "следпотеря") была бы не более k и после которого фигура e не могла бы отойти на поле, дающее неотрицательную степень защищенности.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует другая посылка вида "потеря(...)". Кроме того, отсутствует посылка вида "шахпотеря(a, e)", указывающая, что после разменов на поле e , кроме материальных потерь, свой король оказывается под шахом. Уровень срабатывания равен 10.

17. Усмотрение контратакующего хода, нападающего на более ценную фигуру.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdfkmnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \\ & \text{полефигуры}(a, \neg c, d) \ \& \ \text{нападение}(a, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(A, f, k) \ \& \ n \leq k \ \& \ \text{ценавзятия}(A, f, d, m) \ \& \ n < m \ \& \\ & \neg(\exists_u(\text{атакует}(A, d, b, u))) \ \& \ \neg(\exists_{wxyzB}(\text{король}(A, c, x) \ \& \ \text{нападение}(A, x, y, z) \ \& \\ & \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, z, w) \ \& \ 0 \leq n + w)) \ \& \\ & \neg(\exists_{rxyzuCD}(\text{атакует}(A, x, b, y) \ \& \ \text{ценаполя}(A, x) < \text{ценаполя}(A, b) \ \& \\ & \ C = \text{Ход}(A, x, b) \ \& \ D = \text{Ход}(C, f, d) \ \& \ \text{атакует}(D, b, z, u) \ \& \\ & \ \text{ценавзятия}(D, b, z, r) \ \& \ 0 < r \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) < r + \text{ценаполя}(a, b))) \ \& \end{aligned}$$

$$\neg(\exists_{xy}(\text{нападение}(A, f, x, y) \ \& \ \text{ценаполя}(A, x) < \text{ценаполя}(A, f))) \rightarrow \\ \text{смход}(s, e, f) \ \& \ \text{контратака}(a, s, b))$$

Имеется указание, что на поле b , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц. Рассматривается ход своей фигурой поля e на поле f , нападающий на фигуру поля d . После этого хода возникает позиция A , где степень защищенности фигуры f не менее n , а оценка выигрыша от взятия фигурой f фигуры d больше n . Фигура d в позиции A не атакует фигуру b . Противник не имеет возможности дать шах таким образом, чтобы степень защищенности атакующей фигуры после шаха оказалась не менее $-n$. Если фигура b атакована в позиции A менее ценной фигурой, то после ее взятия и ответного взятия фигурой f фигуры d не возникает возможность продолжить взятия фигурой поля b с оценкой материального выигрыша r , большей разности ценностей фигур d и исходной фигуры поля b . В позиции A нет возможности напасть на фигуру f менее ценной фигурой.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует другая посылка вида "потеря(...)". Поля b, e различны. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 9.

$$\forall_{abcdfghkmnpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{смход}(s, e, f) \\ \& \ \text{шахнападение}(a, s, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{атакует}(A, g, p, h) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, f, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ \text{ценавзятия}(A, g, p, m) \ \& \ 0 < m - n \ \& \\ \neg(\exists_{wxyzB}(\text{король}(A, c, x) \ \& \ \text{нападение}(A, x, y, z) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \\ \text{ценазащиты}(B, z, w) \ \& \ 0 \leq n + w)) \rightarrow \text{контратака}(a, s, b))$$

Имеется указание, что ход s своей фигуры поля e на поле f нападает на фигуру поля p . После хода возникает позиция A . Кроме того, имеется указание, что на поле b , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц. Фигура p атакована в позиции A фигурой поля g , причем оценка материального выигрыша при взятии больше n . Степень защищенности фигуры f в позиции A положительна. Противник не имеет возможности дать шах таким образом, чтобы степень защищенности атакующей фигуры после шаха оказалась не менее $-n$.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует другая посылка вида "потеря(...)", а также посылка "шахпотеря(a, b)". Уровень срабатывания равен 9.

$$\forall_{abcdfghkmnstA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \\ \text{вскрытие}(a, d, e, f, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, f, k) \ \& \\ n \leq k \ \& \ \text{ценавзятия}(A, g, d, m) \ \& \ n < m \ \& \ \neg(\exists_u(\text{атакует}(A, d, b, u))) \ \& \\ \neg(\exists_{wxyzB}(\text{король}(A, c, x) \ \& \ \text{нападение}(A, x, y, z) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \\ \text{ценазащиты}(B, z, w) \ \& \ 0 \leq n + w)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, g, t) \ \& \ 0 \leq t \rightarrow \\ \text{смход}(s, e, f) \ \& \ \text{контратака}(a, s, b))$$

Имеется указание, что на поле b , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц. Рассматривается ход своей фигурой поля e на поле f , вскрывающий нападение своей фигуры поля g на фигуру поля d . После этого хода возникает позиция A , где степень защищенности фигуры f не менее n , а оценка выигрыша

от взятия фигурой g фигуры d больше n . Фигура d в позиции A не атакует фигуру b . Противник не имеет возможности дать шах таким образом, чтобы степень защищенности атакующей фигуры после шаха оказалась не менее $-n$. Степень защищенности фигуры g в позиции A неотрицательна.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "шахпотеря(a, b)". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 9.

18. Усмотрение контратакующего хода связанной фигурой.

$$\forall_{abcdefghjkmnpA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, d, h, e) \ \& \ \text{шахцвет}(a, d) = c \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, f) \ \& \ \text{защищает}(A, e, f) \ \& \ \text{атакует}(A, f, g, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 \leq m \ \& \ \text{ценавзятия}(A, f, g, k) \ \& \ 0 \leq k - n \ \& \ \text{ценазащиты}(A, f, p) \ \& \ 0 \leq p - n \rightarrow \text{смход}(s, d, f) \ \& \ \text{контратака}(a, s, b))$$

Имеется указание, что на поле b , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц. Своя фигура поля d загоразивает свою фигуру поля e от нападения на нее фигуры поля h . Рассматривается ход фигуры d на поле f , после которого она защищает фигуру e и одновременно атакует фигуру поля g . После хода получается позиция A , в которой степень защищенности фигуры e неотрицательна, степень защищенности фигуры f не менее n , и оценка выигрыша при взятии фигурой f фигуры g также не менее n .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания приема равен 9.

19. Усмотрение возможности совместить нападение с защитой своей фигуры.

$$\forall_{abknsA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, k) \ \& \ 1 \leq k \ \& \ k \leq n \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \neg(\exists_{cd}(\text{атакует}(A, c, b, d) \ \& \ \neg(\exists_{em}(\text{посылка}(\text{смход}(e, c, b)) \ \& \ \text{посылка}(\text{следпотеря}(A, e, m)) \ \& \ n \leq m)))) \rightarrow \text{защход}(a, s, b))$$

После анализа нападающего хода s была найдена оценка выигрыша в k единиц, обеспечиваемого данным ходом. Имеется указание, что на поле b , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц, причем $k \leq n$. После хода s возникла позиция A , причем для каждого ответного хода противника получена оценка его потерь, не меньшая n . Выводится посылка, указывающая, что ход s приводит к защите фигуры b .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "выигрыш(a, X, N)", такая, что $k < N$. После срабатывания приема предпринимается расчистка - удаляются все содержащие A посылки, не имеющие заголовка "смХод". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall abknsuv(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, k) \ \& \ \text{смХод}(a, s, c) \ \& \ \text{отходфигуры}(c, d, e) \ \& \ \text{смход}(d, e, b) \rightarrow \text{защход}(a, s, b))$$

После анализа нападающего хода s была найдена оценка выигрыша в k единиц, обеспечиваемого данным ходом. Имеется указание, что на поле b , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц. При анализе ответных ходов противника был рассмотрен ход взятия фигуры b .

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall abknsuv(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смХод}(a, s, c) \ \& \ \text{потеря}(a, b, n) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, k) \ \& \ \text{текцвет}(a, f) \ \& \ \neg(\exists_{ghi}(\text{атакует}(c, g, b, h) \ \& \ \text{допустход}(c, g, b) \ \& \ i = \text{Ход}(c, g, b) \ \& \ \neg(\exists_{pqr}(\text{полефигуры}(i, f, p) \ \& \ \text{атакует}(i, p, q, r) \ \& \ \text{ценавзятия}(i, p, q, m) \ \& \ n < m)))))) \rightarrow \text{защход}(a, s, b))$$

После анализа нападающего хода s была найдена оценка выигрыша в k единиц, обеспечиваемого данным ходом. Имеется указание, что на поле b , занятом своей фигурой, возможна потеря в n единиц. После хода s получается позиция c , в которой на любой ход взятия фигуры b существует ответное взятие с выигрышем, большим n .

Прием имеет заголовок "вывод". Все antecedentes, кроме последнего, выделенного указателем "программа", идентифицируются с посылками задачи на исследование. Для любой посылки вида "следпотеря(c, X, N)", у которой N не больше n , имеется также посылка "Возмзащита(c, X, b)". Уровень срабатывания равен 0.

$$\forall aksA(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, k) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \rightarrow \text{пассив}(A))$$

По окончании цикла анализа защиты фигур, совмещенной с нападением, предпринимается расчистка - удаление части посылок, содержащих ссылку на позицию A .

Прием имеет заголовок "вывод". Antecedents идентифицируются с посылками. Если отсутствует посылка вида "шахнападение(a, s, X)", для которой еще не применялся прием оценки окончательного выигрыша, причем отсутствует также посылка вида "шахвзятие(A, X, Y)", то удаляются все посылки, содержащие A и не имеющие своим заголовком символы "смХод", "пассив". Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall abcdefghijklmnsuvxAB(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{следпотеря}(b, x, k) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \ k \leq n \ \& \ \text{смход}(x, f, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, f, d) \ \& \ \text{атакует}(A, i, c, j) \ \& \ \text{атакует}(A, g, i, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, i, m) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, c, u) \ \& \ v = u + \text{ценаполя}(A, i) + 1 \ \& \ (k \leq v \ \& \ 0 \leq m \ \vee \ \neg(\exists_{pqr}(\text{полефигуры}(B, e, p) \ \& \ \text{атакует}(B, q, p, r) \ \& \ C = \text{Ход}(B, q, p) \ \& \ \neg(\text{Формат}(C, e, 2)))))) \ \& \ k \leq \text{ценаполя}(A, i) \rightarrow \text{Возмзащита}(b, x, c))$$

При анализе ответного хода x на нападающий ход s была получена оценка потерь противника в k единиц. При этом имеется указание на возможную потерю своей фигуры поля c , оцениваемую в n единиц, $k \leq n$. После хода x возникла

позиция A , в которой фигура c атакована фигурой i , а фигура i - фигурой поля g . При взятии фигуры i получается позиция B . Находится сумма v степени защищенности фигуры c в позиции B и ценности взятой фигуры i , увеличенная на единицу. Проверяется, что либо $k \leq v$ и степень защищенности фигуры i в позиции B неотрицательна, либо противник не имеет в этой позиции никакого хода взятия, не приводящего к мату ему не более чем в два хода. Проверяется также, что ценность взятой фигуры i не менее k . Делается вывод, что в случае ответного хода x можно совместить выигрыш с защитой фигуры c .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Имеется посылка с заголовком "услугмат". Уровень срабатывания равен 3.

20. Нападение на фигуру, защищающую чужую фигуру.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdehrsAG}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg r, c) \ \& \\ & \text{атакует}(a, c, b, d) \ \& \ b = d \ \& \ \text{ценаполя}(a, b) = \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{защищает}(a, e, b) \\ & \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, b) \ \& \ \text{наименьший}(h, \text{set}_y(\exists_{zvB}(\text{атакует}(A, z, b, v) \ \& \\ & B = \text{Ход}(A, z, b) \ \& \ \text{наибольший}(y, \text{set}_u(u = 0 \vee \exists_{mnk}(z = e \ \& \\ & \text{шахсвязка}(A, e, m, n) \ \& \ \text{атакует}(B, m, n, k) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, m, n, u) \vee \\ & \exists_{pq}(\neg(z = e) \ \& \ \text{атакует}(B, p, e, q) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, p, e, u))))))))) \ \& \ 0 < h \ \& \\ & \text{ценаполя}(a, e) \leq \text{ценаполя}(a, c) \vee \neg(\exists_{fgC}(\text{атакует}(A, e, f, g) \ \& \\ & \text{ценаполя}(A, e) = \text{ценаполя}(A, f) \ \& \ C = \text{Ход}(A, e, f) \ \& \\ & \neg(\exists_{ijkwD}(\text{атакует}(C, i, f, j) \ \& \ D = \text{Ход}(C, i, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, f, k) \ \& \\ & 0 \leq k \ \& \ \text{ценазащиты}(D, b, w) \ \& \ 0 \leq w))) \ \& \ \neg(\exists_{xtEF}(\text{полефигуры}(A, r, x) \ \& \\ & \neg(x = b) \ \& \ \text{атакует}(A, t, x, E) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, t, x, F) \ \& \ \text{ценаполя}(a, b) \leq F)) \\ & \ \& \ G = \min(h, \text{ценаполя}(a, b)) \rightarrow \text{смход}(s, c, b) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, G)) \end{aligned}$$

Своя фигура поля c атакует равноценную фигуру поля b , защищающую фигуру e . После взятия фигуры b возникает позиция A . По всем ответным ходам взятия фигуры поля b определяется положительный минимум h связанных с этим взятием потерь противника. Если ответное взятие выполняется фигурой e , то рассматриваются потери, проистекающие из связанности фигуры e , иначе - потери, проистекающие из взятия фигуры e . Проверяется, что либо ценность фигуры e не превосходит ценности фигуры c , либо в позиции A фигура e не может осуществить взятие равноценной фигуры, после которого не имело бы место ответное взятие, причем такое, что степени защищенности своих фигур на поле разменов и на поле b оказались бы неотрицательны. Наконец, проверяется, что никакая своя фигура в позиции A , отличная от фигуры поля b , не атакована с оценкой потерь, не меньшей ценности фигуры b . В качестве оценки выигрыша берется минимум из h и ценности фигуры s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

21. Связывание фигуры, участвующей в защите.

$$\forall_{abcdekmpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{шахсвязка}(A, c, e, p) \ \&$$

$$\begin{aligned} & \neg(\text{шахсвязка}(a, c, d, p)) \ \& \ \text{защищает}(a, q, c) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, q, x) \ \& \\ & \neg(x = c) \ \& \ \neg(\exists_{yz}(\text{атакует}(A, y, q, z) \ \& \ \neg(y = e) \ \& \\ & \text{ценаполя}(A, y) \leq \text{ценаполя}(A, x)))))) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, p) \ \vee \\ & \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, p, x) \ \& \ \neg(x = c) \ \& \ \neg(\exists_{yz}(\text{атакует}(A, y, p, z) \ \& \\ & \text{ценаполя}(A, y) \leq \text{ценаполя}(A, x)))))) \ \& \ \text{ценаполя}(a, x) < \text{ценаполя}(a, d))) \ \& \\ & \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{связход}(a, d, e, k) \ \& \ k = 0 \ \& \\ & \exists_{xyz}(\text{атакует}(A, x, q, y) \ \& \ \neg(x = e) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, x, q, z) \ \& \ 0 < z) \ \rightarrow \\ & \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{огрзащиты}(a, s, c, q)) \end{aligned}$$

Ход своей фигурой с поля d на поле e атакует фигуру поля c , которая становится связанной - загоразивает фигуру поля p от нападения фигуры e . До этого хода она не загоразивала фигуру p от d . Фигура поля c защищала фигуру поля q . После хода получается позиция A . Для любой фигуры, защищающей фигуру q и отличной от c , имеется не более ценная своя фигура, отличная от e и атакующая в позиции A фигуру q . Либо ценность фигуры d меньше ценности фигуры p , либо для любой защищающей p фигуры, отличной от c и менее ценной, чем d , существует не более ценная своя фигура, атакующая p . Степень защищенности фигуры e в позиции A положительна. Побочные потери от хода с d на e отсутствуют. Фигура q атакована в позиции A некоторой отличной от e фигурой, причем оценка выигрыша от взятия положительна. Делается вывод, что рассматриваемый ход связывает фигуру поля c и создает угрозу потери фигуры q .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefmpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \\ & \text{вскрнападение}(a, c, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{шахсвязка}(A, c, f, p) \ \& \\ & \neg(\text{шахсвязка}(a, c, d, p)) \ \& \ \text{защищает}(a, q, c) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, q, x) \ \& \\ & \neg(x = c) \ \& \ \neg(\exists_{yz}(\text{атакует}(A, y, q, z) \ \& \ \neg(y = f) \ \& \\ & \text{ценаполя}(A, y) \leq \text{ценаполя}(A, x)))))) \ \& \ \exists_{xyz}(\text{атакует}(A, x, q, y) \ \& \ \neg(x = f) \ \& \\ & \text{ценавзятия}(A, x, q, z) \ \& \ 0 < z) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 < m \ \rightarrow \\ & \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{огрзащиты}(a, s, c, q)) \end{aligned}$$

Ход своей фигурой с поля d на поле e приводит к вскрытому нападению фигуры поля f на фигуру поля c , которая становится связанной - загоразивает фигуру поля p от нападения фигуры f . До этого хода она не загоразивала фигуру p от d . Фигура поля c защищала фигуру поля q . После хода получается позиция A . Для любой фигуры, защищающей фигуру q и отличной от c , имеется не более ценная своя фигура, отличная от f и атакующая в позиции A фигуру q . Фигура q атакована в позиции A некоторой отличной от f фигурой, причем оценка выигрыша от взятия положительна. Степень защищенности фигуры e в позиции A положительна. Делается вывод, что рассматриваемый ход связывает фигуру поля c и создает угрозу потери фигуры q .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как и выше.

22. Пакетный синтезатор "контрход". Синтезатор реализует утверждение "контрход(a, b, c, d, e)", означающее, что e есть один из возможных ответных ходов в позиции a , где фигура поля b атакует фигуру поля c , при котором ожидаемые

потери не превзойдут величины d . Входные данные - a, b, c, d . Выходная переменная e перечисляет возможные ответные ходы. Синтезатор использует ранее предпринятый анализ позиции, так что ответные ходы уже были введены в рассмотрение и обозначены переменными.

(a) Заслоняющий ход.

$$\forall_{abcdxy}(\text{заслход}(a, x, c, y) \rightarrow \text{контрход}(a, b, c, d, x))$$

Отсутствует посылка вида "следпотеря(a, x, N)", у которой $N \geq d$.

(b) Отход фигуры.

$$\forall_{abcdx}(\text{отходфигуры}(a, x, c) \rightarrow \text{контрход}(a, b, c, d, x))$$

Отсутствует посылка вида "следпотеря(a, x, N)", у которой $N \geq d$.

(c) Защищающий ход.

$$\forall_{abcdx}(\text{защход}(a, x, c) \rightarrow \text{контрход}(a, b, c, d, x))$$

Отсутствует посылка вида "следпотеря(a, x, N)", у которой $N \geq d$.

23. Пакет продуктов "форсмаг".

Обращение к оператору имеет вид "форсмаг(a, b, c)". Входные данные - позиция a , цвет фигур b и десятичное число c . Проверяется, что в позиции a фигурам цвета b не более чем за c ходов дается мат.

(a) Непосредственное усмотрение мата.

$$\forall_{ab}(\text{Мат}(a, b) \rightarrow \text{истина})$$

В позиции a уже дан мат фигурам цвета b . Уровень срабатывания приема равен 1.

(b) Повторная атака на короля после единственного возможного хода.

$$\forall_{abcdefghmrAB}(0 < c \ \& \ m = \text{set}_x(\exists_{yzw}(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, y, z) \ \& \ w = \text{Ход}(a, y, z) \ \& \ \neg(\text{Форсмаг}(w, \neg b, 3)) \ \& \ x = (y, z))) \ \& \ \text{card}m = 1 \ \& \ r \in m \ \& \ r = (d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{король}(A, b, f) \ \& \ \text{нападение}(A, f, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \ \text{форсмаг}(B, b, c - 1) \rightarrow \text{истина})$$

Рассматривается множество m ходов, которые могут сделать фигуры цвета b таким образом, чтобы описываемый ниже оператор "Форсмаг" не усмотрел возможности поставить им после этого хода гарантированный мат не более чем за 3 хода. Это множество состоит из единственного хода r . Рассматривается позиция A , возникающая после данного хода. В этой позиции выбирается ход, атакующий короля цвета b , и далее реализуется рекурсивное обращение к оператору "форсмаг" для уменьшенного на единицу счетчика ходов c . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcm}(0 < c \ \& \ m = \text{set}_x(\exists_{yzw}(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, y, z) \ \& \ w = \text{Ход}(a, y, z) \ \& \ \neg(\text{Форсмаг}(w, \neg b, 3)) \ \& \ x = (y, z))) \ \& \ \text{card}m = 0 \rightarrow \text{истина})$$

Если множество m , указанное в предыдущем приеме, пусто, то сразу выдается ответ "истина". Уровень срабатывания равен 2.

24. Пакет продукций "Форсмаат".

Обращение к оператору имеет вид "Форсмаат(a, b, c)". Входные данные - позиция a , цвет фигур b и десятичное число c . Проверяется, что в позиции a фигуры цвета b не более чем за c ходов дают мат чужому королю.

- (a) Непосредственное усмотрение мата.

$$\forall_{ab}(\text{мат}(a, b) \rightarrow \text{истина})$$

Проверяется, что фигуры цвета b могут дать мат в один ход. Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Атака на короля с однозначным ответным ходом.

$$\begin{aligned} &\forall_{abcdmpqr uv AB} (0 < c \ \& \ \text{король}(a, \neg b, d) \ \& \ \text{нападение}(a, d, p, q) \ \& \\ &A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ m = \text{set}_z(\exists_{xy}(\text{полефигуры}(A, \neg b, x) \ \& \\ &\text{ходфигуры}(A, x, y) \ \& \ z = (x, y))) \ \& \ \text{card}m = 1 \ \& \ r \in m \ \& \ r = (u, v) \ \& \\ &B = \text{Ход}(A, u, v) \ \& \ \text{Форсмаат}(B, b, c - 1) \rightarrow \text{истина}) \end{aligned}$$

Ход с поля p на поле q атакует чужого короля, причем ответный ход - единственный возможный. Рассматривается позиция B после этих двух ходов, и для нее реализуется рекурсивное обращение к оператору "Форсмаат" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Уровень срабатывания приема равен 2.

$$\begin{aligned} &\forall_{abcdmpqA} (0 < c \ \& \ \text{король}(a, \neg b, d) \ \& \ \text{нападение}(a, d, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \\ &\ \& \ m = \text{set}_z(\exists_{xy}(\text{полефигуры}(A, \neg b, x) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, x, y) \ \& \ z = (x, y))) \ \& \\ &\ \text{card}m = 2 \ \& \ \forall_{r uv B} (r \in m \ \& \ r = (u, v) \ \& \ B = \text{Ход}(A, u, v) \rightarrow \text{мат}(B, b)) \rightarrow \\ &\text{истина}) \end{aligned}$$

Ход с поля p на поле q атакует чужого короля, причем ответных ходов имеется ровно два. Проверяется, что после любого из них противник сразу получает мат. Уровень срабатывания равен 2.

25. Пакет продукций "фиксмаат".

Обращение к оператору имеет вид "фиксмаат(a, b, c, d)". Входные данные - позиция a , цвет фигур b , поле c и десятичное число d . Проверяется, что в позиции a фигурам цвета b не более чем за d ходов дается мат, причем началом матовой цепочки ходов служит атака короля фигурой поля c . В отличие от оператора "форсмаат", учитывается возможность промежуточных легко устранимых атак на фигуру c .

- (a) Непосредственное усмотрение мата.

$$\forall_{ab}(\text{Мат}(a, b) \rightarrow \text{истина})$$

Уровень срабатывания равен 1.

- (b) Повторная атака на короля после единственного возможного хода.

$$\begin{aligned} &\forall_{abdefghimr AB} (0 < d \ \& \ m = \text{set}_x(\exists_{yzw}(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \\ &\text{ходфигуры}(a, y, z) \ \& \ w = \text{Ход}(a, y, z) \ \& \ \neg(\text{Форсмаат}(w, \neg b, z)) \ \& \\ &x = (y, z))) \ \& \ \text{card}m = 1 \ \& \ r \in m \ \& \ r = (i, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, e) \ \& \\ &\text{король}(A, b, f) \ \& \ \text{нападение}(A, f, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, g, h) \ \& \\ &\text{форсмаат}(B, b, d - 1) \rightarrow \text{истина}) \end{aligned}$$

Прием является копией соответствующего приема оператора "форснат". Рассматривается множество m ходов, которые могут сделать фигуры цвета b таким образом, чтобы оператор "Форснат" не усмотрел возможности поставить им после этого хода гарантированный мат не более чем за 3 хода. Это множество состоит из единственного хода r . Рассматривается позиция A , возникающая после данного хода. В этой позиции выбирается ход, атакующий короля цвета b , и далее реализуется рекурсивное обращение к оператору "форснат" для уменьшенного на единицу счетчика ходов d . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abdm}(0 < d \ \& \ m = \text{set}_x(\exists_{yzw}(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, y, z) \ \& \ w = \text{Ход}(a, y, z) \ \& \ \neg(\text{Форснат}(w, \neg b, 3)) \ \& \ x = (y, z))) \ \& \ \text{card}m = 0 \rightarrow \text{истина})$$

Аналогично предыдущему, но множество m пусто. Уровень срабатывания равен 2.

(с) Рассмотрение ходов взятия фигур, атакующих активную фигуру.

$$\begin{aligned} &\forall_{abcdm}(0 < d \ \& \ m = \text{set}_x(\exists_{yzw}(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, y, z) \ \& \ w = \text{Ход}(a, y, z) \ \& \ \neg(\text{Форснат}(w, \neg b, 3)) \ \& \ x = (y, z))) \ \& \ \neg(m = \emptyset) \ \& \ \text{card}m < 7 \ \& \ \forall_{npq}(n \in m \ \& \ n = (p, q) \rightarrow \\ &\neg(q = c)) \ \& \ \forall_{efgA}(e \in m \ \& \ e = (f, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \rightarrow \\ &\exists_{hijkB}(\text{атакует}(A, h, c, i) \ \& \ \neg(\exists_r(\text{атакует}(a, h, c, r))) \ \& \ \text{атакует}(A, j, h, k) \ \& \\ &B = \text{Ход}(A, j, h) \ \& \ \text{фикснат}(B, b, (h \text{ при } j = c, \text{ иначе } c), d - 1)) \ \vee \\ &\exists_{stC}(\text{атакует}(A, s, g, t) \ \& \ C = \text{Ход}(A, s, g) \ \& \\ &\text{фикснат}(C, b, (g \text{ при } s = c, \text{ иначе } c), d - 1)) \ \vee \\ &\text{шахфигура}(a, c) \in \{\text{ладья, ферзь}\} \ \& \ \exists_{uvD}(\text{нападение}(A, g, u, v) \ \& \\ &\neg(u = c) \ \& \ \text{шахфигура}(A, u) \in \{\text{ферзь, ладья}\} \ \& \ \text{разделяет}(v, c, g) \ \& \\ &D = \text{Ход}(A, u, v) \ \& \ \forall_{EFG}(\text{полефигуры}(D, b, E) \ \& \ \text{ходфигуры}(D, E, F) \ \& \\ &\neg(\text{разделяет}(F, c, g)) \ \& \ G = \text{Ход}(D, E, F) \rightarrow \text{Форснат}(G, \neg b, 2) \ \vee \\ &\exists_{HI}(\text{король}(G, \neg b, H) \ \& \ \text{атакует}(G, F, H, I) \ \& \ \neg(\text{Мат}(G, \neg b)))))) \rightarrow \text{истина}) \end{aligned}$$

Рассматривается множество m ходов, которые могут сделать фигуры цвета b таким образом, чтобы оператор "Форснат" не усмотрел возможности поставить им после этого хода гарантированный мат не более чем за 3 хода. Это множество непусто и имеет не более шести элементов. Ни один из таких ходов не берет фигуру поля c . Для каждого принадлежащего m хода фигуры поля f на поле g рассматривается возникающая после него позиция A , и проверяется выполнение одного из трех условий:

- i. Существуют такая атакующая фигуру c фигура поля h , до этого не атакующая c , а также фигура поля j , атакующая фигуру h , что после взятия фигуры h рекурсивное обращение к оператору "фикснат" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов усматривает мат фигурой c , быть может, переместившейся на поле h .
- ii. Существует такая атакующая фигуру g фигура поля s , что после взятия рекурсивное обращение к оператору "фикснат" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов усматривает мат фигурой c , быть может, переместившейся на поле s .
- iii. Фигура поля c - ладья либо ферзь. Существует ход другой ладьей либо ферзем поля u на поле v , отделяющий фигуру g от фигуры c и

нападающий на фигуру g . Для каждого ответного хода, не отделяющего c от g и не являющегося не опасным шахом, оператор "Форсат" усматривает мат противнику не более чем за 2 хода.

Уровень срабатывания равен 2.

26. Пакет продукций "форсатака".

Обращение к оператору имеет вид "форсатака(a, b, c, d, e)". Входные данные - позиция a , поле b чужой фигуры, при устранении которой дается мат, поле c своей фигуры и число d . Выходной переменной e присваивается оценка наибольшего выигрыша по всем ходам фигуры c , нападающим на фигуру b . Допускается вложенность рекурсивных обращений к оператору "форсатака" на глубину d . Сначала накопитель e иницируется значением 0, а потом последовательно увеличивается в однократном цикле рассмотрения ходов.

(a) Усмотрение форсированного мата.

$$\forall_{acep}(\text{шахцвет}(a, c) = p \ \& \ \text{Форсат}(a, p, 2) \rightarrow e = 100)$$

Уровень срабатывания равен 1.

(b) Рассмотрение вариантов нападения на фигуру.

$$\forall_{abcdefgnA}(e < 5 \ \& \ \text{нападение}(a, b, f, g) \ \& \ f = c \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, g) \ \& \ \text{Форсатака}(A, b, g, d, n) \ \& \ e < n \rightarrow e = n)$$

Рассматривается ход нападения фигурой c на фигуру b . Чтобы оценить выигрыш от этого хода, используется пакет продукций "Форсатака", анализирующий ответные ходы по защите фигуры b . Этот пакет продукций описывается ниже. Уровень срабатывания равен 2.

(c) Выдача результата. На уровне 3 выдается результат - текущее значение накопителя e .

27. Пакет продукций "Форсатака".

Обращение к оператору имеет вид "Форсатака(a, b, c, d, e)". Входные данные - позиция a , поле b своей фигуры, при устранении которой противник дает мат, поле c чужой фигуры, атакующей фигуру b , и число d . Выходной переменной e присваивается оценка наименьшего проигрыша по всем ходам, нацеленным на защиту фигуры b . Допускается вложенность рекурсивных обращений к оператору "Форсатака" на глубину d . Сначала накопитель e иницируется специальным приемом, а потом последовательно уменьшается в однократном цикле рассмотрения ходов.

(a) Инициализация накопителя e .

$$\forall_{abcen}(\text{ценазащиты}(a, b, n) \rightarrow e = \max(0, -n) \ \& \ \forall_{fgijA}(e < 9 \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = f \ \& \ \text{король}(a, f, g) \ \& \ \text{нападение}(a, g, i, j) \ \& \ i = c \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, j) \ \& \ \text{Мат}(A, f) \rightarrow e = 100))$$

Определяется степень n защищенности фигуры b и e полагается равным максимуму из 0 и $-n$. Если оно оказалось меньше 9, то дополнительно проверяется, не может ли фигура c одним ходом поставить мат. Если может,

то e полагается равным 100. Уровень срабатывания равен 0. Для пакетов продукций с циклом это означает, что прием применяется до обращения к циклу.

(b) Взятие атакующей фигуры.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcefghmnpqA} (0 < e \ \& \ \text{атакует}(a, p, c, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, c) \ \& \\ & \text{шахцвет}(a, b) = f \ \& \ \text{король}(A, f, g) \ \& \ \text{наибольший}(n, \text{set}_x(x = 0 \ \vee \\ & \exists_{hijB} (\text{нападение}(A, g, i, j) \ \& \ B = \text{Ход}(A, i, j) \ \& \ \text{ценашаха}(B, j, g, h) \ \& \\ & x = (100 \ \text{при} \ \text{фиксмат}(B, f, j, 2), \ \text{иначе} \ h + \text{ценаполя}(A, j))) \ \vee \\ & \text{ценапозиции}(A, \neg f, x))) \ \& \ m = n - \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ m < e \rightarrow \\ & e = \max(0, m)) \end{aligned}$$

Рассматривается ход взятия фигуры поля c фигурой поля p . Для возникающей после этого позиции A определяется оценка n выигрыша при ответном ходе противника. Во-первых, рассматриваются ходы, дающие шах королю. Если оператор "фиксмат" усматривает форсированный мат, то оценка равна 100, иначе - сумме ценности фигуры, взятой при шахе, и значения, выдаваемого оператором "ценашаха". Во-вторых, рассматриваются всевозможные размены и их оценки, определяемые оператором "ценапозиции". После того, как n определено, из него вычитается ценность взятой фигуры c . Заметим, что значение e , определяемое оператором, всегда неотрицательно, так что каждый прием заменяет новое отрицательное значение на 0. Уровень срабатывания равен 1.

(c) Отход атакуемой фигурой.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghmnpzA} (0 < e \ \& \ \text{ходфигуры}(a, b, p) \ \& \ \neg(p = c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \\ & \text{шахцвет}(a, b) = f \ \& \ \text{король}(A, f, g) \ \& \ \text{король}(A, \neg f, z) \ \& \\ & \neg(\exists_k (\text{атакует}(A, p, z, k))) \ \& \ \text{наибольший}(n, \text{set}_x(x = 0 \ \vee \\ & \exists_{ijB} (\text{нападение}(A, g, i, j) \ \& \ B = \text{Ход}(A, i, j) \ \& \ \text{фиксмат}(B, f, i, 2) \ \& \\ & x = 100) \ \vee \ \text{ценапозиции}(A, \neg f, x) \ \vee \ 0 < d \ \& \ \text{форсатака}(A, p, c, d - 1, x) \ \vee \\ & \exists_{hB} (\text{ходфигуры}(A, c, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, h) \ \& \ \exists_{rsC} (\text{нападение}(B, g, r, s) \ \& \\ & r = h \ \& \ C = \text{Ход}(B, r, s) \ \& \ \text{Мат}(C, f)) \ \& \ \neg(\exists_{uvD} (\text{полефигуры}(B, f, u) \ \& \\ & \text{ходфигуры}(B, u, v) \ \& \ D = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \neg(\exists_y (\text{атакует}(D, v, z, y))) \ \& \\ & \neg(\text{мат}(D, \neg f)))))) \ \& \ m = n - \text{ценаполя}(a, p) \ \& \ m < e \rightarrow \\ & e = \max(0, m)) \end{aligned}$$

Рассматривается отход фигуры поля b на поле p , отличное от поля c , причем сделавшая ход фигура не атакует чужого короля. После этого хода возникает позиция A . Далее рассматриваются ответные ходы противника, и определяется оценка n наибольшего из его выигрышей x . Для хода, атакующего короля и приводящего к форсированному мату, x равно 100. Оператор "ценапозиции" дает значение x для возможных разменов в позиции A . Если лимит глубины анализа не исчерпан, то для вычисления x предпринимается обращение к оператору "форсатака", где указывается новое поле p фигуры b , а счетчик шагов уменьшен на единицу. Наконец, рассматриваются ходы фигурой c и возникающие при этом позиции B . Если в позиции B сделавшая ход фигура может следующим ходом атаковать короля и поставить ему мат, причем в этой же позиции противная сторона не может сделать какой-либо ход, не атакующий короля, после которого она не получает мат, то x полагается равным 100. После того, как n опреде-

лено, из него вычитается ценность (возможно) взятой фигуры p . Уровень срабатывания равен 2.

(d) Выдача результата.

На уровне 3 выдается текущее значение накопителя e .

28. Пакет продукций "разрушмат".

Обращение к оператору имеет вид "разрушмат(a, b, c)". Входные данные - позиция a , поле b своей фигуры и поле c , такое, что при ходе на него фигура b дает мат чужому королю. Оператор истинен, если удастся усмотреть потенциальную возможность фигурам противоположного цвета, делающим в позиции a первый ход, разрушить данную угрозу мата. При работе оператора используется вспомогательная переменная d , иницируемая пустым списком и хранящая набор уже рассмотренных ходов.

(a) Взятие фигуры, дающей мат.

$$\forall_{abef}(\text{атакует}(a, e, b, f) \ \& \ \text{возмход}(a, e, b) \rightarrow \text{истина})$$

Возможно взятие фигуры, ход которой приводит к мату. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Заслоняющий ход.

$$\forall_{abcdefgAB}(\text{шахфигура}(a, b) \in \{\text{ферзь, ладья, слон}\} \ \& \ e = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{разделяет}(f, b, c) \ \& \ \text{ходкполю}(a, f, \neg e, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, f) \ \& \ \text{возмход}(A, b, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, f) \ \& \ d := d \cup \{(g, f)\} \ \& \ \text{разрушмат}(B, f, c) \rightarrow \text{истина})$$

Фигура поля b линейная. Чужая фигура поля g может сделать ход на поле f , отделяющее поле b от поля c . После этого возможно взятие ее фигурой b , приводящее к позиции B . Здесь предпринимается рекурсивное обращение к процедуре "разрушмат". Накопитель d пополняется ходом (g, f) . Уровень срабатывания равен 1.

(c) Ход, атакующий фигуру, дающую мат.

$$\forall_{abdefgA}(\text{шахфигура}(a, b) \in \{\text{ферзь, ладья, слон}\} \ \& \ e = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{нападение}(a, b, f, g) \ \& \ \neg((f, g) \in d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ d := d \cup \{(f, g)\} \ \& \ \neg(\text{мат}(A, e)) \ \& \ \neg(\exists_{hijmnBC}(\text{атакует}(A, h, g, i) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, g) \ \& \ \text{король}(B, \neg e, j) \ \& \ \text{нападение}(B, j, m, n) \ \& \ C = \text{Ход}(B, m, n) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg e) \ \& \ \neg(\text{разрушмат}(B, m, n)))))) \rightarrow \text{истина})$$

Фигура поля b линейная. Чужая фигура поля f может сделать ход на поле g и атаковать фигуру b . Ход (f, g) в накопителе d отсутствует, т.е. ранее не рассматривался. Он заносится в накопитель d . После данного хода получается позиция A . В ней нельзя дать мат чужому королю за один ход. Если какая-либо фигура поля h позиции A атакует фигуру g , причем после взятия возникает позиция B , то не существует такого следующего хода, который ставил бы мат чужому королю, не предотвращаемый согласно рекурсивному обращению к оператору "разрушмат". Уровень срабатывания равен 1.

(d) Остальные ходы.

$$\begin{aligned} & \forall_{abdefghA}(e = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg e, f) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, f, g) \\ & \ \& \ \neg((f, g) \in d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \text{король}(A, e, h) \ \& \\ & \ \neg(\exists_{ij}(\text{атакует}(A, i, h, j))) \ \& \ \neg(\text{Форснат}(A, e, 1)) \rightarrow \text{истина}) \end{aligned}$$

Рассматриваются всевозможные ходы противника, не зарегистрированные в накопителе d . Если после такого хода не усматривается возможность форсированного мата чужому королю, то оператор выдает значение "истина". Из рассмотрения исключаются ходы противника, дающие шах, на том основании, что обычно этот шах - легко устранимый. Это несколько ослабляет усмотрение возможности разрушения мата. Для рассмотрения ответных ходов противника, дающих шах, можно ввести дополнительные приемы. Уровень срабатывания равен 2.

3.5.11 Угроза мата чужому королю

Как и в предыдущем разделе, сначала перечисляются приемы, усматривающие угрозу мата, а затем - приемы, анализирующие эту угрозу. Некоторые из них усматривают возможность преодолеть угрозу мата без потерь, другие - оценивают материальные потери, связанные с угрозой. Для указания на угрозу мата используется посылка "угрнат(a, b)", означающая, что если в шахматной позиции a ход имела бы противная сторона, то ее ход b привел бы к мату.

1. Усмотрение ходов, создающих угрозу мата.

(a) Ход ограничивает чужого короля и создает угрозу мата.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghmstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огркороль}(a, c) \ \& \\ & \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ B = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, c, f) \ \& \\ & \ \text{контрольполя}(a, b, f, g, h) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \ \exists_{pq}(\text{полефигуры}(A, \neg b, p) \\ & \ \& \ \text{ходфигуры}(A, p, q)) \ \& \ \text{возмход}(A, d, e) \ \& \ C = \text{Ход}(A, d, e) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg b) \\ & \ \& \ \text{ценазащиты}(A, h, m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{смход}(s, g, h) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \\ & \ \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{угрнат}(A, t) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Имеется посылка, указывающая на ограниченность подвижности чужого короля. Напомним, что приемы, выводящие такие посылки, были приведены в подразделе "Усмотрение мата в два хода". Они относятся только к королю противника. Если сделать ход t фигурой поля d на поле e , атакующий этого короля, то он сможет отойти на поле f . Тогда в позиции, где этот ход не сделан, рассматривается ход s своей фигуры поля g на поле h , после которого она начинает контролировать поле f . После хода s получается позиция A , где противник может сделать какой-либо ход. В этой позиции возможен ход t , причем он дает мат чужому королю. Степень защищенности фигуры h в позиции A неотрицательна. Выводятся посылки, указывающие на ходы s, t , позицию A и угрозу мата в позиции A .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "Выигрыш($a, X, 9$)". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abcdefghmstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{крайдоски}(c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{шахфигура}(a, d) \in \{\text{ладья}, \text{ферзь}\} \\ \& \ B = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, c, f) \ \& \ \text{контрольполя}(a, b, f, g, h) \ \& \\ \text{шахфигура}(a, g) \in \{\text{ладья}, \text{ферзь}\} \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \\ \exists_{pq}(\text{полефигуры}(A, \neg b, p) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, p, q)) \ \& \ \text{возмход}(A, d, e) \ \& \\ C = \text{Ход}(A, d, e) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg b) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, h, m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \\ \text{смход}(s, g, h) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{угрмат}(A, t) \ \& \\ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Аналогично предыдущему, но вместо требования ограниченной подвижности чужого короля вводятся требования, чтобы этот король находился на краю доски (неважно, вертикальном либо горизонтальном) и чтобы своими фигурами полей d, g были ладья либо ферзь.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки вида "огр короля(a, X)", "Выигрыш($a, X, 9$)", а также пара посылок вида "смход(X, g, h)", "Выигрыш(a, X, N)". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания приема равен 5.

- (b) Ход защищает фигуру, атакуемую чужим королем, и создает угрозу мата.

$$\forall_{abcdefpqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{атакует}(a, c, d, e) \ \& \ \text{контрольполя}(a, b, d, p, q) \ \& \ \text{возмход}(a, p, q) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{нападение}(A, c, r, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, r, f) \ \& \\ \text{Мат}(B, \neg b) \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, r, f) \ \& \\ \text{угрмат}(A, t) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Чужой король атакует фигуру поля d . Ход s своей фигурой с поля p на поле q защищает фигуру d и приводит к позиции A . В этой позиции ход t своей фигурой поля r на поле f ставит мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (c) Ход приводит к контролю над позицией, с которой другая фигура дает мат.

$$\forall_{abcdefgmnpgstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ n < 0 \ \& \\ \text{контрольполя}(a, b, e, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, g) \ \& \ \text{возмход}(B, d, e) \ \& \\ C = \text{Ход}(B, d, e) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg b) \ \& \ \text{атакует}(B, g, p, q) \ \& \\ \text{ценавзятия}(B, g, p, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{ценаполя}(a, f) < \text{ценаполя}(B, p) \rightarrow \\ \text{смход}(s, f, g) \ \& \ \text{смХод}(a, s, B) \ \& \ \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{угрмат}(B, t) \ \& \\ \text{текцвет}(B, \neg b))$$

Ход t своей фигурой поля d на поле e атакует чужого короля. Степень защищенности фигуры, сделавшей ход, становится отрицательной. Тогда

рассматривается ход s в исходной позиции, переводящий свою фигуру поля f на поле g , после которого она начинает контролировать поле e . В новой позиции B возможен ход t , который ставит мат чужому королю. Одновременно в этой позиции фигура g атакует более ценную фигуру поля p , причем оценка выигрыша при взятии ее положительна. Выводятся посылки, указывающие на ходы s, t , позицию B и угрозу мата в позиции B .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "Выигрыш($a, X, 100$)". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции B используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

$$\forall_{abcdefgpnqstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ n < 0 \ \& \ \text{контрольполя}(a, b, e, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, g) \ \& \ \text{возмход}(B, d, e) \ \& \ C = \text{Ход}(B, d, e) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg b) \ \& \ \text{блокатаки}(a, f, p, q) \ \& \ \text{ценаполя}(a, f) < \text{ценаполя}(a, q) \rightarrow \text{смход}(s, f, g) \ \& \ \text{смХод}(a, s, B) \ \& \ \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{угрмат}(B, t) \ \& \ \text{текцвет}(B, \neg b))$$

Аналогично предыдущему, но вместо требования, чтобы в позиции B фигура g атаквала фигуру p , вводится требование, чтобы ход s вскрывал нападение своей фигуры поля p на более ценную фигуру поля q .

$$\forall_{abcdefgpnqrstABCD}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, n) \ \& \ n < 0 \ \& \ \text{контрольполя}(a, b, e, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, f, g) \ \& \ \text{возмход}(B, d, e) \ \& \ C = \text{Ход}(B, d, e) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg b) \ \& \ p = \text{set}_x(\exists_y(\text{атакует}(B, x, g, y))) \ \& \ p = \{q\} \ \& \ D = \text{Ход}(B, q, g) \ \& \ \exists_{Euvwz}(\text{нападение}(D, c, z, v) \ \& \ E = \text{Ход}(D, z, v) \ \& \ \text{атакует}(E, v, u, w) \ \& \ \neg(u = c) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(E, u)) \rightarrow \text{смход}(s, f, g) \ \& \ \text{смХод}(a, s, B) \ \& \ \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{угрмат}(B, t) \ \& \ \text{текцвет}(B, \neg b))$$

Аналогично предыдущим двум приемам, причем альтернативное требование заключается в том, чтобы в позиции B фигура g была атаквана единственной фигурой поля q , а в позиции, получаемой из B после взятия фигуры g , нашелся бы ход, атакующий чужого короля и одновременно некоторую другую фигуру, более ценную, чем пешка.

(d) Отход фигурой, мешавшей созданию угрозы мата.

$$\forall_{abcdefnqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ q = \neg r \ \& \ \text{ферзь}(a, r, b) \ \& \ \text{сквознход}(a, b, c, d) \ \& \ \text{шахцвет}(a, d) = r \ \& \ \text{король}(a, q, e) \ \& \ \text{Своботрезок}(a, c, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ 0 \leq n \ \& \ \text{возмход}(A, b, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, c) \ \& \ \text{Мат}(B, q) \rightarrow \text{смход}(s, d, f) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, b, c) \ \& \ \text{текцвет}(A, q) \ \& \ \text{угрмат}(A, t))$$

Свой ферзь поля b мог бы перейти на поле c , если бы оно не было занято своей фигурой поля d . Между полем c и чужим королем имеется свободный отрезок - вертикальный, горизонтальный либо диагональный.

Рассматривается ход s фигурой d на поле f . После этого хода возникает позиция A , в которой степень защищенности ферзя неотрицательная. Далее возможен ход с поля b на поле c , дающий мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует пара посылок вида "выигрыш(a, X, N)", "смход(X, d, Y)", где $1 < N$. Отсутствует также пара посылок вида "угрмат(a, X)", "смход(X, Y, Z)", указывающих на угрозу мата своему королю. Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

Созданы еще две версии данного приема - для слона и ладьи. За исключением названия типа фигуры, они идентичны.

$$\forall_{abcdefghqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ q = \neg r \ \& \ \text{ферзь}(a, r, b) \ \& \ \text{сквознход}(a, b, c, d) \ \& \ \text{шахцвет}(a, d) = r \ \& \ \text{король}(a, q, e) \ \& \ \text{Своботрезок}(a, c, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, f) \ \& \ \text{атакует}(A, f, g, h) \ \& \ \text{ценаполя}(A, f) < \text{ценаполя}(A, g) \ \& \ \text{возмход}(A, b, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, c) \ \& \ \text{Мат}(B, q) \rightarrow \text{смход}(s, d, f) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, b, c) \ \& \ \text{текцвет}(A, q) \ \& \ \text{угрмат}(A, t))$$

Свой ферзь поля b мог бы перейти на поле c , если бы оно не было заслонено своей фигурой поля d . Между полем c и чужим королем имеется свободный отрезок - вертикальный, горизонтальный либо диагональный. Рассматривается ход s фигурой d на поле f . После этого хода возникает позиция A , в которой фигура f атакует более ценную фигуру поля g . Далее возможен ход с поля b на поле c , дающий мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует пара посылок вида "выигрыш(a, X, N)", "смход(X, d, Y)", где $2 < N$. Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

$$\forall_{abcdefghqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ q = \neg r \ \& \ \text{слон}(a, r, b) \ \& \ \text{ферзь}(a, r, g) \ \& \ \text{король}(a, q, e) \ \& \ \text{сквознход}(a, b, c, d) \ \& \ \text{возмход}(a, g, c) \ \& \ \text{шахцвет}(a, d) = r \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, f) \ \& \ \text{возмход}(A, g, c) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, c) \ \& \ \text{Мат}(B, q) \rightarrow \text{смход}(s, d, f) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, g, c) \ \& \ \text{текцвет}(A, q) \ \& \ \text{угрмат}(A, t))$$

Свой слон поля b мог бы перейти на поле c , если бы оно не было заслонено своей фигурой поля d . Свой ферзь поля g может сделать ход на поле c . Рассматривается ход s фигурой d на поле f . После этого хода возникает позиция A , в которой ход ферзем на поле c все еще возможен. После такого хода чужой король получает мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует пара посылок вида "выигрыш(a, X, N)",

"смход(X, d, Y)", где $1 < N$. Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

Создана еще одна версия приема, отличающаяся лишь тем, что вместо слона рассматривается ладья.

- (e) Связка фигуры, защищающей фигуру, взятие которой ведет к мату.

$$\forall_{abcdefghnstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ \text{Полефигуры}(a, e) \ \& \ \text{защищает}(a, e, f) \ \& \ \text{нападение}(a, f, g, h) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \ \text{шахсвязка}(A, f, h, c) \ \& \ \text{возмход}(A, d, e) \ \& \ B = \text{Ход}(A, d, e) \ \& \ \text{Мат}(B, \neg b) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, h, n) \ \& \ 0 \leq n \rightarrow \text{смход}(s, g, h) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{угрмат}(A, t) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Ход t своей фигуры поля d на занятое чужой фигурой поле e атакует чужого короля. Фигура e была защищена фигурой поля f . Если, не делая хода t , сделать ход s фигурой поля g на поле h , то фигура f будет атакована. Одновременно она будет заслонять чужого короля от своей фигуры h . В полученной позиции A ход t по-прежнему возможен и дает мат чужому королю. Выводятся посылки, указывающие на ходы s, t , позицию A и угрозу мата в позиции A .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

- (f) Заслон чужой фигуры, мешавшей мату.

$$\forall_{abcdefgppqstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, f, e, g) \ \& \ \text{защита}(A, e, f, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \text{Мат}(B, \neg b) \ \& \ \text{возмход}(a, p, q) \ \& \ C = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{возмход}(C, d, e) \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{смХод}(a, s, C) \ \& \ \text{смход}(t, d, e) \ \& \ \text{угрмат}(C, t) \ \& \ \text{текцвет}(C, \neg b))$$

Ход t своей фигуры поля d на поле e атакует чужого короля. После него возникает позиция A , в которой фигура e атакована фигурой поля f . Ход s своей фигуры поля p на поле q в позиции A заслоняет фигуру e от фигуры f . После такого хода получается позиция B , где чужому королю дан мат. Ход s возможен в исходной (до хода t) позиции и переводит ее в позицию C , где все еще возможен и ход t .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме, но указатель "объект" относится к позиции C .

$$\forall_{abcdefgppqstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, f, e, g) \ \& \ \text{защита}(A, e, f, p, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, q) \ \& \ \neg(\exists_{xyD}(\text{полефигуры}(B, \neg b, x) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, x, y) \ \& \ D = \text{Ход}(B, x, y) \ \& \ \neg(\text{мат}(D, b)))) \ \& \ \text{возмход}(a, p, q) \ \& \ C = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{возмход}(C, d, e) \ \& \ \neg(\exists_{uvmE}(\text{атакует}(C, u, q, v) \ \& \ \text{ценавзятия}(C, u, q, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ E = \text{Ход}(C, u, q) \ \& \ \text{смход}(t, d, e)))$$

контролирует($E, e, \neg b, q$)) \rightarrow смход(s, p, q) & смХод(a, s, C) & смход(t, d, e) & угрмат(C, t) & текцвет($C, \neg b$)

Аналогично предыдущему, однако вместо требования, чтобы чужому королю в позиции B был дан мат, имеется требование, чтобы после любого хода чужой фигуры в этой позиции следующим же ходом чужой король получал мат. Кроме того, добавлено требование, чтобы в позиции C не существовал ход взятия заслоняющей фигуры q с положительной оценкой материального выигрыша, после которого осуществившая взятие фигура контролировала бы поле e .

(g) Защита своей фигуры, дающей мат.

$\forall_{abcdekmpqrstABC}$ (текпозиция(a) & текцвет(a, b) & король($a, \neg b, c$) & нападение(a, c, d, e) & ценазащиты(a, d, k) & $0 \leq k$ & $A = \text{Ход}(a, d, e)$ & ценазащиты(A, e, m) & $m < 0$ & контрольполя(A, b, e, p, q) & $\neg(p = e)$ & возмход(a, p, q) & $B = \text{Ход}(A, p, q)$ & возмход(B, d, e) & ценазащиты(B, q, n) & $0 \leq n$ & $C = \text{Ход}(B, d, e)$ & Мат($C, \neg b$) \rightarrow смход(s, p, q) & смХод(a, s, B) & смход(t, d, e) & угрмат(B, t) & текцвет($B, \neg b$))

Ход t имеющей неотрицательную степень защищенности своей фигуры поля d на поле e атакует чужого короля. После него возникает позиция, в которой степень защищенности фигуры e отрицательна. В этой позиции ход s своей фигуры поля p , отличного от e , на поле q приводит к контролю над полем e . Этот ход возможен и в исходной позиции, которую преобразует в позицию B . Степень защищенности фигуры q в позиции B неотрицательна. Ход t в позиции B возможен и ставит мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции B используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 6.

(h) Конь делает ход, после которого он может атаковать чужого короля.

$\forall_{abcdefpqrstAB}$ (текпозиция(a) & текцвет(a, b) & огрколя(a, c) & король($a, \neg b, d$) & конь(a, b, p) & ходфигуры(a, p, q) & $A = \text{Ход}(a, p, q)$ & $\neg(\exists_x(\text{атакует}(A, q, d, x)))$ & ценазащиты(A, q, m) & ($0 \leq m \vee \exists_{yzn}(\text{блокатаки}(a, p, y, z)$ & возмход(A, y, z) & ценавзятия(A, y, z, n) & $-m < n$)) & ходфигуры(A, q, r) & $B = \text{Ход}(A, q, r)$ & атакует(B, r, d, e) & Мат($B, \neg b$) \rightarrow смход(s, p, q) & смХод(a, s, A) & смход(t, q, r) & угрмат(A, t) & текцвет($A, \neg b$))

В текущей позиции подвижность чужого короля ограничена. Свой конь поля p делает ход s на поле q , где он не атакует чужого короля. Либо его степень защищенности m после хода неотрицательна, либо ход вскрывает нападение своей фигуры поля y на фигуру поля z , взятие которой строго компенсирует возможную потерю коня на поле q . Следующим ходом t конь ставит мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения

матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (i) Ладья делает ход, после которого она может атаковать чужого короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefpqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огр короля}(a, c) \ \& \\ & \text{король}(a, \neg b, d) \ \& \ \text{ладья}(a, b, p) \ \& \ \text{ход фигуры}(a, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{атакует}(A, q, d, x))) \ \& \ \text{цена защиты}(A, q, m) \ \& \ (0 \leq m \vee \\ & \exists_{yzn}(\text{блок атаки}(a, p, y, z) \ \& \ \text{возмход}(A, y, z) \ \& \ \text{цена взятия}(A, y, z, n) \ \& \\ & - m < n)) \ \& \ \text{ход фигуры}(A, q, r) \ \& \ B = \text{Ход}(A, q, r) \ \& \ \text{атакует}(B, r, d, e) \\ & \ \& \ \text{Мат}(B, \neg b) \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, q, r) \ \& \\ & \ \& \ \text{угрмат}(A, t) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему.

- (j) Взаимодействие двух коней при создании угрозы мата.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdempqrstuAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огр короля}(a, c) \ \& \\ & \text{король}(a, \neg b, d) \ \& \ \text{конь}(a, b, p) \ \& \ \text{ход фигуры}(a, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \\ & \ \& \ \text{ход фигуры}(A, q, r) \ \& \ \text{card}(\text{set}_y(\exists_z(\text{атакует}(A, y, q, z)))) = 1 \ \& \\ & \ \& \ \text{конь}(a, b, u) \ \& \ \neg(p = u) \ \& \ \text{возмход}(a, u, q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, q, r) \ \& \\ & \ \& \ \text{атакует}(B, r, d, e) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{ход фигуры}(B, d, x))) \ \& \ \text{цена защиты}(B, r, m) \ \& \\ & \ 0 < m \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, q, r) \ \& \ \text{угрмат}(A, t) \ \& \\ & \ \& \ \text{уточнмат}(A, t) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

В текущей позиции подвижность чужого короля ограничена. Свой конь поля p делает ход s на поле q , где он атакован единственной фигурой. Другой свой конь поля p тоже мог бы сделать ход на поле q . В позиции A , возникающей после хода s , ход t конем q на поле r атакует чужого короля, причем он не может отойти на другое поле. Степень защищенности дающего шах коня положительна. Дополнительно к обычным посылкам выводится посылка "уточнмат", указывающая, что ход t не обязательно дает мат в позиции A .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

- (k) Слон делает ход, после которого он может атаковать чужого короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdempqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{огр короля}(a, c) \ \& \\ & \text{король}(a, \neg b, d) \ \& \ \text{слон}(a, b, p) \ \& \ \text{ход фигуры}(a, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \\ & \ \& \ \neg(\exists_x(\text{атакует}(A, q, d, x))) \ \& \ \text{цена защиты}(A, q, m) \ \& \ 0 < m \ \& \\ & \ \& \ \text{ход фигуры}(A, q, r) \ \& \ B = \text{Ход}(A, q, r) \ \& \ \text{атакует}(B, r, d, e) \ \& \\ & \ \& \ \text{Мат}(B, \neg b) \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, q, r) \ \& \\ & \ \& \ \text{угрмат}(A, t) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b)) \end{aligned}$$

В текущей позиции подвижность чужого короля ограничена. Свой слон поля p делает ход s на поле q , где он не атакует чужого короля. Его степень защищенности после хода положительна. Следующим ходом t слон ставит мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

- (l) Ферзь делает ход, после которого он может атаковать чужого короля.

$$\forall_{abcdepqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, b) \& \text{король}(a, \neg b, d) \& \\ \text{ферзь}(a, b, p) \& \text{ходфигуры}(a, p, q) \& A = \text{Ход}(a, p, q) \& \\ \neg(\exists_x(\text{атакует}(A, q, d, x))) \& \text{ходфигуры}(A, q, r) \& B = \text{Ход}(A, q, r) \& \\ \text{атакует}(B, r, d, e) \& \text{Мат}(B, \neg b) \& \neg(\exists_{yzC}(\text{атакует}(A, y, q, z) \& \\ C = \text{Ход}(A, y, q) \& \neg(\text{мат}(C, b)))) \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \& \text{смХод}(a, s, A) \& \\ \text{смход}(t, q, r) \& \text{угрмат}(A, t) \& \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Свой ферзь поля p делает ход s на поле q , где он не атакует чужого короля. Возникает позиция A , в которой после любого хода взятия ферзя противник получает мат. Следующим ходом t ферзь ставит мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "Выигрыш($a, X, 9$)". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Если ход с поля p на поле q уже рассматривался, то исключаются все посылки вида "возмзащита(a, X, Y)". Уровень срабатывания равен 5.

- (m) Усмотрение дополнительных угроз мата.

$$\forall_{abcdrstuAB}(\text{смХод}(a, s, A) \& \text{угрмат}(A, t) \& \text{смход}(t, b, c) \& \text{текцвет}(A, r) \& \\ \text{контролирует}(A, c, \neg r, d) \& \neg(b = d) \& \text{возмход}(A, d, c) \& B = \text{Ход}(A, d, c) \& \\ \text{Мат}(B, r) \rightarrow \text{смход}(u, d, c) \& \text{угрмат}(A, u))$$

Уже усмотрена угроза мата в позиции A , достигаемого ходом своей фигуры поля b на поле c . Другая своя фигура тоже может сделать ход на поле c и дать мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную u . Уровень срабатывания равен 0.

- (n) Усмотрение возможности мата при устранении загораживающей фигуры.

$$\forall_{abcdefpqAB}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, p) \& \text{король}(a, \neg p, q) \& \\ \text{полефигуры}(a, p, c) \& \text{шахфигура}(a, c) \in \{\text{ферзь, ладья, слон}\} \& \\ \text{атакует}(a, c, b, e) \& \text{разделяет}(b, c, d) \& A = \text{шахудаление}(a, b) \& \\ \text{нападение}(A, q, f, d) \& c = f \& B = \text{Ход}(A, c, d) \& \text{Мат}(B, \neg p) \rightarrow \\ \text{вскрмат}(a, b, c, d))$$

Своя линейная фигура поля c атакует фигуру b , заслоняющую от нее поле d . Если удалить фигуру b , то фигура c ходом на поле d ставит мат чужому королю. Выводимая приемом посылка "вскрмат" использовалась в приемах предыдущего раздела, усматривающих представляющие интерес нападающие ходы.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

- (о) Усмотрение возможности мата при устранении фигуры, контролирующей поле.

$$\forall_{abcdefghipqstAB}(\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{текцвет}(b, e) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, f) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{король}(b, e, p) \ \& \ \text{нападение}(b, p, i, g) \ \& \ i = d \ \& \\ A = \text{Ход}(b, d, g) \ \& \ \text{атакует}(A, q, g, h) \ \& \ B = \text{шахудаление}(A, q) \ \& \\ \text{Мат}(B, e) \rightarrow \text{смход}(t, d, g) \ \& \ \text{услугрмат}(b, q, t))$$

Позиция b возникла при рассмотрении нападающего хода своей фигуры поля c на поле d . Если в этой позиции фигура d делает ход на поле g , то она атакует чужого короля. Сама она при этом атакована фигурой поля q , причем при удалении фигуры q оказывается, что чужому королю дан мат. Выводится посылка, указывающая, что при удалении фигуры q ход с поля d на поле g дает мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdepqsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, p, e, q) \ \& \\ B = \text{шахудаление}(A, p) \ \& \ \text{Мат}(B, \neg b) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{услугрмат}(a, p, s))$$

Ход своей фигурой поля d на поле e атакует чужого короля. В полученной позиции A фигура e атакована фигурой поля p , при удалении которой оказывается, что чужому королю дан мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdepqsAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, p, e, q) \ \& \ \neg(c = p) \ \& \\ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, e, y) \ \& \ \neg(p = x))) \ \& \ B = \text{шахудаление}(A, p) \ \& \\ \text{форсмат}(B, \neg b, 1) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{услугрмат}(a, p, s))$$

Аналогично предыдущему, но вместо немедленного мата при удалении фигуры p проверяется наличие форсированного мата. Перед применением приема проверяется отсутствие посылки вида "Выигрыш(a, X, N)", где $1 < N$. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания приема равен 7.

- (р) Усмотрение возможности мата при устранении фигуры, защищающей фигуру, контролирующую поле.

$$\forall_{abcdefpqsaB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \\ \text{нападение}(a, c, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, p, e, q) \ \& \\ \text{сквознатака}(A, e, p, f) \ \& \ B = \text{шахудаление}(A, f) \ \& \ \text{форсмат}(B, \neg b, 1) \rightarrow \\ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{услугрмат}(a, f, s))$$

Ход своей фигурой поля d на поле e атакует чужого короля. В полученной позиции A фигура e атакована фигурой поля p , а также - сквозным образом

через фигуру p - фигурой поля f . Если в позиции A удалить фигуру f , то усматривается форсированный мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

- (q) Усмотрение возможности мата при отвлечении фигуры, мешающей сделать мат.

$$\forall abdefghpqrstuvAB(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{услугрмат}(a, e, f) \ \& \ \text{смход}(f, u, v) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, d) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, p) \ \& \ \neg(p = u) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{атакует}(A, e, q, g) \ \& \ \text{нападение}(A, d, h, r) \ \& \ h = q \ \& \ B = \text{Ход}(A, q, r) \ \& \ \text{Мат}(B, \neg b) \ \& \ \neg(\exists_{nx} C(\text{ходфигуры}(A, e, x) \ \& \ C = \text{Ход}(A, e, x) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, x, n) \ \& \ 0 \leq n \ \& \ \neg(\text{мат}(C, b)))) \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{смход}(t, q, r) \ \& \ \text{угрмат}(A, t) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg b))$$

Имеется указание, что при удалении чужой фигуры поля e ход f своей фигурой поля u на поле v дает мат чужому королю. Рассматривается ход s своей фигурой отличного от u поля p на поле q , контролируемое фигурой e . Возникает позиция A , в которой следующий ход t фигурой q на поле r дает мат чужому королю. В этой же позиции фигура e не имеет никакого хода, после которого ее степень защищенности оказывается неотрицательной, а немедленный мат предотвращается. Выводятся посылки, указывающие на ходы s, t , позицию A и угрозу мата в позиции A .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 5.

2. Уточнение типа угрозы мата: усмотрение того, что в отсутствии хода противника рассматриваемый ход не ведет к мату.

$$\forall abqrst(\text{уточнмат}(a, t) \ \& \ \text{смход}(t, q, r) \ \& \ \text{текцвет}(a, s) \ \& \ b = \text{Ход}(a, q, r) \ \& \ \neg(\text{Мат}(b, s)) \rightarrow \text{немат}(a, t))$$

При наличии посылки "уточнмат", означающей, что угроза мата не непосредственная, проверяется, что рассматриваемый ход действительно не дает немедленного мата. Указатель "немат" будет использован одним из приводимых далее приемов, анализирующих угрозу мата.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

3. Анализ позиции, создающей угрозу мата чужому королю.

- (a) Ход, блокирующий атаку на короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgklnpqrstx} A (\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \\ & \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{полефигуры}(g, c, d) \ \& \ \text{ходфигуры}(g, d, e) \\ & \ \& \ A = \text{Ход}(g, d, e) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg c)) \ \& \ \neg(\exists_{uvwxyz} B (\text{король}(A, \neg c, y) \ \& \\ & \ \text{атакует}(A, z, y, v) \ \& \ \text{полефигуры}(A, \neg c, u) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, u, w) \ \& \\ & \ B = \text{Ход}(A, u, w) \ \& \ \text{мат}(B, \neg c))) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, p) \ \& \\ & \ \text{связход}(g, d, e, x) \ \& \ \neg(\exists_{ijhPQR} (\text{нападение}(A, r, i, j) \ \& \ P = \text{Ход}(A, i, j) \ \& \\ & \ \text{вскрнападение}(A, h, i, j, Q) \ \& \ \text{ценавзятия}(P, Q, h, R) \ \& \ 0 < R)) \ \& \\ & \ \text{наибольший}(k, \text{set}_E(E = 0 \ \vee \ \exists_{FGH} (\text{полефигуры}(A, \neg c, F) \ \& \\ & \ \text{атакует}(A, F, G, H) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, F, G, E)))) \ \& \\ & \ q = \max(-p, x, k) - \text{ценаполя}(g, e) \ \& \ \neg(\text{возмход}(A, m, n)) \ \& \ q \leq 0 \rightarrow \\ & \ \text{возмзащита}(a, f, r) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(g, s, A) \ \& \ \text{защответ}(a, f, s) \ \& \\ & \ \text{текцвет}(A, \neg c)) \end{aligned}$$

После первого хода f возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на поле n дал бы мат чужому королю. Рассматривается ход s противника фигурой поля d на поле e , преобразующий позицию g в позицию A . В позиции A уже нельзя дать немедленный мат чужому королю, а ход b вообще невозможен. В этой позиции нельзя атаковать чужого короля и одновременно осуществить вскрытое нападение на чужую фигуру с положительной оценкой выигрыша. Ход противника не являлся нападением на короля, после которого его королю сразу же давался бы мат. Рассматриваются степень защищенности p фигуры e в позиции A , оценка x побочных потерь противника, вызванных его ходом, а также максимум k оценок выигрыша при взятии в позиции A какой-либо фигуры противника. Оценка q проигрыша противника в случае его хода s , получаемая как результат вычитания из максимума $-p, x, k$ ценности (возможно) взятой им фигуры e , не положительна. Делается вывод, что противник может ходом s обеспечить защиту от угрозы мата. Впрочем, этот вывод не окончательный: ниже будут приведены приемы, продолжающие анализ и иногда отменяющие данный вывод.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, f, r)". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 2.

(b) Ход, не блокирующий атаку на короля.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgklnpqrst} A (\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \\ & \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{полефигуры}(g, c, d) \ \& \ \neg(\text{контролирует}(g, n, c, d)) \ \& \\ & \ \text{ходфигуры}(g, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(g, d, e) \ \& \ (\neg(\text{шахфигура}(A, m) = \text{конь}) \\ & \ \vee \ \text{соседнполя}(r, d) \ \vee \ \text{контролирует}(A, n, c, e)) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg c)) \ \& \\ & \ \text{возмход}(A, m, n) \ \& \ \text{шахпотери}(A, c, m, n, q) \ \& \ t = q - \text{ценаполя}(g, e) \ \& \\ & \ t \leq 0 \rightarrow \text{возмзащита}(a, f, r) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{смХод}(g, s, A) \ \& \\ & \ \text{защответ}(a, f, s) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg c)) \end{aligned}$$

После первого хода f возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на поле n дал бы мат чужому королю. Рассматривается ход s противника фигурой поля d на поле e , преобразующий позицию g в позицию A . До

этого хода фигура d не контролировала поле n . Либо ход делал не конь, либо поле d было соседним с чужим королем и после хода подвижность короля увеличилась, либо в позиции A фигура e контролирует поле n . В позиции A уже нельзя дать немедленный мат чужому королю, хотя ход b возможен. Оператор "шахпотери", который будет описан ниже, определяет оценку выигрыша q в позиции A . Этот оператор учитывает наличие угрозы мата ходом b . Величина q не превосходит ценности фигуры e , взятой противником.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, f, r)". Отсутствует также посылка вида "угрмат(g, X)" при X отличном от b . Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 2.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgghkmnpqrstuxAB} (\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \\ & \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{полефигуры}(g, c, d) \ \& \ \text{ходфигуры}(g, d, e) \\ & \ \& \ A = \text{Ход}(g, d, e) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg c)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, p) \ \& \\ & \ \text{связход}(g, d, e, x) \ \& \ \text{наибольший}(k, \text{set}_E(E = 0 \vee \\ & \ \exists_{FGH}(\text{полефигуры}(A, \neg c, F) \ \& \ \text{атакует}(A, F, G, H) \ \& \\ & \ \text{ценовзятия}(A, F, G, E))) \ \& \ q = \max(-p, x, k) - \text{ценаполя}(g, e) \ \& \\ & \ \text{возмход}(A, m, n) \ \& \ B = \text{Ход}(A, m, n) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, n, h) \ \& \ h < 0 \ \& \\ & \ \exists_{vwD}(\text{полефигуры}(B, c, v) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, v, w) \ \& \ D = \text{Ход}(B, v, w) \ \& \\ & \ \neg(\text{мат}(D, \neg c)) \ \& \ \text{наименьший}(u, \text{set}_y(y = 100 \vee \exists_{ijzC}(\text{полефигуры}(B, c, i) \\ & \ \& \ \text{ходфигуры}(B, i, j) \ \& \ C = \text{Ход}(B, i, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, j, z) \ \& \\ & \ y = -\text{ценаполя}(B, j) - z)) \ \& \ t = \max(q, u) \ \& \ t \leq 0 \ \& \\ & \ \neg(\exists_{IJK}(\text{нападение}(A, r, I, J) \ \& \ K = \text{Ход}(A, I, J) \ \& \\ & \ \text{форсмат}(K, c, 1))) \rightarrow \text{возмзащита}(a, f, r) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \\ & \ \text{смХод}(g, s, A) \ \& \ \text{защответ}(a, f, s) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg c)) \end{aligned}$$

После первого хода f возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на поле n дал бы мат чужому королю. Рассматривается ход s противника фигурой поля d на поле e , преобразующий позицию g в позицию A . В позиции A уже нельзя дать немедленный мат чужому королю, хотя ход b возможен. Определяются степень защищенности фигуры e в позиции A , побочные потери противника x от хода s и максимум k потерь противника при взятии его фигур в позиции A . Вычисляется предварительная оценка q потерь противника от хода s , равная максимуму величин $-p, x, k$, уменьшенному на ценность (возможно) взятой им фигуры e . Рассматривается позиция B , получаемая из A ходом b . В этой позиции степень защищенности сделавшей ход фигуры поля n отрицательная. Противник имеет возможность сделать ход, не приводящий к немедленному мату. Определяется минимум u потерь противника по всевозможным его ходам в позиции B . Каждая такая потеря вычисляется как взятая со знаком минус степень защищенности сделавшей ход фигуры, уменьшенная на ценность (возможно) взятой фигуры. Окончательная оценка t потерь противника, представляющая собой максимум из q, u , неположительна. В позиции A отсутствует атакующий чужого короля ход, приводящий к форсированному мату.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, f, r)". Отсутствует также пара посылок вида "смход(X, d, e)", "следпотеря(g, X, N)". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 2.

(с) Ход, использующий встречный шах.

$$\forall abcdefgijmnpqA(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{атакует}(g, d, r, e) \ \& \ \text{атакует}(g, h, d, i) \ \& \ A = \text{Ход}(g, h, d) \ \& \ \text{король}(A, \neg c, j) \ \& \ \text{атакует}(A, p, j, q) \ \& \ \neg(\exists_{rsB}(\text{полефигуры}(A, \neg c, r) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, r, s) \ \& \ B = \text{Ход}(A, r, s) \ \& \ \neg(\exists_{uvkC}(\text{контрольполя}(B, c, n, u, v) \ \& \ C = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, v, k) \ \& \ 0 \leq k \ \& \ \neg(\text{мат}(C, \neg c)))))) \rightarrow \text{возмзащита}(a, f, r))$$

После первого хода f возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на поле n дал бы мат чужому королю. В позиции g чужой король атакован фигурой поля d , а сама эта фигура - фигурой поля h . Если в позиции g противник делает ход фигурой h на поле d , то возникает позиция A , в которой свой король атакован. При этом не существует такого ответного хода, после которого противник не мог бы установить контроль над полем n и предотвратить мат.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, f, r)". Отсутствует также посылка вида "угрмат(g, X)" при X отличном от b . Уровень срабатывания равен 2.

(d) Защита с потерями.

$$\forall abcdefgmnprstuvxAB(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{полефигуры}(g, c, d) \ \& \ \text{ходфигуры}(g, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(g, d, e) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg c)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, p) \ \& \ \text{связход}(g, d, e, x) \ \& \ q = \max(-p, x) \ \& \ \text{возмход}(A, m, n) \ \& \ B = \text{Ход}(A, m, n) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, n, u) \ \& \ u < 0 \ \& \ \text{наибольший}(v, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{ijk}(\text{полефигуры}(A, c, i) \ \& \ \text{атакует}(A, j, i, k) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, j, i, y)) \vee \exists_{hwCDEFI}(\text{нападение}(A, r, h, w) \ \& \ I = \text{Ход}(A, h, w) \ \& \ \text{ценазащиты}(I, w, C) \ \& \ 0 \leq C \ \& \ \neg(h = m) \ \& \ \text{атакует}(I, m, D, E) \ \& \ \text{ценавзятия}(I, m, D, F) \ \& \ 0 < F \ \& \ \neg(\exists_{GH}(\text{защитнход}(I, m, D, G, H))) \ \& \ y = F))) \ \& \ t = \max(v, q) - \text{ценаполя}(g, e) \ \& \ 0 < t \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{защход}(g, s, r) \ \& \ \text{следпотеря}(g, s, t))$$

После первого хода f возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на поле n дал бы мат чужому королю. Рассматривается ход s противника фигурой поля d на поле e , преобразующий позицию g в позицию A . В позиции A уже нельзя дать немедленный мат чужому королю, хотя ход b возможен. Степень защищенности фигуры, сделавшей такой ход, оказывается отрицательной. Определяются степень p защищенности фигуры e в позиции A , а также оценка x побочных потерь противника от хода s . В

качестве предварительной оценки его потерь берется величина q , равная $\max(-p, x)$. Далее рассматривается максимум v оценок выигрыша от различных действий в позиции A . Во - первых, перечисляются всевозможные ходы взятия фигур противника в этой позиции. Во - вторых, находятся ходы фигурой, отличной от m , атакующие чужого короля, причем такие, что сделавшая ход фигура оказывается защищенной, а фигура m атакует чужую фигуру с положительной оценкой выигрыша и без вариантов у противника защититься от этой атаки. В качестве окончательной положительной оценки выигрыша t берется максимум величин q, v , из которого вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля e . Делаются выводы о том, что от угрозы мата возможно защититься, но при этом будут материальные потери в t единиц.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "немат(g, b)". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcfgkmnpqrstAB}(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{немат}(g, b) \ \& \ \text{контрольполя}(g, c, n, p, q) \ \& \ \neg(\text{контролирует}(g, n, c, p)) \ \& \ A = \text{Ход}(g, p, q) \ \& \ \text{возмход}(A, m, n) \ \& \ B = \text{Ход}(A, m, n) \ \& \ \text{атакует}(B, n, r, t) \ \& \ \text{наибольший}(k, \text{set}_x(x = 0 \vee \exists_u(\text{ценашаха}(B, n, r, u) \ \& \ x = u + \text{ценаполя}(A, n)) \vee \exists_{yz}(\text{атакует}(A, m, y, z) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, m, y, x)))) \ \& \ d = k - \text{ценаполя}(g, q) \ \& \ 0 < d \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{зашход}(g, s, r) \ \& \ \text{следпотеря}(g, s, d))$$

После первого хода f возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на поле n составил бы угрозу мата чужому королю, но не непосредственный мат. Рассматривается ход противника с поля p на поле q , приводящий к контролю над полем n , до этого хода фигурой p не контролируемому. После хода возникает позиция A , где ход b возможен и преобразует A в позицию B . В последней позиции чужой король атакован фигурой n . Находится положительная оценка k наибольшего выигрыша в позиции A - рассматриваются как случай шаха ходом b , так и альтернативные ходы взятия фигур. В конце учитывается ценность (возможно) потерянной фигуры поля q .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefgghijklmnpqrstxAB}(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{полефигуры}(g, c, d) \ \& \ \text{ходфигуры}(g, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(g, d, e) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg c)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, p) \ \& \ \text{связход}(g, d, e, x) \ \& \ \text{нападение}(A, r, i, j) \ \& \ B = \text{Ход}(A, i, j) \ \& \ \text{вскрнападение}(A, h, i, j, t) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, t, h, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ q = \max(-p, x, k) - \text{ценаполя}(g, e) \ \& \ \neg(\text{возмход}(A, m, n)) \ \& \ 0 < q \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{зашход}(g, s, r) \ \& \ \text{следпотеря}(g, s, k))$$

После первого хода f возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на

поле n дал бы мат чужому королю. Рассматривается ход s противника фигурой поля d на поле e , преобразующий позицию g в позицию A . В позиции A уже нельзя дать немедленный мат чужому королю, а ход b невозможен. Определяются степень p защищенности фигуры e в позиции A , а также оценка x побочных потерь противника от хода s . Далее выбирается ответный ход с поля i на поле j , дающий шах чужому королю и одновременно вскрывающий нападение своей фигуры поля t на фигуру поля h . После этого хода получается позиция B , где оценка k выигрыша от взятия фигуры h положительная. В качестве окончательной положительной оценки выигрыша q берется максимум величин $-p, x, k$, из которого вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля e .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "возмзащита(a, f, r)". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefgmnqrstA}(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{полефигуры}(g, c, d) \ \& \ \text{ходфигуры}(g, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(g, d, e) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg c)) \ \& \ \text{возмход}(A, m, n) \ \& \ \text{шахпотери}(A, c, m, n, q) \ \& \ t = q - \text{ценаполя}(g, e) \ \& \ 0 < t \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{защход}(g, s, r) \ \& \ \text{следпотеря}(g, s, t))$$

После первого хода f возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на поле n дал бы мат чужому королю. Рассматривается ход s противника фигурой поля d на поле e , преобразующий позицию g в позицию A . В позиции A уже нельзя дать немедленный мат чужому королю, хотя ход b возможен. Для оценки потерь противника в позиции A при наличии угрожающего матом хода b используется приводимый ниже оператор "шахпотери". Из найденной оценки q вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля e .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "немат(g, b)". Отсутствует также пара посылок вида "смход(X, d, e)", "следпотеря(g, X, N)", где $t \leq N$. Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefgmnqrstvxAJKL}(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{король}(g, \neg c, J) \ \& \ \text{смход}(f, K, L) \ \& \ \text{полефигуры}(g, c, d) \ \& \ \text{ходфигуры}(g, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(g, d, e) \ \& \ \neg(\text{мат}(A, \neg c)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, p) \ \& \ (0 < p \vee \neg(\exists_z(\text{атакует}(A, e, J, z)))) \ \& \ \text{связход}(g, d, e, x) \ \& \ q = \max(-p, x) \ \& \ \neg(\text{возмход}(A, m, n)) \ \& \ \text{наибольший}(v, \text{set}_y(y = 0 \vee \exists_{ijk}(\text{полефигуры}(A, c, i) \ \& \ \text{атакует}(A, j, i, k) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, j, i, y)) \vee \exists_{uvwBCDEF}(\text{нападение}(A, r, u, w) \ \& \ B = \text{Ход}(A, u, w) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, w, C) \ \& \ 0 \leq C \ \& \ \neg(u = m) \ \& \ \text{атакует}(B, m, D, E) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, m, D, F) \ \& \ 0 < F \ \& \ \neg(\exists_{GH}(\text{защитнход}(B, m, D, G, H)))) \ \& \ y = F) \vee \exists_{MNPQRST}(\text{атакует}(A, L, M, N) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(A, M) \ \& \ \neg(M = e) \ \&$$

ценазащиты(A, M, P) & $0 \leq P$ & нападение(A, e, Q, R) & $\neg(Q = L)$ &
 $S = \text{Ход}(A, Q, R)$ & ценазащиты(S, e, T) & $T < 0$ &
 ценадвойнатаки(S, R, e, L, M, y))) & $t = \max(v, q)$ – ценаполя(g, e) &
 $0 < t \rightarrow \text{смход}(s, d, e)$ & защход(g, s, r) & следпотеря(g, s, t)

После первого хода f своей фигуры поля K на поле L возникла позиция g , для которой имеется указание, что если бы противник пропустил ход, то ход b своей фигуры поля m на поле n дал бы мат чужому королю. Рассматривается ход s противника фигурой поля d на поле e , преобразующий позицию g в позицию A . В позиции A уже нельзя дать немедленный мат чужому королю, а ход b невозможен. Либо степень защищенности p фигуры e положительна, либо она не атакует короля. Это условие нужно, чтобы отбросить шахи, не устраняющие угрозу мата, а лишь откладывающие ее. Определяется оценка x побочных потерь противника от хода s . В качестве предварительной оценки его потерь берется величина q , равная $\max(-p, x)$. Далее рассматривается максимум v оценок выигрыша от различных действий в позиции A . Во - первых, перечисляются всевозможные ходы взятия фигур противника в этой позиции. Во - вторых, находятся ходы фигурой, отличной от m , атакующие чужого короля, причем такие, что сделавшая ход фигура оказывается защищенной, а фигура m атакует чужую фигуру с положительной оценкой выигрыша и без вариантов у противника защититься от этой атаки. В - третьих, если своя фигура L атакует фигуру отличного от e поля M , более ценную, чем пешка и имеющую неотрицательную степень защищенности, то рассматривается ход своей фигурой отличного от L поля Q на поле R , атакующий фигуру e . После этого хода позиция A преобразуется в позицию S где степень защищенности фигуры e отрицательная. Оценка выигрыша в позиции S находится при помощи оператора "ценадвойнатаки", учитывающего как нападение R на e , так и нападение L на M . В качестве окончательной положительной оценки выигрыша t берется максимум величин q, v , из которого вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля e . Делаются выводы о том, что от угрозы мата возможно защититься, но при этом будут материальные потери в t единиц.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "немат(g, b)". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

- (e) После защищающего хода появляется возможность взять контроль над полем, с которого дается мат.

Этот и несколько последующих приемов предназначены для уточнения выполненного предыдущими приемами анализа угрозы мата.

$\forall_{abcdefghijklmnopqrstuvABC}(\text{смХод}(i, j, a)$ & защответ(h, r, j) & угрмат(i, k) &
 текцвет(a, b) & король($a, \neg b, c$) & нападение(a, c, d, e) & $A = \text{Ход}(a, d, e)$ &
 ценазащиты(A, e, n) & $n < 0$ & контрольполя(a, b, e, f, g) & $B = \text{Ход}(a, f, g)$
 & ценазащиты(B, g, v) & $0 \leq v$ & возмход(B, d, e) & ценазащиты(B, d, u)
 & $0 \leq u$ & $C = \text{Ход}(B, d, e)$ & Мат($C, \neg b$) & атакует(B, g, p, q) &
 $\neg(e = p)$ & ценавзятия(B, g, p, m) & $0 < m$ &

ценаполя(a, f) < ценаполя(B, p) \rightarrow смход(s, f, g) & смХод(a, s, B) & смход(t, d, e) & угрмат(B, t) & текцвет($B, -b$)

При анализе угрозы мата чужому королю ходом k в позиции i , возникшей после некоторого первого хода, сделанного в исходной позиции h , была обнаружена возможность предовратить угрозу мата ходом j . Этот ход преобразовал позицию i в позицию a . В ней рассматривается ход t своей фигурой поля d на поле e , атакующий чужого короля. После этого хода степень защищенности фигуры e отрицательная. Тогда, все в той же позиции a , рассматривается ход s своей фигурой поля f на поле g , берущий под контроль поле e . Данный ход преобразует позицию a в позицию B , где степени защищенности фигур g, d неотрицательны. Ход t в позиции B возможен и дает мат чужому королю. Кроме того, в позиции B фигура g атакует некоторую более ценную фигуру поля p , отличного от e , а оценка выигрыша от взятия положительна. В данной ситуации усматривается новая угроза мата, возникающего после защитного хода j . Она анализируется стандартным образом, а по окончании всего цикла и усмотрения выигрыша от данной угрозы произойдет переоценка хода j . Посылка "защответ(h, r, j)" будет удалена, а вместо нее введена посылка "следпотеря(...)", указывающая величину потерь после хода j . Эту работу проделают описываемые далее приемы.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новые переменные s, t . Для сохранения матрицы позиции B используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 3.

- (f) После защищающего хода и потери одного коня можно воспользоваться вторым конем для выхода на поле, с которого будет осуществляться атака на короля.

$\forall_{abhi jkmnpqrsA}$ (смХод(i, j, a) & защответ(h, r, j) & угрмат(i, k) & текцвет(a, b) & смход(k, n, p) & смход(j, q, n) & конь(i, b, n) & конь(a, b, m) & возмход(a, m, n) & $A =$ Ход(a, m, n) \rightarrow смход(s, m, n) & смХод(a, s, A) & угрмат(A, k) & текцвет($A, -b$))

При анализе угрозы мата чужому королю ходом k в позиции i , возникшей после некоторого первого хода, сделанного в исходной позиции h , была обнаружена возможность предовратить угрозу мата ходом j . Ход k передвигал своего коня с поля n на поле p , а ходом j этот конь был взят. После хода j возникла позиция a . В ней свой конь поля m может сделать ход s на поле n . Прием выводит посылки, подтверждающие сохранение угрозы мата ходом k после хода s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 3.

- (g) Уточнение типа угрозы мата при вторичной атаке на короля.

$$\forall_{efghij}(\text{смХод}(e, g, h) \ \& \ \text{немат}(e, f) \ \& \ \text{смХод}(h, i, j) \ \& \ \text{угрмат}(j, f) \rightarrow \text{уточнмат}(j, f))$$

Если введены посылки, указывающие на угрозу мата при вторичной атаке на короля, то выводится посылка "уточнмат". Она активизирует попытку усмотрения сопровождающей характеристики "немат".

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 1.

(h) Уточнение потерь после дополнительного анализа.

$$\forall_{abcdefghm}(\text{смХод}(a, b, c) \ \& \ \text{выигрыш}(c, g, m) \ \& \ \text{смХод}(d, e, a) \ \& \ \text{защответ}(d, e, b) \ \& \ \text{возмзащита}(d, e, f) \ \& \ \text{угрмат}(a, h) \rightarrow \text{следпотеря}(a, b, m))$$

После хода e своей фигурой, переводящего исходную позицию d в позицию a и создающего угрозу мата ходом h , противник ответил ходом b , предотвратившим угрозу мата. После этого возникла позиция c . В ней была усмотрена новая угроза мата, и анализ продолжался. После цикла рассмотрения ходов появилась посылка, указывающая на выигрыш в m единиц, достигаемый в позиции c . Тогда указание на возможность защититься от хода e ходом b удаляется и вводится посылка "следпотеря", оценивающая потери от хода b .

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Посылки "возмзащита" и "защответ" удаляются. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefghijklmnoprsAB}(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{защответ}(a, f, s) \ \& \ \text{смХод}(g, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{возмзащита}(a, f, r) \ \& \ \text{смход}(b, m, n) \ \& \ \text{возмход}(A, m, n) \ \& \ B = \text{Ход}(A, m, n) \ \& \ \text{наименьший}(k, \text{set}_x(x = 100 \vee \exists_{hipC}(\text{полефигуры}(B, c, h) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, h, i) \ \& \ C = \text{Ход}(B, h, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, i, p) \ \& \ x = -p - \text{ценаполя}(B, i)))) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{следпотеря}(g, s, k))$$

После хода f своей фигурой, переводящего исходную позицию a в позицию g и создающего угрозу мата ходом b , противник ответил ходом s , предотвратившим угрозу мата. После этого возникла позиция A . В ней ход b по-прежнему возможен и дает позицию B . Находится положительный минимум k оценок проигрышей противника по всем его возможным ходам в позиции B . Каждая такая оценка - взятая со знаком минус степень защищенности фигуры, сделавшей ход, из которой вычитается ценность фигуры, взятой при данном ходе. Указание на возможность защититься от хода f ходом s удаляется и вводится посылка "следпотеря", оценивающая потери от хода s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые восемь антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Посылки "возмзащита" и "защответ" удаляются. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefg hijknqr su ABCD} (\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(b, k, n) \ \& \\ \text{защответ}(a, f, s) \ \& \ \text{смХод}(g, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{возмзащита}(a, f, r) \\ \& \ \text{король}(A, c, q) \ \& \ \text{полефигуры}(A, \neg c, d) \ \& \ \neg(d = k) \ \& \\ \text{шахфигура}(A, d) \in \{\text{ферзь, ладья, слон}\} \ \& \ \text{атакует}(A, d, h, i) \ \& \\ \text{разделяет}(h, d, j) \ \& \ B = \text{шахудаление}(A, h) \ \& \ \text{нападение}(B, q, u, j) \ \& \\ u = d \ \& \ C = \text{Ход}(B, d, j) \ \& \ \text{форсмат}(C, c, 1) \ \& \ \text{возмход}(A, d, h) \ \& \\ D = \text{Ход}(A, d, h) \ \& \ \text{фиксмат}(D, c, h, 4) \rightarrow \text{следпотеря}(g, s, 100))$$

После хода f своей фигурой, переводящего исходную позицию a в позицию g и создающего угрозу мата ходом b своей фигуры поля k , противник ответил ходом s , предотвратившим угрозу мата. После этого возникла позиция A . В этой позиции своя линейная фигура поля d , отличного от k , атакует фигуру поля h . Эта фигура заслоняет от d поле j , с которого она могла бы дать шах. Если удалить фигуру h , то такой шах обеспечивает форсированный мат. Рассматривается ход взятия фигурой d фигуры h и проверяется, что оператор "фиксмат" усматривает, что после него фигура h дает мат не более чем за 4 хода. Указание на возможность защититься от хода f ходом s удаляется и вводится посылка "следпотеря", оценивающая потери от хода s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые семь антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Посылки "возмзащита" и "защответ" удаляются. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefg hijk pqrstuvw ABDEF} (\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{смход}(f, p, q) \ \& \\ \text{защответ}(a, f, s) \ \& \ \text{смХод}(g, s, A) \ \& \ \text{смход}(s, t, v) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \\ \text{возмзащита}(a, f, r) \ \& \ \text{услугрмат}(a, d, e) \ \& \ \text{атакует}(A, h, d, i) \ \& \\ B = \text{Ход}(A, h, d) \ \& \ w = \text{set}_z(\exists_{xy} C(\text{полефигуры}(B, c, x) \ \& \\ \text{ходфигуры}(B, x, y) \ \& \ C = \text{Ход}(B, x, y) \ \& \ \neg(\text{Форсмат}(C, \neg c, 3)) \ \& \\ z = (x, y))) \ \& \ \text{card}(w) = 1 \ \& \ u \in w \ \& \ u = (j, k) \ \& \ D = \text{Ход}(B, j, k) \ \& \\ \text{ценапозиции}(D, \neg c, E) \ \& \ F = E + \text{ценаполя}(a, q) + \text{ценаполя}(A, d) - \\ \text{ценаполя}(g, v) - \text{ценаполя}(B, k) \ \& \ 0 < F \rightarrow \text{следпотеря}(g, s, F))$$

После хода f своей фигурой, переводящего исходную позицию a в позицию g и создающего угрозу мата ходом b , противник ответил ходом s , предотвратившим угрозу мата. После этого возникла позиция A . Среди посылок имеется указание, что при удалении чужой фигуры поля d некоторый ход в исходной позиции a приводит к мату чужому королю. В позиции A фигура d сохраняет свое положение и атакована фигурой поля h . После ее взятия возникает позиция B . Находится список w всех ходов противника в позиции B , после которых он не получает форсированного мата. Этот список оказывается состоящим из единственного хода u . Рассматривается позиция D после хода u , и определяется оценка E выигрыша при взятии какой-либо фигуры противника в этой позиции. Эта оценка корректируется с учетом предшествующих разменов. При получении положительного значения F указание на возможность защититься ходом s удаляется, и вводится посылка "следпотеря", оценивающая потери от этого хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые девять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа".

зателем "программа". Посылки "возмзащита" и "защответ" удаляются. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall abcdefghijpqrsuAB(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{текцвет}(g, c) \ \& \ \text{король}(g, c, r) \ \& \ \text{защход}(g, s, r) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{следпотеря}(g, s, t) \ \& \ A = \text{Ход}(g, d, e) \ \& \ \text{услугрмат}(a, h, i) \ \& \ \text{смход}(f, p, q) \ \& \ \text{атакует}(A, j, h, u) \ \& \ B = \text{Ход}(A, j, h) \ \& \ \text{Форсмат}(B, \neg c, 3) \rightarrow \text{следпотеря}(g, s, 100))$$

После хода f своей фигурой, переводящего исходную позицию a в позицию g и создающего угрозу мата ходом b , противник ответил ходом s , предотвращающим угрозу мата, но приводящим к потерям в t единиц, где $t < 9$. Имелось указание, что при удалении в исходной позиции a фигуры поля h некоторый ход дает мат чужому королю. В позиции A , полученной после ходов f, s , фигура h находится на прежнем месте и атакована фигурой поля j . После взятия ее противник получает форсированный мат в не более чем 3 хода. Тогда оценка t заменяется на 100.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также антецеденты с пятого по седьмой, а также девятый и десятый идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall abcdefghimprsvABC(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{защответ}(a, f, s) \ \& \ \text{возмзащита}(a, f, r) \ \& \ \text{смХод}(g, s, A) \ \& \ \text{смход}(b, c, d) \ \& \ \text{нападение}(A, d, h, i) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, i, v) \ \& \ 0 < v \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{король}(B, \neg e, m) \ \& \ \text{нападение}(B, m, p, q) \ \& \ C = \text{Ход}(B, p, q) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg e) \ \& \ \neg(\text{разрушмат}(B, p, q)) \ \& \ \neg(\text{Форсмат}(B, \neg e, 2)) \rightarrow \text{следпотеря}(g, s, 100))$$

После хода f своей фигурой, переводящего исходную позицию a в позицию g и создающего угрозу мата ходом b на поле d , противник ответил ходом s , предотвратившим угрозу мата. После этого возникла позиция A . В ней ход своей фигуры поля h на поле i атакует чужую фигуру поля d . После него получается позиция B , где степень защищенности фигуры i положительная. В позиции B , если противник пропускает ход, то ход своей фигурой поля p на поле q дает мат чужому королю. Оператор "разрушмат" не усматривает возможности предотвратить этот мат, а оператор "Форсмат" не усматривает возможности у противника дать форсированный мат. Указание на возможность защититься от хода f ходом s удаляется и вводится посылка "следпотеря", оценивающая потери от хода s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые шесть антецедентов и одиннадцатый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Посылки "возмзащита" и "защответ" удаляются. Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall abcdefghijkmpqsuvABC(\text{смХод}(a, f, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, b) \ \& \ \text{защход}(g, s, u) \ \& \ \text{смход}(s, j, k) \ \& \ A = \text{Ход}(g, j, k) \ \& \ \text{смход}(b, c, d) \ \& \ \text{нападение}(A, d, h, i) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, i, v) \ \& \ 0 < v \ \& \ \text{текцвет}(a, e) \ \& \ \text{король}(B, \neg e, m) \ \& \ \text{нападение}(B, m, p, q) \ \& \ C = \text{Ход}(B, p, q) \ \& \ \text{Мат}(C, \neg e) \ \& \ \neg(\text{разрушмат}(B, p, q)) \ \& \ \neg(\text{Форсмат}(B, \neg e, 2)) \rightarrow \text{следпотеря}(g, s, 100))$$

Аналогично предыдущему, но вместо посылки "защответ", указывавшей на возможность защититься от угрозы мата без материальных потерь, рассматривается посылка "защход", относящаяся к случаю защиты с материальными потерями.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента, а также шестой и одиннадцатый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "следпотеря(g, s, N)", у которой $2 < N$. Уровень срабатывания равен 2.

- (i) Определение потерь, если после угрожающего хода возможна защита.

$$\forall_{afhijmpqrsA}(\text{угрмат}(j, f) \ \& \ \text{смХод}(h, i, j) \ \& \ \text{текцвет}(j, a) \ \& \ \text{смход}(f, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(j, p, q) \ \& \ \text{король}(A, a, r) \ \& \ \text{атакует}(A, q, r, s) \ \& \ \text{ценашаха}(A, q, r, m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{Ценашаха}(j, f, m))$$

Ход i своей фигурой перевел исходную позицию h в позицию j , для которой имеется указание об угрозе мата чужому королю ходом f . Этот ход переводит позицию j в позицию A , в которой чужой король атакован. Оператор "ценашаха" находит оценку m материального выигрыша от такого шаха, регистрируемую в посылке "Ценашаха(j, f, m)". Она характеризует потери противника, если им не будут предприняты активные действия против угрозы мата ходом f .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

- (j) Определение выигрыша нападающей стороны как минимального проигрыша по предотвращающим мат ходам обороняющейся стороны.

$$\forall_{acdegmnqs}(\text{смХод}(a, s, g) \ \& \ \text{угрмат}(g, c) \ \& \ \text{текцвет}(g, d) \ \& \ \text{король}(g, d, e) \ \& \ \text{смход}(c, m, n) \ \& \ \text{наименьший}(q, \text{set}_x(x = 100 \vee \text{посылка}(\text{Ценашаха}(g, c, x))) \vee \exists_y(\text{посылка}(\text{защход}(g, y, e)) \ \& \ \text{посылка}(\text{следпотеря}(g, y, x)))))) \ \& \ 0 < q \rightarrow \text{выигрыш}(a, s, q))$$

После анализа угрозы мата ходом c в позиции g , полученной из исходной позиции a ходом s , находится минимум q оценок потерь противника по возможным его ответам. Во-первых, учитывается оценка потерь при отсутствии активного противодействия, извлекаемая из посылки "Ценашаха". Во-вторых, просматриваются все предотвращающие угрозу мата ходы y и связанные с ними оценки потерь. Предварительно проверяется отсутствие посылки, указывающей на возможность защиты от угрозы мата, не связанной с потерями.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "возмзащита(a, s, f)". После срабатывания приема исключаются все содержащие переменную g посылки, не имеющие заголовка "смХод". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{acgs}(\text{смХод}(a, s, g) \& \text{угрмат}(g, c) \& \neg(\exists_{xyzuv}(\text{посылка}(\text{потеря}(a, x, y)) \& \text{посылка}(\text{защход}(g, z, u)) \& \text{посылка}(\text{следпотеря}(g, z, v)) \& v \leq y \& \neg(\exists_{pq}(\text{посылка}(\text{смход}(z, p, q)) \& q = x)))) \rightarrow \text{учетпотерь}(a, s))$$

Ход s приводил к позиции g , в которой усматривалась угроза мата. При анализе ее оказалось, что все побочные потери своих фигур либо не превосходят потерь противника, преодолевающего угрозу мата, либо уже учтены, так как ответные ходы противника заключались во взятии этих фигур. Выводится посылка "учетпотерь", которая будет приниматься во внимание при окончательном выборе хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, третий - выделен указателем "программа". Отсутствует посылка вида "возмзащита(a, s, N)". Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{acgs}(\text{смХод}(a, s, g) \& \text{угрмат}(g, c) \rightarrow \text{пассив}(g))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Имеется посылка "возмзащита(a, s, f)", означающая, что угрозу мата можно предотвратить без материальных потерь. Прием удаляет все послылки, содержащие обозначение g рассмотренной позиции и не имеющие заголовка "смХод". Выводимая посылка "пассив" другими приемами не используется. Уровень срабатывания равен 4.

4. Взятие чужой фигуры с угрозой мата.

$$\forall_{abcdefmnpqrsA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, r) \& q = \neg r \& \text{ферзь}(a, r, b) \& \text{сквознход}(a, b, c, d) \& \text{шахцвет}(a, d) = r \& \text{атакует}(a, d, e, f) \& A = \text{Ход}(a, d, e) \& \neg(\exists_{xyBC}(\text{атакует}(A, x, e, y) \& B = \text{Ход}(A, x, e) \& C = \text{Ход}(B, b, c) \& \neg(\text{Мат}(C, q)))) \& \exists_B(B = \text{Ход}(A, b, c) \& \text{Мат}(B, q)) \& m = \text{ценаполя}(a, f) \& \text{ценазащиты}(A, b, n) \& p = \min(m, n) \& 0 < p \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \& \text{выигрыш}(a, s, p))$$

Свой ферзь поля b контролировал бы поле c , если бы это поле не загоразивала своя фигура поля d . Эта фигура атакует фигуру поля e , и после взятия ее получается позиция A . В этой позиции ход ферзя на поле c дает мат чужому королю, причем любой ход взятия противником фигуры e с последующим ходом ферзем на c тоже дает мат. В качестве оценки проигрыша противника берется минимум из ценности фигуры e и степени защищенности ферзя в позиции A .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 6.

5. Усмотрение выигрыша при отходе фигурой, мешавшей созданию угрозы мата.

$$\forall_{afghijkprtxBF GJKLM}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, r) \& \text{король}(a, \neg r, f) \& \text{ладья}(a, r, g) \& p = \text{шахлин}(g, (1, 0)) \& \text{шахпереход}(f, (0, 1), p, h) \& \text{своботрезок}(a, f, h) \& \text{фигуралинии}(a, p, q) \& \text{шахцвет}(a, q) = r \& \text{разделяет}(q, g, h) \& \text{Своботрезок}(a, g, q) \& \text{Своботрезок}(a, q, h) \& \text{ходфигуры}(a, q, i) \& B = \text{Ход}(a, q, i) \& \text{мат}(B, r) \& M = \text{set}_H(\exists_{CDEI}(\text{полефигуры}(B, \neg r, C) \& \text{ходфигуры}(B, C, D) \&$$

$$E = \text{Ход}(B, C, D) \ \& \ \text{ценазащиты}(E, D, I) \ \& \ -5 < I + \text{ценаполя}(B, D) \ \& \\ \neg(\text{мат}(E, r)) \ \& \ H = (C, D)) \ \& \ M = \{x\} \ \& \ x = (J, K) \ \& \ F = \text{Ход}(B, J, K) \ \& \\ \text{возмход}(F, g, h) \ \& \ G = \text{Ход}(F, g, h) \ \& \ \text{атакует}(G, h, f, L) \ \& \\ \text{оценкашаха}(G, h, f, j) \ \& \ 0 < j \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, i) + \min(6, \text{ценаполя}(F, h) + j - \\ \text{ценаполя}(B, K)) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{смход}(t, q, i) \ \& \ \text{выигрыш}(a, t, k))$$

Своя ладья поля g могла бы сделать переход по горизонтали и атаковать чужого короля с поля h , если бы это поле не было от нее загорожено своей фигурой поля q . Рассматривается ход фигурой q на поле i , после которого получается позиция B . В этой позиции ход ладьей на поле h дает мат. Рассматривается множество M ходов противника в позиции B , не приводящих к немедленному мату и таких, что оценка потери от хода не более 6. Это множество оказывается состоящим из единственного хода - с поля J на поле K . После него возникает позиция F , где ход ладьей на поле h по-прежнему возможен и атакует короля. Он преобразует позицию F в G . Оператор "оценкашаха" находит положительную оценку j материальных потерь противника от шаха. К ней добавляется ценность взятой фигуры поля h и вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля K . Так как отбрасывались ответные ходы противника с его проигрышем, большим 6, то далее берется минимум из указанной суммы и 6. Наконец, прибавляется ценность (возможно) взятой фигуры поля i .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 2.

6. Усмотрение форсированного мата.

$$\forall_{abcdeA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{нападение}(a, c, d, e) \\ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{форсмат}(A, \neg b, 3) \rightarrow \text{ход}(d, e))$$

Рассматривается ход своей фигурой поля d на поле e , атакующий чужого короля, и проверяется, что после этого хода ему дается форсированный мат не более чем за 3 хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Проверяется, что если у противника остался только король, то число его возможных ходов меньше 3. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{abdpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, d) \ \& \ \text{ладья}(a, b, p) \ \& \\ \text{атакует}(a, p, q, s) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{атакует}(A, q, d, x))) \ \& \\ \exists_{er}(\text{нападение}(A, d, e, r) \ \& \ e = q) \ \& \ \text{фиксмат}(A, \neg b, q, 4) \rightarrow \text{ход}(p, q))$$

Своя ладья берет чужую фигуру, после чего возникает позиция A . В этой позиции ладья не атакует чужого короля, но может дать ему шах. Усматривается возможность форсированного мата чужому королю начиная с позиции A не более чем за 4 хода, причем активной фигурой, дающей мат, является ладья.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Имеется послылка с заголовком "услугмат". Уровень срабатывания равен 7.

7. Пакет продукций "шахпотери".

Обращение к оператору имеет вид "шахпотери(a, b, c, d, e)". Входные данные - позиция a , цвет b чужих фигур и ход своей фигуры поля c на поле d , приводивший к угрозе мата в позиции, предшествовавшей позиции a . Предполагая, что в позиции a ход делают свои фигуры, оператор присваивает выходной переменной e оценку наибольшей материальной потери противника. Сначала накопитель e инициализируется значением 0, а потом последовательно увеличивается в однократном цикле рассмотрения ходов. Все приемы, кроме приема выдачи результата, срабатывают на уровне 1.

(a) Непосредственное взятие чужой фигуры.

$$\forall_{abefhik}(\text{полефигуры}(a, b, f) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(a, f) \ \& \ \text{атакует}(a, h, f, i) \ \& \ \text{ценавзятия}(a, h, f, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ e < k \rightarrow e = k)$$

Своя фигура поля h атакует более ценную, чем пешка фигуру поля f . Оценка выигрыша от взятия k положительна.

(b) Вскрытое нападение после взятия чужой фигуры.

$$\begin{aligned} &\forall_{abeghkpqrsuvB}(\text{полефигуры}(a, b, g) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(a, g) \ \& \ \text{атакует}(a, r, g, h) \\ &\ \& \ \text{ценавзятия}(a, r, g, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ k < \text{ценаполя}(a, g) \ \& \ \text{блокатаки}(a, r, p, q) \\ &\ \& \ B = \text{Ход}(a, r, g) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, p, q, s) \ \& \ 0 < s \ \& \\ &\ \neg(\exists_z(\text{атакует}(B, q, g, z))) \ \& \ \text{наименьший}(u, \text{set}_x(x = s \vee \\ &\ \exists_{ijfC}(\text{атакует}(B, i, g, f) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, i, g, j) \ \& \ 0 < j \ \& \ C = \text{Ход}(B, i, g) \\ &\ \& \ \text{возмход}(C, p, q) \ \& \ \text{ценавзятия}(C, p, q, x))) \ \& \ 0 < u \ \& \\ &\ v = \min(\text{ценаполя}(a, g), u + k) \ \& \ e < v \rightarrow e = v) \end{aligned}$$

Своя фигура поля r атакует отличную от пешки чужую фигуру поля g . Оценка k материального выигрыша при ее взятии меньше ценности взятой фигуры. После хода возникает позиция B , где своя фигура поля p атакует фигуру поля q , до этого заслоненную от нее фигурой r . Оценка s материального выигрыша от взятия фигуры q , в предположении пропуска хода противника, положительна. Фигура q не атакует в позиции B фигуру g . Рассматриваются всевозможные ходы взятия противником фигуры g в позиции B , и находится минимум u выигрышей от взятия после таких ходов фигуры q фигурой p . Этот минимум положителен, и далее проигрыш противника оценивается как минимум из ценности чужой фигуры поля g , взятой первым ходом, и суммы $u + k$.

(c) Усмотрение неизбежного мата.

$$\begin{aligned} &\forall_{abefhrB}(\text{король}(a, b, r) \ \& \ \text{нападение}(a, r, f, h) \ \& \ B = \text{Ход}(a, f, h) \ \& \\ &\ \neg(\exists_{xyC}(\text{полефигуры}(B, b, x) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, x, y) \ \& \ C = \text{Ход}(B, x, y) \ \& \\ &\ \neg(\text{мат}(C, \neg b)))) \rightarrow e = 100) \end{aligned}$$

Существует такой атакующий чужого короля ход, что после любого ответного хода ставится мат.

(d) Шах с простой вилкой.

$$\begin{aligned} &\forall_{abefghikmprB}(\text{король}(a, b, r) \ \& \ \text{нападение}(a, r, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \\ &\ \text{ценазащиты}(B, h, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{атакует}(B, h, i, f) \ \& \ \neg(i = r) \ \& \\ &\ \text{ценазащиты}(B, i, k) \ \& \ k < 0 \ \& \ p = \min(m, -k) \ \& \ e < p \rightarrow e = p) \end{aligned}$$

Ход своей фигурой с поля g на поле h атакует чужого короля и одновременно - чужую фигуру поля i . После хода возникает позиция A , где степень m защищенности фигуры h положительная, а степень k защищенности фигуры i отрицательна. В качестве оценки выигрыша берется минимум из m и $-k$.

- (e) Шах со вскрытым нападением.

$$\forall_{abefghrtuvB}(\text{король}(a, b, r) \ \& \ \text{нападение}(a, r, g, h) \ \& \ B = \text{Ход}(a, g, h) \ \& \ \text{блокатаки}(a, g, t, f) \ \& \ \text{наименьший}(u, \text{set}_x(x = 100 \vee \exists_{ijkpC}(\text{полефигуры}(B, b, i) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, i, j) \ \& \ C = \text{Ход}(B, i, j) \ \& \ \text{ценавзятия}(C, t, f, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, j, k) \ \& \ x = \max(-k, p) - \text{ценаполя}(B, j)))) \ \& \ 0 < u \ \& \ v = u + \text{ценаполя}(a, h) \ \& \ e < v \rightarrow e = v)$$

Ход своей фигурой поля g на поле h атакует чужого короля и одновременно вскрывает нападение своей фигурой поля t на фигуру поля f . Находится наименьшая оценка u потерь противника по всем его ответным ходам. Учитываются выигрыш от взятия фигуры f , степень защищенности сделавшей ход фигуры и ценность (возможно) взятой этим ходом фигуры. Далее к u прибавляется ценность (возможно) взятой первым ходом фигуры поля h .

- (f) Потери после хода, создававшего угрозу мата.

$$\forall_{abcdeuB}(\text{возмход}(a, c, d) \ \& \ B = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{наименьший}(u, \text{set}_y(y = 100 \vee \exists_{ijpqC}(\text{полефигуры}(B, b, i) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, i, j) \ \& \ C = \text{Ход}(B, i, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, j, p) \ \& \ q = -\text{ценаполя}(B, j) - p \ \& \ y = (100 \text{ при } q < 5 \ \& \ \text{мат}(C, -b), \text{ иначе } q)))) \ \& \ 0 < u \ \& \ e < u \rightarrow e = u)$$

Представляющий угрозу мата ход возможен. После него получается позиция B . Здесь рассматриваются всевозможные ответные ходы противника. Для каждого хода оценивается его проигрыш. Находится результат q вычитания из взятой со знаком минус степени защищенности фигуры, сделавшей ход, ценности (возможно) взятой этим ходом фигуры. Если $q < 5$ и следующим ходом противник получает мат, то в качестве оценки проигрыша берется значение 100, иначе - сохраняется q . По окончании просмотра ответных ходов определяется минимум u оценок проигрыша.

$$\forall_{abcdefgghkmnruvwBCD}(\text{возмход}(a, c, d) \ \& \ B = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ w = \text{set}_z(\exists_{xy}(\text{полефигуры}(B, b, x) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, x, y) \ \& \ z = (x, y))) \ \& \ \text{card}(w) = 1 \ \& \ r \in w \ \& \ r = (u, v) \ \& \ \neg(v = d) \ \& \ C = \text{Ход}(B, u, v) \ \& \ \text{король}(C, b, f) \ \& \ \text{нападение}(C, f, g, h) \ \& \ \neg(g = d) \ \& \ D = \text{Ход}(C, g, h) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, h, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ \text{ценашаха}(D, h, f, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = n + \text{ценаполя}(a, d) + \text{ценаполя}(C, h) - \text{ценаполя}(B, v) \ \& \ 0 < m \ \& \ e < m \rightarrow e = m)$$

Представляющий угрозу мата ход с поля c на поле d возможен. После него получается позиция B . Здесь имеется единственный ответный ход - с поля u на отличное от d поле v . Этот ход дает позицию C . В ней ход с поля g , отличного от d , на поле h , атакует чужого короля. Степень защищенности сделавшей ход фигуры положительна. Оператор "ценашаха" определяет оценку выигрыша от данного шаха, которая корректируется с учетом предшествующих разменов.

(g) Выдача результата.

По окончании просмотра перечисленных выше приемов, на уровне 2 выдается результат e .

3.5.12 Развязывание фигуры

1. Связка своей фигуры.

В подразделе собраны приемы, анализирующие имеющиеся в текущей позиции связки своих фигур и выводящие характеризующие их посылки. Эти посылки используются другими приемами, в частности, рассмотренными выше.

(a) Усмотрение связки со своим королем.

$$\forall_{abcde}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{король}(a, b, e) \rightarrow \text{шахсвязка}(a, c, d, e))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

(b) Усмотрение связки со своим ферзем.

$$\forall_{abcde}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{ферзь}(a, b, e) \rightarrow \text{шахсвязка}(a, c, d, e))$$

Аналогично предыдущему. Дублирование приема объясняется тем, что последняя посылка выделена указателем "программа", и стандартные указатели ГЕНОЛОГа, допускающие варьирование заголовка, здесь неприменимы.

(c) Усмотрение связки со своей ладьей.

$$\forall_{abcde}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{ладья}(a, b, e) \rightarrow \text{шахсвязка}(a, c, d, e))$$

Аналогично предыдущему.

(d) Усмотрение связки со своим слоном или конем.

$$\forall_{abcde}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{слон}(a, b, e) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, e, x) \ \& \ \neg(x = c))) \rightarrow \text{шахсвязка}(a, c, d, e))$$

$$\forall_{abcde}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{конь}(a, b, e) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, e, x) \ \& \ \neg(x = c))) \rightarrow \text{шахсвязка}(a, c, d, e))$$

Аналогично предыдущему, но условие вывода посылки несколько ослаблено - проверяется, что загораживаемая фигура не защищена.

(e) Развязка связанной фигуры путем отхода.

$$\forall_{abcdepsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, c, d) \ \& \ \text{связнападение}(a, b, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, d, p) \ \& \ \neg(\text{опаснход}(a, d, p)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, p) \ \& \ \neg(\text{шахсвязка}(A, b, c, p)) \rightarrow \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, s, b))$$

Своя фигура поля b заслоняет свою фигуру поля d от нападения на нее фигуры поля c . Вместе с тем, фигура b атакует фигуру поля e . Рассматривается ход фигуры d на поле p , развязывающий фигуру b и не приводящий к побочным потерям. Он выделяется посылкой "шахразвязка".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 3.

- (f) Развязка связанной фигуры путем заслона.

$$\forall_{abcdepqsa}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, c, d) \ \& \ \text{связнападение}(a, b, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, e) \ \& \ \text{защита}(A, d, c, p, q) \ \& \ \neg(\text{опаснход}(a, p, q)) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(a, x, e, y) \ \& \ \text{разделяет}(q, x, y))) \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{шахразвязка}(a, s, b))$$

Своя фигура поля b заслоняет свою фигуру поля d от нападения на нее фигуры поля c . Вместе с тем, фигура b атакует фигуру поля e . Рассматривается ход своей фигуры отличного от b поля p на поле q , отделяющий фигуру c от фигуры d и не приводящий к побочным потерям. Этот ход не загораживает фигуру e от атак своими фигурами. Он выделяется посылкой "шахразвязка".

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

- (g) Усмотрение нападающего хода, являющегося одновременно развязывающим.

$$\forall_{abcdefmpq}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, m) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, b, c, d) \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = m \ \& \ \text{шахнападение}(a, p, q) \ \& \ \text{смход}(p, e, f) \ \& \ \text{разделяет}(f, c, d) \ \& \ \neg(\text{опаснход}(a, e, f)) \rightarrow \text{шахразвязка}(a, p, b))$$

Своя фигура поля b заслоняет свою фигуру поля d от нападения на нее фигуры поля c . Уже выделен ход p своей фигуры поля e , отличного от полей b, d , на поле f , нападающий на фигуру поля q и не приводящий к побочным потерям. Поле f расположено между полями c, d . Ход p выделяется посылкой "шахразвязка".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента, а также пятый и шестой антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 3.

- (h) Выделение хода, развязывающего вилку, при котором противная сторона имеет возможность сделать шах.

$$\forall_{abcdemnpqsuvAB}(\text{связнападение}(a, b, c) \ \& \ \text{связнападение}(a, b, d) \ \& \ \text{шахразвязка}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{король}(A, n, e) \ \& \ \text{нападение}(A, e, u, v) \ \& \ B = \text{Ход}(A, u, v) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, v, m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{возмшах}(a, s))$$

Фигура поля b , атакующая одновременно фигуры полей c и d , связана - загораживает свою фигуру от нападения чужой. Выделен ход s , развязывающий фигуру b . После этого хода противник имеет возможность дать

шах, причем степень защищенности атакующей короля фигуры будет неотрицательной. Выводится посылка "смшах", представляющая собой дополнительную характеристику развязывающего хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 5.

2. Связка чужой фигуры.

(a) Усмотрение связки с чужим королем.

$$\forall abcde(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, e) \rightarrow \text{шахсвязка}(a, c, d, e))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

(b) Усмотрение связки с чужим ферзем.

$$\forall abcde(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{ферзь}(a, \neg b, e) \rightarrow \text{шахсвязка}(a, c, d, e))$$

Аналогично предыдущему.

(c) Усмотрение связки с чужой ладьей.

$$\forall abcde(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg b, c) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{ладья}(a, \neg b, e) \rightarrow \text{шахсвязка}(a, c, d, e))$$

Аналогично предыдущему.

(d) Усмотрение хода, атакующего чужую связанную фигуру.

$$\forall abcdenpqsa(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ (\text{король}(a, \neg b, e) \vee \text{ферзь}(a, \neg b, e) \vee \text{ладья}(a, \neg b, e)) \ \& \ \text{нападение}(a, c, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{связход}(a, p, q, n) \ \& \ n \leq 0 \ \& \ \neg(\exists_{xyz}(\text{атакует}(A, x, q, y) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, x, q, z) \ \& \ 0 < z)) \ \& \ \neg(\exists_u(\text{атакует}(a, p, c, u))) \ \& \ (\neg(\text{шахфигура}(a, d) = \text{ферзь}) \vee \neg(\text{шахфигура}(a, e) = \text{ладья}) \vee \neg(\exists_f(\text{защищает}(a, e, f)))) \ \& \ \neg(\exists_v(\text{защищает}(A, c, v) \ \& \ \text{ценаполя}(A, v) < \text{ценаполя}(A, q) \ \& \ \neg(\exists_{tw}(\text{атакует}(A, t, c, w) \ \& \ \text{ценаполя}(A, t) \leq \text{ценаполя}(A, v)))))) \rightarrow \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{нападсвязка}(a, s, c, e))$$

Чужая фигура поля c заслоняет чужую фигуру поля e , не менее ценную, чем ладья, от нападения на нее фигуры поля d . Рассматривается ход s своей фигурой поля p на поле q , атакующий ранее не атакowaną ею фигуру c и не приводящий к побочным потерям. После него возникает позиция A . В ней отсутствует чужая фигура, атакующая фигуру q с положительной оценкой выигрыша при взятии. Либо фигура поля e ничем не защищена, либо ее ценность не меньше ценности фигуры d . Отсутствует такая защищающая фигуру c фигура поля v , что ценность ее меньше ценности фигуры q , причем отсутствует атакующая в позиции A фигуру c фигура, ценность которой не более ценности v . Ход s выделяется посылкой "нападсвязка".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 3.

Далее идет группа приемов, связанных с оценкой материального выигрыша за счет развязывания своей фигуры. Сначала приводится прием, выделяющий некоторый развязывающий ход, затем - приемы, оценивающие потери противника при различных ответных ходах, и в конце - прием, выводящий итоговую оценку выигрыша.

3. Усмотрение развязывающего хода.

$$\forall_{abcdefghijklmnopsvAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{шахсвязка}(a, c, d, e) \ \& \ \text{шахцвет}(a, c) = b \ \& \ \text{разделяет}(f, d, e) \ \& \ \neg(c = f) \ \& \ \text{ходкполю}(a, f, b, g) \ \& \ \neg(g = e) \ \& \ \neg(g = c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, g, f) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, f, p) \ \& \ 0 < p \ \& \ \text{ходфигуры}(A, c, h) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, h) \ \& \ \text{атакует}(B, h, i, u) \ \& \ \text{атакует}(B, h, j, v) \ \& \ \neg(i = j) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, h, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(B, i) \ \& \ 1 < \text{ценаполя}(B, j) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, i, m) \ \& \ m < 0 \ \& \ \text{ценазащиты}(B, j, k) \ \& \ k < 0 \rightarrow \text{смход}(s, g, f) \ \& \ \text{Шахразвязка}(a, s, c) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{угрвилки}(A, c, h, i, j))$$

Своя фигура поля c заслоняет свою фигуру поля e от нападения на нее фигуры поля d . Рассматривается ход s своей фигурой поля g , отличного от c и e , на поле f , расположенное между d, e . После него получается позиция A , в которой степень защищенности фигуры f положительная. Далее рассматривается поле h , на которое фигура c в позиции A может сделать ход таким образом, что будет атаковать одновременно фигуры полей i, j , более ценные, чем пешка. После данного хода возникает позиция B , где степень защищенности фигуры h положительна, а фигур i, j - отрицательна. Ход s выделяется для дальнейших рассмотрений посылками "Шахразвязка" и "угрвилки".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует пара посылок вида "выигрыш(a, X, N)", "смход(X, g, f)". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 4.

4. Рассмотрение вариантов отхода фигуры.

$$\forall_{acdefhstA}(\text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{Шахразвязка}(a, s, c) \ \& \ \text{угрвилки}(A, c, h, d, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, d, f) \rightarrow \text{смход}(t, d, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(A, t, d))$$

$$\forall_{acdefhstA}(\text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{Шахразвязка}(a, s, c) \ \& \ \text{угрвилки}(A, c, h, d, e) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, e, f) \rightarrow \text{смход}(t, e, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(A, t, e))$$

После хода s , развязывающего свою фигуру поля c , возникла позиция A . Имеется указание на угрозу вилки ходом своей фигуры поля c на поле h . Выделяется для рассмотрения отход одной из фигур, атакуемых данной вилкой.

Приемы имеют заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "программа". Точка привязки расположена во втором антецеденте. Прием вводит

новую переменную t . Для однократного перечисления всех вариантов отхода используется указатель "цикл". Продолжение сканирования будет выполняться лишь после вывода всех посылок, указывающих такие варианты. Уровень срабатывания равен 3.

$$\forall_{acdefhstA}(\text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{Шахразвязка}(a, s, c) \ \& \ \text{угрвилки}(A, c, h, d, e) \ \& \ \text{Полефигуры}(A, h) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, h, f) \rightarrow \text{смход}(t, h, f) \ \& \ \text{отходфигуры}(A, t, h))$$

Аналогично предыдущему, но отход осуществляется фигурой поля h , которая была бы взята при создании вилки.

5. Определение потерь при отходе.

$$\forall_{abcdefghijmnpstuvwAB}(\text{Шахразвязка}(a, s, c) \ \& \ \text{смход}(s, u, v) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{угрвилки}(A, c, h, d, e) \ \& \ \text{отходфигуры}(A, t, w) \ \& \ \text{смход}(t, b, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, f) \ \& \ \text{полефигуры}(B, p, i) \ \& \ \text{атакует}(B, i, g, j) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, i, g, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = \text{ценаполя}(a, v) + n - \text{ценаполя}(A, f) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(A, t, m))$$

После хода s своей фигуры поля u на поле v , развязывающего свою фигуру поля c , возникла позиция A . Имеется указание на угрозу вилки ходом своей фигуры поля c на поле h . Выделен для рассмотрения ход t противника, отводящего в позиции A свою фигуру поля b на поле f . После него получается позиция B . В позиции B рассматривается какой-либо ход взятия чужой фигуры, дающий положительную оценку n материального выигрыша. После учета предшествующих разменов получается положительная оценка m выигрыша при ответе на ход t .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые семь antecedентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки вырана в шестом antecedенте. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdefghijmnpstuvwAB}(\text{Шахразвязка}(a, s, c) \ \& \ \text{смход}(s, u, v) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{угрвилки}(A, c, h, d, e) \ \& \ \text{отходфигуры}(A, t, w) \ \& \ \text{смход}(t, b, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, f) \ \& \ \text{король}(B, \neg p, r) \ \& \ \text{нападение}(B, r, i, j) \ \& \ C = \text{Ход}(B, i, j) \ \& \ \text{ценашаха}(C, j, r, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ m = \text{ценаполя}(a, v) + n - \text{ценаполя}(A, f) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{следпотеря}(A, t, m))$$

После хода s своей фигуры поля u на поле v , развязывающего свою фигуру поля c , возникла позиция A . Имеется указание на угрозу вилки ходом своей фигуры поля c на поле h . Выделен для рассмотрения ход t противника, отводящего в позиции A свою фигуру поля b на поле f . После него получается позиция B . В позиции B рассматривается какой-либо ход, атакующий чужого короля, для которого оператор "ценашаха" дает положительную оценку выигрыша n . После учета предшествующих разменов получается положительная оценка m выигрыша при ответе на ход t .

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

6. Определение выигрыша нападающей стороны как минимального проигрыша по ответным ходам обороняющейся стороны.

$$\begin{aligned} & \forall_{abpq} (\text{смХод}(a, s, b) \ \& \ \text{Шахразвязка}(a, s, p) \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{посылка}(\text{отходфигуры}(b, x, y)) \ \& \ \neg(\exists_z(\text{посылка}(\text{следпотеря}(b, x, z)))))) \\ & \ \& \ \text{наименьший}(q, \text{set}_w(\exists_{uv}(\text{посылка}(\text{отходфигуры}(b, u, v)) \ \& \\ & \ \text{посылка}(\text{следпотеря}(b, u, w)))))) \ \& \ 0 < q \rightarrow \text{выигрыш}(a, s, q)) \end{aligned}$$

Для выделенного хода s , развязывающего свою фигуру поля p , был предпринят анализ возможных ходов противника, отводящего свои атакуемые фигуры, и для каждого такого хода выведена посылка, указывающая оценку потерь противника. Находится минимум q этих оценок, после чего регистрируется указание на выигрыш в q единиц, обеспечиваемый ходом s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана во втором антецеденте. Отсутствует посылка с заголовком "одинкороль". Уровень срабатывания равен 4.

3.5.13 Превращение пешки в фигуру

Заметим, что по умолчанию пешка всегда превращается в ферзя. Чтобы она превратилась в другую фигуру при рассмотрении вспомогательной позиции, используется указатель "новфигура($K t$)", где K - указатель вхождения в теорему приема подвыражения "Ход(...)", t - тип новой фигуры. Если имеется в виду превращение пешки после выбора хода, то в консеквенте теоремы приема добавляется терм "новфигура(t)".

1. Превращение пешки в фигуру.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdfhna} (\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{пешка}(a, n, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \\ & \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{следполе}(b, h, d) \ \& \ \text{возмход}(a, b, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, d) \\ & \ \& \ \text{атакует}(A, d, c, f) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{защита}(A, c, d, x, y))) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{уходит}(A, c, x))) \ \& \\ & \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, d, y))) \rightarrow \text{ход}(b, d)) \end{aligned}$$

Своя пешка на предпоследней горизонтали может сделать ход вперед и превратиться в ферзя. После этого она дает мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 1.

$$\begin{aligned} & \forall_{abdhns} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{пешка}(a, n, b) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \\ & \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{следполе}(b, h, d) \ \& \ \text{возмход}(a, b, d) \rightarrow \\ & \ \text{смход}(s, b, d) \ \& \ \text{преврпешки}(a, s, b)) \end{aligned}$$

Своя пешка поля b находится на предпоследней горизонтали и может сделать ход s на поле перед ней. Эта пешка выделяется послылкой "преврпешки".

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 2.

2. Выбор в качестве новой фигуры коня.

$$\forall_{abcdfnA}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{пешка}(a, n, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{следполе}(b, h, d) \ \& \ \text{возмход}(a, b, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, d) \ \& \ \text{атакует}(A, d, c, f) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{защита}(A, c, d, x, y))) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{уходит}(A, c, x))) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, d, y))) \rightarrow \text{ход}(b, d) \ \& \ \text{новфигура}(\text{конь}))$$

Своя пешка на предпоследней горизонтали может сделать ход вперед и, превратившись в коня, дать мат чужому королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Первый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Указатель "новфигура" уточняет, что в позиции A пешка превратилась в коня. Уровень срабатывания равен 1.

$$\forall_{abcdfghnpA}(\text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{пешка}(a, n, b) \ \& \ \text{король}(a, \neg n, c) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{следполе}(b, h, d) \ \& \ \text{возмход}(a, b, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, d) \ \& \ \text{атакует}(A, d, c, f) \ \& \ \text{ферзь}(a, \neg n, g) \ \& \ \text{атакует}(A, d, g, p) \rightarrow \text{ход}(b, d) \ \& \ \text{новфигура}(\text{конь}))$$

Своя пешка на предпоследней горизонтали может сделать ход вперед и, превратившись в коня, дать шах чужому королю и одновременно атаковать чужого ферзя.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

3. Усмотрение хода, выводящего пешку на предпоследнюю горизонталь.

$$\forall_{abdehmnSA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{пешка}(a, n, b) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, d) \ \& \ \text{возмход}(a, b, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{следполе}(d, h, e) \ \& \ \text{возмход}(A, d, e) \rightarrow \text{смход}(s, b, d) \ \& \ \text{предвпешки}(a, s, d) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(A, \neg n))$$

Своя пешка поля b находится в двух ходах от последней горизонтали. Два поля перед ней свободны. Рассматривается ход s , выводящий пешку на предпоследнюю горизонталь. После этого хода степень защищенности пешки положительная. Выводятся посылки, выделяющие ход s и сохраняющие для дальнейших рассмотрений позицию A , получаемую после хода s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "пешокончание", а также посылка вида "предвпешка(a, X, d)". Прием вводит новую переменную s . Для сохранения матрицы позиции A используется указатель "объект". Уровень срабатывания равен 2.

4. Усмотрение пешечной связки.

$$\forall_{abdefghnsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{предвпешка}(a, s, d) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{следполе}(d, h, e) \ \& \ \text{атакует}(A, f, b, g) \ \& \ \text{контролирует}(A, e, \neg n, f) \rightarrow \text{пешсвязка}(A, d, f, b))$$

Имеется указание, что своя пешка ходом s выводится на поле d предпоследней горизонтали. После этого хода возникает позиция A , где чужая фигура поля f атакует некоторую фигуру поля b , одновременно контролируя поле e перед пешкой d . Выводится посылка "пешсвязка", указывающая, что фигура f связана проходной пешкой.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Точка привязки выбрана во втором антецеденте. Уровень срабатывания равен 1.

5. Усмотрение потерь противника при снятии контроля над полем проходной пешки.

$$\forall_{abcdehkmnstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{пешсвязка}(A, b, c, d) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{потеря}(a, d, m) \ \& \ m < 9 \ \& \ \text{следполе}(b, h, e) \ \& \ \text{возмход}(A, c, d) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, d) \ \& \ \text{возмход}(B, b, e) \ \& \ C = \text{Ход}(B, b, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, e, k) \ \& \ 0 < k \rightarrow \text{смход}(t, c, d) \ \& \ \text{следпотеря}(A, t, 9 - m))$$

Имеется указание, что в позиции A , возникшей после хода s своей пешкой на поле b предпоследней горизонтали, чужая фигура поля c , атакующая фигуру поля d , оказывается связана проходной пешкой. Имеется указание, что на поле d размены приводят к потерям в m единиц, $m < 9$. Рассматривается ход t взятия фигуры d , приводящий к позиции B . Здесь возможен переход пешки на последнюю горизонталь и превращение ее в ферзя с положительной степенью защищенности. Выводятся посылки, связывающие с ходом t потерю в $9 - m$ единиц.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента и шестой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания равен 3.

6. Усмотрение потерь противника при взятии фигуры в случае пешечной связи.

$$\forall_{abcdefmnpstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{пешсвязка}(A, b, c, d) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{потеря}(a, d, m) \ \& \ \text{атакует}(A, e, d, f) \ \& \ B = \text{Ход}(A, e, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, n) \ \& \ p = \text{ценаполя}(a, d) + n \ \& \ p < 0 \rightarrow \text{смход}(t, e, d) \ \& \ \text{следпотеря}(A, t, -p))$$

Имеется указание, что в позиции A , возникшей после хода s своей пешкой на поле b предпоследней горизонтали, чужая фигура поля c , атакующая фигуру поля d , оказывается связана проходной пешкой. Имеется указание, что на поле d размены приводят к потерям. Чужая фигура поля e , отличного от c , тоже атакует фигуру d . Рассматривается ход t взятия фигуры d фигурой e . После него получается позиция B , где сумма p степени защищенности n фигуры d и ценности взятой фигуры отрицательна. Выводятся посылки, связывающие с ходом t потерю в $-p$ единиц.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную t . Уровень срабатывания приема равен 3.

7. Усмотрение защиты путем создания пешечной связки.

$$\forall_{abcdmsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{пешсвязка}(A, b, c, d) \ \& \ \text{смХод}(a, s, A) \ \& \ \text{потеря}(a, d, m) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, d, y) \ \& \ \neg(\exists_{zn}(\text{посылка}(\text{смход}(z, x, d)) \ \& \ \text{посылка}(\text{следпотеря}(A, z, n)) \ \& \ 0 < n)))) \rightarrow \text{защход}(a, s, d))$$

Имеется указание, что в позиции A , возникшей после хода s своей пешкой на поле b предпоследней горизонтали, чужая фигура поля c , атакующая фигуру поля d , оказывается связана проходной пешкой. Имеется указание, что на поле d размены приводят к потерям. Однако, для любого хода взятия в позиции A фигуры d имеется указание о положительных потерях противника, связанных с этим ходом. Выводится следствие о возможности защитить фигуру поля d ходом s .

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "программа". Уровень срабатывания равен 4.

8. Перехват пешки, находящейся на предпоследней горизонтали.

$$\forall_{abcdehnrAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{пешка}(a, \neg r, b) \ \& \ h = \text{напрпешки}(n) \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{ходфигуры}(a, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, c, n) \ \& \ 0 \leq n \ \& \ \text{контрольполя}(a, r, c, d, e) \ \& \ \text{возмход}(a, d, e) \ \& \ B = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \forall_{kxC}(\text{ходфигуры}(B, b, x) \ \& \ C = \text{Ход}(B, b, x) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, x, k) \rightarrow k < 0) \rightarrow \text{смход}(s, d, e) \ \& \ \text{атакапешки}(a, s, b))$$

Чужая пешка находится на поле b предпоследней горизонтали. Если она делает ход на поле c последней горизонтали, то степень ее защищенности оказывается неотрицательной. Ход s своей фигурой поля d на поле e приводит к контролю над полем c . При этом исходная позиция переходит в позицию B . После любого хода пешкой b в этой позиции ее степень защищенности становится отрицательной. Выводятся посылки, указывающие, что ход s позволяет перехватить чужую проходную пешку.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделен указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

9. Усмотрение материального выигрыша при превращении пешки в ферзя.

$$\forall_{abcdnpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{преврпешки}(a, p, c) \ \& \ \text{смход}(p, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, n) \ \& \ 0 \leq n \rightarrow \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, 9.1))$$

Имеется указание, что ход s пешки поля c на поле d обеспечивает превращение ее в фигуру. Степень защищенности новой фигуры неотрицательная. Выводятся посылки о выигрыше от хода s . Оценка этого выигрыша несколько завышена, чтобы предпочесть появление ферзя другим "равноценным" вариантам, составленным из более слабых фигур.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделен указателем

"программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 6.

10. Усмотрение материального выигрыша при форсированном превращении пешки в ферзя.

$$\forall_{abcdmsuv}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{пешка}(a, b, c) \ \& \ d = \text{напрпешки}(b) \ \& \ \text{числополей}(c, d) \leq 2 \ \& \ \text{форспешка}(a, c, 4, m, u, v) \ \& \ 1 < m \rightarrow \text{смход}(s, u, v) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, m))$$

Своя пешка поля c находится не более чем в двух ходах от последней горизонтали. Используется оператор "форспешка", анализирующий возможные способы форсированного продвижения пешки на последнюю горизонталь не более чем за 4 шага. Он определяет оценку материального выигрыша m от такого продвижения, а также первый ход (u, v) . Приемы этого оператора будут описаны ниже.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделен указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 5.

11. Усмотрение материального выигрыша после завлекающего хода.

$$\forall_{abcdknprswA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{преврпешки}(a, p, c) \ \& \ \text{смход}(p, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, n) \ \& \ n < 0 \ \& \ \text{ценазавлечения}(A, d, 8, k) \ \& \ 0 < k \ \& \ \text{наибольший}(r, \text{set}_x(x = 0 \vee \exists_{l_{uv}}(\text{полефигуры}(A, b, v) \ \& \ \text{атакует}(A, l, v, u) \ \& \ \neg(d = v) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, l, v, x)))) \ \& \ r < 8 \ \& \ w = \min(8 - r, k) \ \& \ 0 < w \rightarrow \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{выигрыш}(a, s, w))$$

Имеется указание, что ход s пешки поля c на поле d обеспечивает превращение ее в фигуру. Степень защищенности новой фигуры отрицательная. Однако, усматривается выгода от завлечения чужой фигуры на поле d . Ее величина оценивается оператором "ценазавлечения", который был описан в разделе, посвященном анализу взятий фигур. Так как превращение пешки в ферзя равноценно выигрышу в 8 единиц, то это значение и передается оператору. В итоге от выигрыша после завлечения будет вычитаться лишь единица. Дополнительно рассматривается возможный выигрыш r противника, если он откажется от взятия ферзя.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделен указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 6.

12. Усмотрение материального выигрыша при переходе к предпоследней горизонтали.

$$\forall_{abcdmnpSA}(\text{предвпешка}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ p = \text{шахцвет}(a, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{прохцена}(A, d, n) \ \& \ m = n - 1 \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{выигрыш}(a, s, m))$$

Выделен ход s своей пешкой поля c на поле d , переводящий ее на предпоследнюю горизонталь. Оператор "прохцена", описываемый ниже, находит оценку n выигрыша от положения пешки на поле d . Для учета превращения пешки, из нее вычитается единица.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "угрмат(a, X)". Уровень срабатывания равен 5.

13. Пакет продукций "прохцена".

Обращение к оператору имеет вид "прохцена(a, b, c)". Входные данные - позиция a и поле b пешки предпоследней горизонтали. Выходной переменной c присваивается оценка материального выигрыша, определяемого в предположении, что первый ход делает противник. Возможна выдача отрицательных значений. Сначала накопитель c иницируется значением 9, а потом последовательно уменьшается в однократном цикле рассмотрения ходов. Заметим, что пока в задачнике решателя нет ни одного примера, требующего применения данного пакета продукций.

(a) Оценка защиты на текущем поле.

$$\forall_{abcn}(\text{ценазащиты}(a, b, n) \ \& \ n < c \rightarrow c = n)$$

В накопитель c передается оценка степени защищенности пешки. Уровень срабатывания равен 1.

(b) Оценка защиты при переходе на последнюю горизонталь.

$$\forall_{abcdnA}(\text{следполе}(b, \text{напрпешки}(\text{шахцвет}(a, b)), d) \ \& \ \text{возмход}(a, b, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, n) \ \& \ n < c \rightarrow c = n)$$

В накопитель c передается оценка степени защищенности пешки после ее перехода на последнюю горизонталь. Уровень срабатывания равен 1.

(c) Последняя горизонталь занята.

$$\forall_{abcd}(\text{следполе}(b, \text{напрпешки}(\text{шахцвет}(a, b)), d) \ \& \ \neg(\text{возмход}(a, b, d)) \rightarrow c = 0)$$

Если поле перед пешкой занято, то в накопитель c передается 0. Уровень срабатывания равен 1.

(d) Атака на поле последней горизонтали.

$$\forall_{abcdefmnpAB} (p = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{следполе}(b, \text{напрпешки}(p), d) \ \& \ \text{контрольполя}(a, \neg p, d, e, f) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{возмход}(A, b, d) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, n) \ \& \ m = n + 9 \ \& \ m < c \rightarrow c = m)$$

Рассматривается ход чужой фигуры поля e на поле f , берущий под контроль поле d перед пешкой. После него ход пешки на поле d возможен. В накопитель передается степень защищенности пешки после этого хода, увеличенная на 9. Уровень срабатывания равен 2.

(e) Вскрытая атака на поле последней горизонтали.

$$\forall_{abcdefgmnprAB} (p = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{следполе}(b, \text{напрпешки}(p), d) \ \& \ \text{вскрконтроль}(a, \neg p, d, e, f, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{возмход}(A, b, d) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, n) \ \& \ m = n + 9 \ \& \ m < c \rightarrow c = m)$$

Аналогично предыдущему, но для вскрытого контроля над полем d .

(f) Взятие фигуры.

$$\forall_{abcdefgmnprAB} (p = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{следполе}(b, \text{напрпешки}(p), d) \ \& \ \text{полефигуры}(a, p, e) \ \& \ \text{атакует}(a, f, e, g) \ \& \ \text{ценавзятия}(a, f, e, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, e) \ \& \ \text{возмход}(A, b, d) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, n) \ \& \ r = 9 - \text{ценаполя}(a, e) + \min(n, 0) \ \& \ r < c \rightarrow c = r)$$

Чужая фигура поля f берет фигуру поля e , после чего пешка переходит на поле последней горизонтали. Из 9 вычитается ценность потерянной фигуры e . В случае отрицательной степени защищенности нового ферзя, к оценке прибавляется эта степень. Результат передается в накопитель c . Уровень срабатывания равен 3.

(g) Нападение на фигуру.

$$\forall_{abcdefgkmnprtAB} (p = \text{шахцвет}(a, b) \ \& \ \text{следполе}(b, \text{напрпешки}(p), d) \ \& \ \text{полефигуры}(a, p, e) \ \& \ \text{нападение}(a, e, f, g) \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \text{связход}(a, f, g, t) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, g, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{возмход}(A, b, d) \ \& \ B = \text{Ход}(A, b, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, n) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, e, k) \ \& \ r = 9 + t - \text{ценаполя}(a, g) + \min(k, n, 0) \ \& \ r < c \rightarrow c = r)$$

Чужая фигура поля f делает ход на поле g и атакует фигуру поля e . Оценка побочных потерь от этого хода равна t . Степень защищенности фигуры после хода положительна. После перехода пешки на поле последней горизонтали определяются ее степень защищенности n и степень защищенности k атакуемой фигуры e . Из 9 вычитается ценность (возможно) потерянной фигуры поля g , после чего прибавляются t и минимум величин $k, n, 0$. Результат передается в накопитель c . Уровень срабатывания равен 3.

(h) Выдача результата. На уровне 4 выдается результат c .

14. Пакет продуктов "форспешка".

Обращение к оператору имеет вид "форспешка(a, b, c, d, e, f)". Входные данные - позиция a , поле b пешки, близкой к крайней горизонтали, и десятичное число c . В предположении, что первый ход делает сторона пешки, находится оценка d материального выигрыша при проведении пешки b ферзи не более чем за c ходов. При этом переменным e, f присваивается пара полей, соответствующая первому ходу. Сначала накопитель c иницируется нулем, а потом последовательно увеличивается в однократном цикле рассмотрения ходов. При каждом увеличении в накопителях e, f сохраняется соответствующий первый ход. Все приемы, кроме выдачи результата, срабатывают на уровне 1.

(a) Превращение пешки в ферзя.

$$\forall_{abcdefghkmpA} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{ходфигуры}(a, b, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, m) \ \& \ k = 8 + \min(m, 0) \ \& \ d < k \rightarrow d = k \ \& \ e = b \ \& \ f = p)$$

Пешка предпоследней горизонтали делает ход и превращается в ферзя. Если его степень защищенности отрицательная, то она прибавляется к 8 (т.е. к разности ценностей ферзя и пешки).

$$\forall_{abcdefg h p q r A} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{ходфигуры}(a, b, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \text{король}(A, \neg g, q) \ \& \ \text{атакует}(A, p, q, r) \ \& \ \neg(\exists_{xyB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, x) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, x, y) \ \& \ B = \text{Ход}(A, x, y) \ \& \ \neg(\text{мат}(B, g)))) \rightarrow \\ d = 100 \ \& \ e = b \ \& \ f = p)$$

Пешка предпоследней горизонтали делает ход и превращается в ферзя. При этом ферзь атакует чужого короля, и не существует такого ответного хода противной стороны, после которого она не получала бы мат.

$$\forall_{abcdefg h k m p q A} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{атакует}(a, b, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \text{ценапозиции}(A, \neg g, m) \ \& \ k = \text{ценаполя}(a, p) + 8 - m \ \& \ d < k \rightarrow \\ d = k \ \& \ e = b \ \& \ f = p)$$

Пешка предпоследней горизонтали атакует фигур последней горизонтали. После взятия ее возникает позиция A . В этой позиции находится оценка m максимального выигрыша противника при разменах. Она вычитается из суммы ценности фигуры, взятой пешкой, и 8.

$$\forall_{abcdefg h k n p q r s t A} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{ходфигуры}(a, b, p) \ \& \ A = \text{Преврпешки}(a, b, p, \text{конь}) \ \& \ \text{король}(A, \neg g, q) \ \& \ \text{атакует}(A, p, q, r) \ \& \ \text{атакует}(A, p, s, t) \ \& \ \text{ценаполя}(A, s) = 9 \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(A, s, x))) \ \& \ \text{ценашаха}(A, p, q, n) \ \& \ k = n + 2 \ \& \ d < k \rightarrow d = k \ \& \ e = b \ \& \ f = p)$$

Пешка предпоследней горизонтали делает ход на поле p последней горизонтали и превращается в коня. При этом она одновременно дает шах чужому королю и атакует чужого незащищенного ферзя. Оператор "ценашаха" определяет оценку выигрыша от шаха, к которой добавляется 2 (т.е. разность ценностей коня и пешки). Заметим, что операторное выражение "Преврпешки", используемое вместо выражения "Ход" для уточнения типа превращения пешки, реализовано на ЛОСе.

(b) Переход пешки на предпоследнюю горизонталь и шах чужому королю.

$$\forall_{abcdefg h k n p q r s t A} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \text{король}(A, \neg g, q) \ \& \ \text{атакует}(A, s, q, r) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, m) \ \& \ 1 < m \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_x(\exists_{yzuvwB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \neg(z = p) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{форспешка}(B, p, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = u - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \ k = \min(m, n) \ \& \ d < k \rightarrow d = k \ \& \ e = b \ \& \ f = p)$$

Пешка переходит на расположенное перед ней свободное поле p предпоследней горизонтали. Возникает позиция A , в которой чужой король атакован. Степень защищенности m пешки p больше единицы. Определяется наименьшая оценка n потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A , не берущим пешку p . Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу

счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры. Далее определяется минимум величин m, n .

- (с) Переход пешки на предпоследнюю горизонталь в отсутствии явных угроз.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghinpAB} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \\ & \text{числополей}(b, h) = 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \ \& \ \\ & A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, p, y))) \ \& \ \text{следполе}(p, h, i) \ \& \ \\ & \text{возмход}(A, p, i) \ \& \ \forall_{uvBN}(\text{полефигуры}(A, \neg g, u) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, u, v) \ \& \ \\ & B = \text{Ход}(A, u, v) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, v, N) \ \& \ 0 \leq N \rightarrow \text{возмход}(B, p, i) \ \& \ \\ & \exists_{jC}(C = \text{Ход}(B, p, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, i, j) \ \& \ 0 \leq j)) \ \& \ \\ & \text{наименьший}(n, \text{set}_k(\exists_{qwzDEFG}(\text{полефигуры}(A, \neg g, w) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, w, z) \\ & \ \& \ D = \text{Ход}(A, w, z) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, z, q) \ \& \ 0 \leq q \ \& \ \\ & \ \text{форспешка}(D, p, c - 1, E, F, G) \ \& \ k = E - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \ d < n \rightarrow \\ & d = n \ \& \ e = b \ \& \ f = p) \end{aligned}$$

Пешка переходит на расположенное перед ней свободное поле p предпоследней горизонтали. Возникает позиция A , в которой пешка ничем не атакована. Следующее поле i последней горизонтали свободно, и пешка p может сделать на него ход. Более того, какой бы ход ни сделал в позиции A противник, при условии что степень защищенности его фигуры после хода будет неотрицательна, в новой позиции B пешка p сможет сделать ход на поле i , а ее степень защищенности после превращения в фигуру окажется тоже неотрицательной. Находится минимум n потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A , при которых степень защищенности сделавшей ход фигуры будет неотрицательна. Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghinptA} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \\ & \text{числополей}(b, h) = 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \ \& \ \\ & A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, p, y))) \ \& \ \text{следполе}(p, h, i) \ \& \ \\ & \text{возмход}(A, p, i) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, p, t) \ \& \ \neg(t = i) \ \& \ \\ & \forall_{uvBN}(\text{полефигуры}(A, \neg g, u) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, u, v) \ \& \ B = \text{Ход}(A, u, v) \ \& \ \\ & \ \text{ценазащиты}(B, v, N) \ \& \ 0 \leq N \rightarrow (\text{возмход}(B, p, i) \ \& \ \\ & \ \exists_{jC}(C = \text{Ход}(B, p, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, i, j) \ \& \ 0 \leq j)) \ \vee \\ & \ (\text{возмход}(B, p, t) \ \& \ \exists_{jC}(C = \text{Ход}(B, p, t) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, t, j) \ \& \ \\ & \ 0 \leq j))) \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_k(\exists_{qwzDEFG}(\text{полефигуры}(A, \neg g, w) \ \& \ \\ & \ \text{ходфигуры}(A, w, z) \ \& \ D = \text{Ход}(A, w, z) \ \& \ \text{ценазащиты}(D, z, q) \ \& \ 0 \leq q \ \& \ \\ & \ \text{форспешка}(D, p, c - 1, E, F, G) \ \& \ k = E - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \ d < n \rightarrow \\ & d = n \ \& \ e = b \ \& \ f = p) \end{aligned}$$

Аналогично предыдущему, но дополнительно рассматривается возможность взятия пешкой p фигуры поля t . Проверяется, что какой бы ход ни сделал в позиции A противник, при условии что степень защищенности его фигуры после хода будет неотрицательна, в новой позиции B пешка p сможет сделать ход на одно из полей i, t , а ее степень защищенности после превращения в фигуру окажется тоже неотрицательной.

- (d) Освобождение поля перед пешкой, занятого своей фигурой.

$$\forall_{abcdefghmnpqrsA}(0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) \leq 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, g, p) \ \& \ \text{король}(a, \neg g, q) \ \& \ \text{нападение}(a, q, s, r) \ \& \ s = p \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, r) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, m) \ \& \ 8 < m \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_x(\exists_{uvwxyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \neg(z = b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{форспешка}(B, b, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = u + \text{ценаполя}(a, r) - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \ d < n \rightarrow d = n \ \& \ e = p \ \& \ f = r)$$

Своя пешка поля b расположена не более чем в двух ходах от последней горизонтали. Поле p перед ней занято своей фигурой. Эта фигура может сделать ход на поле r и атаковать чужого короля. В новой позиции A степень защищенности пешки b не менее 9. Находится минимум n потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A , не берущим пешку b . Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры, а также (возможно) взятой фигуры поля r .

- (e) Освобождение поля перед пешкой, занятого чужим королем.

$$\forall_{abcdefghmnpqrsA}(0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) \leq 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg g, p) \ \& \ \text{шахфигура}(a, p) = \text{король} \ \& \ \text{нападение}(a, p, s, r) \ \& \ A = \text{Ход}(a, s, r) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, m) \ \& \ 8 < m \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_x(\exists_{uvwxyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \neg(z = b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{форспешка}(B, b, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = u + \text{ценаполя}(a, r) - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \ d < n \rightarrow d = n \ \& \ e = s \ \& \ f = r)$$

Своя пешка поля b расположена не более чем в двух ходах от последней горизонтали. Поле p перед ней занято чужим королем. Рассматривается ход своей фигурой поля s на поле r , атакующий чужого короля. После него возникает позиция A , где степень защищенности пешки b не менее 9. Находится минимум n потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A , не берущим пешку b . Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры, а также (возможно) взятой фигуры поля r .

- (f) Шах с одновременным нападением на фигуру, нападающую на пешку.

$$\forall_{abcdefghijkmnpqrstAB}(0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) \leq 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \text{атакует}(A, i, p, j) \ \& \ \text{король}(a, \neg g, k) \ \& \ \text{нападение}(a, k, s, q) \ \& \ \neg(s = b) \ \& \ B = \text{Ход}(a, s, q) \ \& \ \text{атакует}(B, q, i, m) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, q, i, r) \ \& \ 0 < r \ \& \ \text{ценазащиты}(B, b, t) \ \& \ 8 < t \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_x(\exists_{uvwxyzC}(\text{полефигуры}(B, \neg g, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, y, z) \ \& \ \neg(z = b) \ \& \ C = \text{Ход}(B, y, z) \ \& \ \text{форспешка}(C, b, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = u + \text{ценаполя}(a, q) - \text{ценаполя}(B, z)))) \ \& \ d < n \rightarrow d = n \ \& \ e = s \ \& \ f = q)$$

Своя пешка поля b расположена не более чем в двух ходах от последней горизонтали. Поле p перед ней свободно, и пешка может на него перейти. После хода пешки возникает позиция A , в которой пешка атакована фигурой поля i . В исходной позиции рассматривается ход своей фигуры поля

s на поле q , атакующий чужого короля и одновременно - фигуру i . После такого хода получается позиция B . В ней материальный выигрыш от взятия фигуры i положителен, а степень защищенности пешки b не менее 9. Находится минимум n потерь противника по всем его ответным ходам в позиции B , не берущим пешку b . Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры, а также (возможно) взятой фигуры поля q .

$$\forall abcdefghijklmnopqrstABD(0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{атакует}(a, b, p, D) \ \& \ \text{возмход}(a, b, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, p) \ \& \ \text{атакует}(A, i, p, j) \ \& \ \text{король}(a, \neg g, k) \ \& \ \text{нападение}(a, k, s, q) \ \& \ B = \text{Ход}(a, s, q) \ \& \ \text{атакует}(B, q, i, m) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, q, i, r) \ \& \ 0 < r \ \& \ \text{ценазащиты}(B, b, t) \ \& \ 8 < t \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_x(\exists_{uvwxyzC}(\text{полефигуры}(B, \neg g, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, y, z) \ \& \ \neg(z = b) \ \& \ C = \text{Ход}(B, y, z) \ \& \ \text{форспешка}(C, b, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = u + \text{ценаполя}(a, q) - \text{ценаполя}(B, z)))))) \ \& \ d < n \rightarrow d = n \ \& \ e = s \ \& \ f = q)$$

Аналогично предыдущему, но пешка находится на предпоследней горизонтали, причем рассматривается ход взятия ею фигуры последней горизонтали.

(g) Взятие фигуры, нападающей на пешку.

$$\forall abcdefghiknqstA(0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) \leq 2 \ \& \ \text{атакует}(a, i, b, j) \ \& \ \text{атакует}(a, s, i, q) \ \& \ \neg(b = s) \ \& \ \text{ценазащиты}(a, i, k) \ \& \ k < 0 \ \& \ A = \text{Ход}(a, s, i) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, t) \ \& \ 8 < t \ \& \ \text{наименьший}(n, \text{set}_x(\exists_{uvwxyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \neg(z = b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{форспешка}(B, b, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = u + \text{ценаполя}(a, i) - \text{ценаполя}(A, z)))))) \ \& \ d < n \rightarrow d = n \ \& \ e = s \ \& \ f = q)$$

Своя пешка поля b расположена не более чем в двух ходах от последней горизонтали. Она атакована фигурой поля i , а та, в свою очередь, атакована фигурой поля s , отличного от b . Степень защищенности фигуры i отрицательная. После взятия фигурой s фигуры i возникает позиция A , в которой степень защищенности пешки не менее 9. Находится минимум n потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A , не берущим пешку b . Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры, а также (возможно) взятой фигуры поля q .

(h) Завлечение чужой фигуры под удар проходной пешки.

$$\forall abcdefghijklmnopquwAEFGHJ(0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \ \text{числополей}(b, h) \leq 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ (\text{следполе}(p, (1, 0), q) \ \vee \ \text{следполе}(p, (-1, 0), q)) \ \& \ \text{ходкполю}(a, q, g, i) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, q) \ \& \ \text{атакует}(A, q, j, u) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, q, j, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{атакует}(A, j, q, w) \ \& \ \neg(\exists_{CD}(\text{атакует}(A, C, q, D) \ \& \ \neg(C = j))) \ \& \ \neg(\exists_r(\text{защищает}(A, j, r))) \ \& \ \neg(\exists_{st}(\text{защита}(A, j, q, s, t))) \ \& \ \text{наименьший}(k, \text{set}_x(\exists_{yvB}(\text{ходфигуры}(A, j, y) \ \& \ \neg(y = q) \ \& \ B = \text{Ход}(A, j, y) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, y, v) \ \& \ x = -v))) \ \& \ 0 < k \ \&$$

$$\begin{aligned}
& E = \text{Ход}(A, j, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(E, b, m) \ \& \ 8 < m \ \& \\
& \text{форспешка}(E, b, c - 1, F, G, H) \ \& \\
& J = \min(n, k, F - \text{ценаполя}(A, q)) + \text{ценаполя}(a, q) \ \& \ d < J \rightarrow \\
& d = J \ \& \ e = i \ \& \ f = q
\end{aligned}$$

Своя пешка поля b расположена не более чем в двух ходах от последней горизонтали. Рассматривается поле q , на которое пешка могла бы перейти в случае взятия фигуры. Находится своя фигура поля i , которая могла бы сделать ход на поле q . После такого хода получается позиция A , в которой своя фигура q атакует фигуру поля j , а та, в свою очередь, атакует фигуру q . Оценка n выигрыша от взятия фигурой q фигуры j положительна. Никакие другие фигуры фигурой q не атакуют. Фигура j ничем не защищена и не существует хода противника, загораживающего ее от фигуры q . Определяется положительный минимум k потерь противника по всем его ходам фигурой j , не берущим фигуры q . Она вычисляется по взятым с обратным знаком степеням защищенности фигуры после ее хода. Наконец, анализируется позиция E , возникающая в случае взятия фигурой j фигуры q . В этой позиции степень защищенности пешки не менее 9. Для получения оценки F потерь противника в позиции E применяется рекурсивное обращение к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Окончательная оценка получается как скорректированный с учетом предшествующих разменов минимум величин n, k, F .

- (i) Завлечение чужой фигуры, занимающей поле перед проходной пешкой.

$$\begin{aligned}
& \forall abcdefghijmpquvwAB(0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \\
& \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg g, p) \ \& \ \text{защищает}(a, i, p) \ \& \\
& 1 < \text{ценаполя}(a, i) \ \& \ \text{атакует}(a, j, i, q) \ \& \ \neg(j = b) \ \& \ A = \text{Ход}(a, j, i) \ \& \\
& \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, i, y) \ \& \ \neg(x = p))) \ \& \ B = \text{Ход}(A, p, i) \ \& \\
& \text{форспешка}(B, b, c - 1, u, v, w) \ \& \\
& m = \min(\text{ценаполя}(a, i), u - \text{ценаполя}(A, i) + \text{ценаполя}(a, i)) \ \& \ d < m \rightarrow \\
& d = m \ \& \ e = j \ \& \ f = i)
\end{aligned}$$

Поле p перед своей проходной пешкой поля b занято чужой фигурой. Эта чужая фигура защищает отличную от пешки фигуру поля i , атакованную фигурой поля j , отличного от b . После взятия фигуры i возникает позиция A . В ней фигура i атакована только фигурой p . Если фигура p берет фигуру i , то получается позиция B . Для получения оценки u потерь противника в позиции E применяется рекурсивное обращение к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Окончательная оценка получается как минимум ценности фигуры i и скорректированной с учетом предшествующих разменов величины u .

- (j) Взятие проходной пешкой чужой фигуры.

$$\begin{aligned}
& \forall abcdefghkmnpqA(0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \\
& \text{числополей}(b, h) = 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{ходфигуры}(a, b, q) \ \& \ \neg(p = q) \\
& \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, q, m) \ \& \ 8 < m \ \& \\
& \text{наименьший}(n, \text{set}_x(\exists_{iuvwyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \\
& \ \& \ \neg(z = p) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, z, i) \ \& \\
& \ \& \ \text{форспешка}(B, q, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = \max(-i, u) - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \\
& k = n + \text{ценаполя}(a, q) \ \& \ d < k \rightarrow d = k \ \& \ e = b \ \& \ f = q)
\end{aligned}$$

Своя пешка поля b расположена в двух ходах от последней горизонтали. Рассматривается ее ход, берущий фигуру поля q . После этого хода возникает позиция A . Степень защищенности пешки в ней не менее 9. Находится минимум n потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A , не берущим пешку q . Эти потери определяются как максимум взятой с обратным знаком степени защищенности фигуры, сделавшей ход, и результата рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Дополнительно учитываются ценности фигур, (возможно) взятых рассмотренными ходами.

- (к) Нападение на фигуру, занимающую поле перед проходной пешкой, с одновременным ее связыванием.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijklnpqA} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \\ & \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg g, p) \ \& \ \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \\ & \text{нападение}(a, p, i, j) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, j) \ \& \ \text{король}(a, \neg g, q) \ \& \\ & \text{шахсвязка}(A, p, j, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ 8 < n \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, j, y) \ \& \ \neg(x = p))) \ \& \\ & \text{наименьший}(m, \text{set}_x(\exists_{ruvwxyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \ \& \\ & \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \neg(z = b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, z, r) \\ & \ \& \ 0 \leq r \ \& \ \text{форспешка}(B, b, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = u - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \\ & \ k = m + \text{ценаполя}(a, j) \ \& \ d < k \rightarrow d = k \ \& \ e = i \ \& \ f = j) \end{aligned}$$

Своя пешка поля b находится на предпоследней горизонтали, причем поле p перед ней занято чужой фигурой. Рассматривается ход своей фигурой поля i на поле j , атакующий фигуру p . После этого хода возникает позиция A . В ней фигура p заслоняет чужого короля от нападения на него фигуры j . Фигура j не атакована никакими фигурами, кроме, быть может, фигуры p . Степень защищенности пешки b не менее 9. Находится минимум m потерь противника по всем таким его ответным ходам в позиции A , не берущим пешку b , после которых степень защищенности сделавшей ход фигуры неотрицательна. Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры, а также (возможно) взятой фигуры поля j .

- (л) Нападение на фигуру, занимающую поле перед проходной пешкой, с одновременным шахом.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijklnpqrsA} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \\ & \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg g, p) \ \& \ \text{нападение}(a, p, i, j) \ \& \\ & \ A = \text{Ход}(a, i, j) \ \& \ \text{король}(a, \neg g, q) \ \& \ \text{атакует}(A, j, q, s) \ \& \\ & \ \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ 8 < n \ \& \ \neg(\exists_{rt}(\text{атакует}(A, r, j, t) \ \& \ \neg(r = p) \ \& \\ & \ \text{возмход}(A, r, j))) \ \& \ \text{наименьший}(m, \text{set}_x(\exists_{uvwxyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \\ & \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ \neg(z = b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \\ & \ \text{форспешка}(B, b, c - 1, u, v, w) \ \& \ x = u - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \\ & \ k = m + \text{ценаполя}(a, j) \ \& \ d < k \rightarrow d = k \ \& \ e = i \ \& \ f = j) \end{aligned}$$

Своя пешка поля b находится на предпоследней горизонтали, причем поле p перед ней занято чужой фигурой. Рассматривается ход своей фигурой поля i на поле j , атакующий фигуру p и одновременно - чужого короля. После этого хода возникает позиция A . В ней фигура j не атакована никакими фигурами, кроме, быть может, фигуры p . Степень защищенности

пешки b не менее 9. Находится минимум m потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A , не берущим пешку b . Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры, а также (возможно) взятой фигуры поля j .

(m) Взятие фигуры перед проходной пешкой.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijkmpA} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \\ & \text{числополей}(b, h) = 1 \ \& \ \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg g, p) \ \& \\ & \text{атакует}(a, i, p, j) \ \& \ A = \text{Ход}(a, i, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ 3 < n \ \& \\ & \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, p, y))) \ \& \\ & \text{наименьший}(m, \text{set}_x(\exists_{uvwxyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \\ & \ \& \ \neg(z = b) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{форспешка}(B, b, c - 1, u, v, w) \ \& \\ & \ x = u - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \ k = \min(m, n) + \text{ценаполя}(a, p) \ \& \ d < k \rightarrow \\ & d = k \ \& \ e = i \ \& \ f = p) \end{aligned}$$

Своя проходная пешка поля b находится на предпоследней горизонтали. Поле p перед ней занято чужой фигурой, атакуемой фигурой поля i . После взятия фигуры p возникает позиция A , где степень n защищенности пешки больше 3. Фигура p в этой позиции ничем не атакована. Находится минимум m потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A , не берущим пешку b . Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры. Окончательная оценка получается как минимум m, n , к которому добавлена ценность взятой фигуры поля p .

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijpA} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \\ & \text{следполе}(b, h, p) \ \& \ \text{полефигуры}(a, \neg g, p) \ \& \ \text{атакует}(a, i, p, j) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, i, p) \ \& \ \text{Мат}(A, \neg g) \rightarrow d = 100 \ \& \ e = i \ \& \ f = p) \end{aligned}$$

Своя проходная пешка поля b находится на предпоследней горизонтали. Поле p перед ней занято чужой фигурой, атакуемой фигурой поля i . После взятия фигуры p возникает позиция A , где чужому королю дан мат.

(n) Взятие фигуры, контролирующей поле последней горизонтали.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghijklmnopqrstA} (0 < c \ \& \ \text{шахцвет}(a, b) = g \ \& \ \text{напрпешки}(g) = h \ \& \\ & \text{числополей}(b, h) \leq 2 \ \& \ \text{следполе}(b, h, t) \ \& \ \text{возмход}(a, b, t) \ \& \\ & \text{конецлинии}(b, h, p) \ \& \ \text{контролирует}(a, p, \neg g, q) \ \& \\ & \text{горизлин}(p) = \text{горизлин}(q) \ \& \ \text{атакует}(a, i, q, j) \ \& \ \neg(i = b) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, i, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, n) \ \& \ 8 < n \ \& \ \text{король}(A, \neg g, r) \ \& \\ & \text{атакует}(A, q, r, s) \ \& \ \text{наименьший}(m, \text{set}_x(\exists_{uvwxyzB}(\text{полефигуры}(A, \neg g, y) \\ & \ \& \ \text{ходфигуры}(A, y, z) \ \& \ B = \text{Ход}(A, y, z) \ \& \ \text{форспешка}(B, b, c - 1, u, v, w) \\ & \ \& \ x = u - \text{ценаполя}(A, z)))) \ \& \ k = \min(m, n) + \text{ценаполя}(a, q) \ \& \ d < k \rightarrow \\ & d = k \ \& \ e = i \ \& \ f = q) \end{aligned}$$

Своя пешка поля b расположена не более чем в двух ходах от последней горизонтали. Она может сделать ход на следующее поле. Поле p последней горизонтали, расположенное на вертикали пешки, контролируется чужой фигурой поля q , тоже расположенного на последней горизонтали. Фигура

q атакована фигурой поля i . После взятия фигуры q получается позиция A , где чужой король атакован фигурой поля q . Степень защищенности пешки в этой позиции не менее 9. Находится минимум m потерь противника по всем его ответным ходам в позиции A . Эти потери определяются путем рекурсивного обращения к оператору "форспешка" с уменьшенным на единицу счетчиком ходов. Учитывается ценность (возможно) взятой ответным ходом фигуры. Окончательная оценка получается как минимум m, n , к которому добавлена ценность взятой фигуры поля q .

(о) Выдача результата.

На уровне 2 выдаются результаты - оценка выигрыша и первый ход.

3.5.14 Возможность возникновения пата

Рассматриваются приемы, вынуждающие противника взять единственную подвижную фигуру и таким образом добиться пата.

1. Жертва фигуры для получения пата.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgkMA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, c) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{ходфигуры}(a, c, x))) \ \& \ \text{card}(\text{set}_y(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \\ & \exists_z(\text{ходфигуры}(a, y, z)))) = 1 \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, d) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, e) \ \& \\ & \text{нападение}(a, e, f, g) \ \& \ d = f \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \text{ценаполя}(a, g) = 0 \ \& \\ & \text{атакует}(A, e, g, k) \ \& \ \neg(\exists_{zu}(\text{атакует}(A, z, g, u) \ \& \ \neg(z = e))) \ \& \\ & m = \text{card}(\text{set}_v(\text{ходфигуры}(A, e, v))) \ \& \ \neg(\exists_s(\text{ходфигуры}(A, e, s) \ \& \ \neg(s = g) \ \& \\ & \text{Шахрасст}(s, c) < \text{Шахрасст}(e, c))) \ \& \ \neg(\exists_{hijB}(\text{нападение}(a, e, h, i) \ \& \ \neg(g = i) \ \& \\ & \text{ценаполя}(a, i) = 0 \ \& \ B = \text{Ход}(a, h, i) \ \& \ \text{атакует}(B, e, i, j) \ \& \\ & \neg(\exists_{pq}(\text{атакует}(B, p, i, q) \ \& \ \neg(p = e))) \ \& \ \neg(\exists_D(\text{ходфигуры}(A, e, D) \ \& \\ & \neg(D = i) \ \& \ \text{Шахрасст}(D, c) < \text{Шахрасст}(e, c))) \ \& \\ & \text{card}(\text{set}_r(\text{ходфигуры}(B, e, r))) < m)) \rightarrow \text{ход}(f, g) \end{aligned}$$

В текущей позиции свой король не может сделать никакого хода. Ход может сделать единственная фигура - находящаяся на поле d . Находится такой ее ход на свободное поле g , при котором она атакует чужого короля, причем король может ее взять. Кроме чужого короля, никто эту фигуру поля g атаковать не будет. Все ходы чужого короля, не берущие фигуру g , удаляют его от своего короля. При выполнении перечисленных условий на g выбирается тот вариант, у которого число m ответных ходов чужого короля наименьшее.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания приема равен 3.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, c) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{ходфигуры}(a, c, x))) \ \& \ \text{card}(\text{set}_y(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \\ & \exists_z(\text{ходфигуры}(a, y, z)))) = 1 \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, d) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, e) \ \& \\ & \text{нападение}(a, e, f, g) \ \& \ d = f \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \neg(\exists_{uB}(\text{ходфигуры}(A, e, u) \ \& \\ & \neg(u = g) \ \& \ B = \text{Ход}(A, e, u) \ \& \ \neg(\exists_{hijC}(\text{король}(B, \neg b, h) \ \& \ \text{нападение}(B, h, i, j) \ \& \\ & C = \text{Ход}(B, i, j) \ \& \ \neg(\exists_{pq}(\text{полефигуры}(C, \neg b, p) \ \& \ \text{ходфигуры}(C, p, q) \ \& \\ & \neg(q = j)))))) \rightarrow \text{ход}(f, g) \end{aligned}$$

В текущей позиции свой король не может сделать никакого хода. Ход может сделать единственная фигура - находящаяся на поле d . Находится такой ее ход на поле g , при котором она атакует чужого короля. Для любого ответного хода чужого короля, не берущего фигуру поля g , существует такой последующий ход, повторно атакующий чужого короля, что единственно возможный ответный ход противника - взятие атакующей короля фигуры.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как у предыдущего приема.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghiAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, c) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{ходфигуры}(a, c, x))) \ \& \ \text{card}(\text{set}_y(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \\ & \exists_z(\text{ходфигуры}(a, y, z)))) \leq 2 \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, d) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, e) \ \& \\ & \text{нападение}(a, e, f, g) \ \& \ d = f \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \neg(\exists_{uv}(\text{полефигуры}(A, \neg b, u) \\ & \ \& \ \text{ходфигуры}(A, u, v) \ \& \ \neg(v = g))) \ \& \ \text{полефигуры}(A, \neg b, h) \ \& \\ & \text{ходфигуры}(A, h, i) \ \& \ B = \text{Ход}(A, h, i) \ \& \ (\neg(\exists_{jk}(\text{полефигуры}(B, b, j) \ \& \\ & \ \text{ходфигуры}(A, j, k))) \ \vee \ \exists_{mnC}(\text{полефигуры}(B, b, m) \ \& \ \text{ходфигуры}(B, m, n) \ \& \\ & \ C = \text{Ход}(B, m, n) \ \& \ \neg(\exists_{pqrsD}(\text{полефигуры}(C, \neg b, p) \ \& \ \text{ходфигуры}(C, p, q) \ \& \\ & \ D = \text{Ход}(C, p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(D, b, r) \ \& \ \text{ходфигуры}(D, r, s)))))) \rightarrow \text{ход}(f, g) \end{aligned}$$

В текущей позиции свой король не может сделать никакого хода. Ход могут сделать не более чем две фигуры. Одна из них расположена на поле d . Находится такой ее ход на g , при котором она атакует чужого короля. После него получается позиция A , где единственный возможный ход противника - взятие фигуры g . После этого хода возникает позиция B . Либо в позиции B уже имеется пат, либо существует такой ход оставшейся своей фигурой, после которого любой ход противника приводит к пату.

Схема идентификации и уровень срабатывания - такие же, как у предыдущего приема.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefghkmA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, c) \ \& \\ & \neg(\exists_x(\text{ходфигуры}(a, c, x))) \ \& \ \text{card}(\text{set}_y(\text{полефигуры}(a, b, y) \ \& \\ & \exists_z(\text{ходфигуры}(a, y, z)))) = 1 \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, d) \ \& \ \text{король}(a, \neg b, e) \ \& \\ & \text{нападение}(a, e, f, g) \ \& \ d = f \ \& \ A = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \text{ценаполя}(a, g) = 0 \ \& \\ & \text{атакует}(A, e, g, k) \ \& \ \neg(\exists_{zu}(\text{атакует}(A, z, g, u) \ \& \ \neg(z = e))) \ \& \\ & m = \text{card}(\text{set}_v(\text{ходфигуры}(A, e, v))) \ \& \ \neg(\exists_s(\text{ходфигуры}(A, e, s) \ \& \ \neg(s = g) \ \& \\ & \ \exists_t(\text{ходфигуры}(\text{Ход}(a, e, s), c, t)))) \ \& \ \neg(\exists_{hijB}(\text{нападение}(a, e, h, i) \ \& \ \neg(g = i) \ \& \\ & \ \text{ценаполя}(a, i) = 0 \ \& \ B = \text{Ход}(a, h, i) \ \& \ \text{атакует}(B, e, i, j) \ \& \\ & \ \neg(\exists_{pq}(\text{атакует}(B, p, i, q) \ \& \ \neg(p = e))) \ \& \ \neg(\exists_D(\text{ходфигуры}(A, e, D) \ \& \\ & \ \neg(D = i) \ \& \ \exists_w(\text{ходфигуры}(\text{Ход}(B, e, D), c, w)))) \ \& \\ & \ \text{card}(\text{set}_r(\text{ходфигуры}(B, e, r))) < m) \rightarrow \text{ход}(f, g) \end{aligned}$$

В текущей позиции свой король не может сделать никакого хода. Ход может сделать единственная фигура - находящаяся на поле d . Находится такой ее ход на свободное поле g , при котором она атакует чужого короля, причем король может ее взять. Кроме чужого короля, никто эту фигуру поля g атаковать не будет. Все ходы чужого короля, не берущие фигуру g , не предоставляют возможность хода своему королю. При выполнении перечисленных условий на g выбирается тот вариант, у которого число m ответных ходов чужого короля наименьшее.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания приема равен 4.

2. Усмотрение хода, приводящего к пату.

$$\forall_{abcprqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, -b, c) \ \& \ \text{одинкороль}(a) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \ \& \ \text{возмход}(a, p, q) \ \& \ \text{полефигуры}(a, b, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, c, y))) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{ходфигуры}(A, c, x) \ \& \ \text{возмход}(A, c, x))) \rightarrow \text{пат}(a, s))$$

В позиции a у противника остался только король. Уже был выделен для рассмотрения ход s своей фигурой, причем этот ход в позиции a допустим. После него чужой король не атакован и не может сделать ни одного хода. Выводится следствие, указывающее, что ход s приведет к пату.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента, а также четвертый и пятый антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания приема равен 4.

3.5.15 Выбор хода

Приемы, описанные в предыдущих разделах, выполняли анализ текущей позиции для получения предварительной информации, используемой при выборе хода. Лишь в редких случаях они немедленно выбирали ход. В данном разделе приводятся приемы, завершающие анализ позиции и выбирающие ход. Списки их фильтров, безусловно, требуют пополнения - они оказались достаточными лишь для рассматривавшихся примеров. Так как обучающий материал, рассмотренный к текущему моменту, в основном был связан с достижением ближайшего материального выигрыша, ниже отсутствуют приемы, выбирающие ход из соображений позиционных преимуществ или из соображений развития фигур в дебюте. Это - лишь начальная стадия развития шахматного решателя, однако достаточная для иллюстрации принципиальных возможностей ГЕНОЛОГа.

1. Материальный выигрыш.

(а) Усмотрение материального выигрыша, превосходящего потери.

$$\forall_{ampqr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{выигрыш}(a, p, m) \ \& \ \text{смход}(p, q, r) \rightarrow \text{Выигрыш}(a, p, m))$$

Прием выделяет те приводящие к материальному выигрышу в m единиц ходы p с поля q на поле r , которые не противоречат защите своих фигур. Такие ходы обозначаются посылкой "Выигрыш".

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Проверяется выполнение следующих условий:

i. Выполняется одно из двух требований:

- А. Не существует посылки "потеря(a, b, n)", такой, что $b \neq q$, $n \geq m$; некоторая чужая фигура поля c , отличного от r , атакует фигуру b , причем ход p не загроживает от нее b ; отсутствует посылка "учетпотерь(a, p)", указывающая, что ход p прикрывает все возможные потери; отсутствует посылка "защход(a, p, b)", указывающая, что ход p прикрывает потери на поле b .
- В. Имеется посылка "шах(a, p, b)", причем фигура q менее ценная, чем фигура r .
- ii. Отсутствует посылка с заголовком "шахпотеря", означающая, что размены на некотором поле приводят к материальной потере, причем по окончании разменов свой король оказывается под шахом.
- iii. Отсутствует посылка "следпроигрыш(a, p)", указывающая на особые обстоятельства, в силу которых ход p , изначально дающий материальный выигрыш, впоследствии приводит к проигрышу.
- iv. Если посылка "выигрыш" выделена комментарием "смпотеря", т.е. выигрыш достигается первым же ходом, причем отсутствует посылка вида "защход(a, p, Z)", означающая, что ход p прикрывает потери на поле Z , то проверяется отсутствие другой посылки "выигрыш(a, X, N)", сопровождаемой посылкой "защход(a, X, Y)", $Y \neq q$. Таким образом отдается предпочтение указаниям на выигрыш, связанным с более глубоким анализом позиции.

Уровень срабатывания равен 5.

- (b) Отбрасывание ходов, дающих меньшее значение выигрыша.

$$\forall_{amnpq}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{выигрыш}(a, p, m) \ \& \ n < m \rightarrow \\ \text{Выигрыш}(a, q, n) \leftrightarrow \text{Выигрыш}(a, p, m))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, последний - выделен указателем "программа". Точка привязки выбрана во втором антецеденте. Уровень срабатывания равен 3.

- (c) Отбрасывание ходов, дающих равноценный выигрыш.

$$\forall_{aktmpqr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{Выигрыш}(a, p, m) \ \& \ \text{смХод}(a, p, r) \ \& \\ \text{угрмат}(r, k) \rightarrow \text{Выигрыш}(a, q, m))$$

При равных оценках выигрыша предпочтение отдается ходу, создающему угрозу мата.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследования. Нет указания, что после хода q появляется угроза мата. Отсутствует также указание на выигрыш, больший m . Уровень срабатывания равен 7.

- (d) Предпочтение ходу, подготавливающему шах со вскрытым нападением.

$$\forall_{aktmpqr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{Выигрыш}(a, p, m) \ \& \ \text{вскршах}(a, p, r, k) \rightarrow \\ \text{Выигрыш}(a, q, m))$$

Аналогично предыдущему, но вместо указания на угрозу мата рассматривается указание на шах, сопровождаемый вскрытым нападением. Уровень срабатывания равен 6.

- (e) Выбор хода, дающего материальный выигрыш.

$$\forall_{ampqr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{Выигрыш}(a, p, m) \ \& \ \text{смход}(p, q, r) \rightarrow \text{ход}(q, r))$$

На основе указания на выигрыш, покрывающий возможные потери, делается окончательный выбор хода.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка " $\text{Выигрыш}(a, c, N)$ ", у которой $m < N$. При равном значении выигрыша предпочтение отдается ходу взятия фигуры. Дополнительно блокируется ход взятия ферзем в начале партии, приводящий к "детскому мату". Уровень срабатывания равен 8.

2. Отход фигурой при угрозе ее потери.

- (a) Отбрасывание отхода на поле, находящееся под ударом, если возможен отход на поле, не находящееся под ударом.

$$\forall_{abcdpAB} (A = \text{Ход}(a, p, b) \ \& \ \exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, b, y)) \ \& \ B = \text{Ход}(a, p, c) \ \& \ \neg(\exists_{vw}(\text{атакует}(B, v, c, w)))) \rightarrow \text{отход}(a, p, \{b, c; d\}) \leftrightarrow \text{отход}(a, p, \{c; d\})$$

При отходе фигуры поля p на поле b она оказывается атакована чужой фигурой, а при отходе на поле c - нет.

Прием имеет заголовок "второйтерм" и применяется в задачах на исследование. Антецеденты выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 9.

- (b) Отбрасывание отхода на поле, при котором фигура теряется безвозмездно.

$$\forall_{abdpaA} (A = \text{Ход}(a, p, b) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, b, q) \ \& \ \text{ценаполя}(a, p) + q \leq 0 \rightarrow \text{отход}(a, p, \{b; d\}) \leftrightarrow \text{отход}(a, p, \{; d\}))$$

При отходе на поле b потери оказываются не меньшими ценности фигуры, совершающей отход.

Схема идентификации и уровень срабатывания такие же, как в предыдущем приеме.

- (c) Отбрасывание отхода на поле, при котором дается мат.

$$\forall_{abcdpA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, b) \ \& \ \text{мат}(A, \neg c) \rightarrow \text{отход}(a, p, \{b; d\}) \leftrightarrow \text{отход}(a, p, \{; d\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, третий и четвертый - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 9.

- (d) Определение потерь при отходе.

$$\forall_{abdmprA} (\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{отход}(a, p, \{b; d\}) \ \& \ \text{связход}(a, p, b, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, b) \rightarrow \text{ценаотхода}(a, p, b, m))$$

Выводятся указания на побочные потери, связанные с отходом фигуры.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 8.

- (e) Отбрасывание варианта отхода, у которого потери больше.

$$\forall_{abcdmp}(\text{ценаотхода}(a, p, b, m) \rightarrow \text{отход}(a, p, \{b, c; d\}) \leftrightarrow \text{отход}(a, p, \{c; d\}))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецедент идентифицируется с посылкой задачи на исследование. Отсутствует другая посылка "ценаотхода", указывающая не меньшее m значение потерь при отходе. Уровень срабатывания равен 9.

- (f) Отход при кратной угрозе, атакующий не менее ценную фигуру.

$$\forall_{abcdefgghmnpqrsA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{потеря}(a, c, n) \& \text{потеря}(a, b, m) \& \text{отход}(a, b, \{d; e\}) \& A = \text{Ход}(a, b, d) \& \text{атакует}(A, p, c, h) \& \text{ценазащиты}(A, d, r) \& 0 \leq r \& \text{атакует}(A, d, f, g) \& \neg(f = p) \& \text{ценаполя}(a, c) \leq \text{ценаполя}(A, f) \& \text{ценавзятия}(A, d, f, q) \& \text{ценаполя}(a, c) \leq q \rightarrow \text{смход}(s, b, d) \& \text{смзащита}(a, s))$$

Имеются указания на потерю в n единиц на поле c и потерю в m единиц на поле b . Других указаний на потери нет. При отходе фигуры b на поле d возникает позиция A , где фигура d имеет неотрицательную степень защищенности и атакует фигуру поля f . Фигура c атакована в позиции A фигурой поля p , отличного от f . Ценность фигуры c не превосходит как ценности фигуры f , так и оценки выигрыша при взятии фигуры f фигурой d . Делается вывод, что рассматриваемый отход фигуры b прикрывает все потери.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют прочие посылки с заголовком "потеря". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 7. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 8. В ней допускаются дополнительные посылки "потеря", но лишь такие, для которых величина потери меньше минимума из m, n .

- (g) Выбор одного из вариантов отхода.

$$\forall_{abctmpA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{потеря}(a, p, m) \& \text{отход}(a, p, \{b; c\}) \rightarrow \text{ход}(p, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует указание на выигрыш, больший m , а также на потерю, большую m . Отсутствует посылка "шахразвязка", указывающая, что некоторый ход фигурой p развязывает свою связанную фигуру. В такой ситуации ход будет выбираться другим приемом. Отсутствует посылка с заголовком "угрмат". Нет посылки "ценаотхода", указывающей, что рассматриваемый вариант отхода приводит к потерям, не меньшим m . Уровень срабатывания равен 11.

3. Ход, заслоняющий от нападения.

$$\forall_{abcdens}(\text{текпозиция}(a) \& \text{потеря}(a, c, n) \& \text{прикрход}(a, s, c, b) \& \text{смход}(s, d, e) \rightarrow \text{ход}(d, e))$$

Выбирается заслоняющий ход, атакующий чужого короля.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Они указывают, что на поле c ожидается потеря в n единиц и что ход s заслоняет эту фигуру от нападения на нее фигуры поля b , причем заслоняющая фигура оказывается защищена. Дополнительно проверяется выполнение следующих требований:

- (a) Имеется посылка, указывающая, что ход s атакует чужого короля.
- (b) Отсутствует указание на выигрыш, больший n .
- (c) Прочие посылки "потеря", если они есть, указывают на проигрыш, меньший n .
- (d) Отсутствует посылка "Атакует", указывающая, что фигура c атакована фигурой, отличной от b .

Уровень срабатывания равен 9. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 10. В ней не требуется, чтобы ход атаковал чужого короля, но требуется отсутствие посылки "опасход", относящейся к ходу s .

$$\forall_{abcdensA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \ \text{прикрход}(a, s, c, b) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценаполя}(a, d) < \text{ценаполя}(a, b) \ \& \ 1 < \text{card}(\text{set}_x(\exists_y(\text{атакует}(A, e, x, y)))) \rightarrow \text{ход}(d, e))$$

Выбирается заслоняющий ход, одновременно атакующий несколько различных фигур.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Имеется указание, что на поле c ожидается потеря в n единиц и что ход s заслоняет эту фигуру от нападения на нее фигуры поля b , причем заслоняющая фигура оказывается защищена. Ценность заслоняющей фигуры меньше ценности атакующей, причем заслоняющая фигура атакует более одной фигуры. Дополнительно проверяется выполнение следующих требований:

- (a) Отсутствует указание на выигрыш, больший n .
- (b) Прочие посылки "потеря", если они есть, указывают на проигрыш, меньший n .
- (c) Отсутствует посылка "Атакует", указывающая, что фигура c атакована фигурой, отличной от b .

Уровень срабатывания равен 9.

$$\forall_{abcdens}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \ \text{заслонфигуры}(a, s, c, b) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \rightarrow \text{ход}(d, e))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Они указывают, что на поле c ожидается потеря в n единиц и что ход s заслоняет эту фигуру от нападения на нее фигуры поля b . Дополнительно проверяется выполнение следующих требований:

- (a) Отсутствует посылка "опасход", относящаяся к ходу s .

- (b) Отсутствует указание на выигрыш, больший n .
- (c) Прочие посылки "потеря", если они есть, указывают на проигрыш, меньший n .
- (d) Отсутствует посылка "Атакует", указывающая, что фигура c атакована фигурой, отличной от b .

Уровень срабатывания равен 10.

4. Защищающий ход.

- (a) Усмотрение защищающего хода, прикрывающего все анализируемые точки потерь.

\forall_{acdens} (текпозиция(a) & потеря(a, c, n) & защход(a, s, c) & смход(s, d, e) \rightarrow смзащита(a, s))

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Для каждой посылки вида "потеря(a, X, N)" либо имеется посылка вида "прикрход(a, s, X, Y)", где фигура X атакована только фигурой Y , либо имеется посылка вида "защход(a, s, X)", где фигура X не атакована не связанной чужой фигурой, имеющей меньшую ценность. Уровень срабатывания равен 7.

- (b) Отбрасывание защищающего хода, не атакующего чужие фигуры, если есть защищающий ход, атакующий их.

$\forall_{abcdepqAB}$ (текпозиция(a) & смзащита(a, p) & смход(p, b, c) & смход(q, d, e) & $A = \text{Ход}(a, b, c)$ & $B = \text{Ход}(a, d, e)$ & \exists_{xym} (атакует(A, c, x, y) & ценавзятия(A, c, x, m) & $0 < m$) & $\neg(\exists_{uvm}$ (атакует(B, e, u, v) & ценавзятия(B, e, u, n) & $0 < n$)) \rightarrow смзащита(a, q))

Прикрывающий все потери ход p приводит к атаке на чужую фигуру с положительной оценкой выигрыша, а ход q - не приводит.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "огрзащиты(a, q, X, Y)", указывающая, что ход q связывает чужую фигуру, а также посылка "шахразмен(a, p)", указывающая, что ход p инициирует размен равноценных фигур. Уровень срабатывания равен 4.

- (c) Отбрасывание хода, не разрушающего связку, если есть ход, разрушающий ее.

$\forall_{abcdemnpqA}$ (текпозиция(a) & смзащита(a, p) & смход(p, b, c) & смход(q, d, e) & шахсвязка(a, m, n, b) & $A = \text{Ход}(a, b, c)$ & $\neg(\text{шахсвязка}(A, m, n, c))$ \rightarrow смзащита(a, q))

Прикрывающий все потери ход p развязывает свою фигуру, а ход q не развязывает своих фигур.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые пять антецедентов идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "шахсвязка(a, X, Y, d)", а также посылка вида "огрзащиты(a, q, X, Y)", указывающая, что ход q связывает чужую фигуру. Уровень срабатывания равен 5.

- (d) Отбрасывание хода, не связывающего чужую фигуру, если есть ход, связывающий ее.

$$\forall_{abpq}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смзащита}(a, p) \ \& \ \text{шахсвязывает}(a, p, b) \rightarrow \text{смзащита}(a, q))$$

Ход p связывает чужую фигуру, а ход q не связывает.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "шахсвязывает(a, q, X)". Уровень срабатывания равен 6.

- (e) Отбрасывание защищающего хода, приводящего к потере фигуры, защищавшейся фигурой, участвующей в разменах.

$$\forall_{abcdemnp rsABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смход}(p, b, c) \ \& \ \text{потеря}(a, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{Полефигуры}(A, d) \ \& \ \text{защищает}(A, m, d) \ \& \ \text{атакует}(A, s, d, n) \ \& \ B = \text{Ход}(A, s, d) \ \& \ \text{возмход}(B, c, d) \ \& \ C = \text{Ход}(B, c, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, m, r) \ \& \ r < 0 \rightarrow \text{смзащита}(a, p))$$

После защищающего хода p возникает позиция A , в которой потери на поле d предотвращены. Однако, противник может взять фигуру d , и после этого степень защищенности фигуры поля m , защищавшейся фигурой d , становится отрицательной.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 5.

- (f) Отбрасывание защищающего хода, не связывающего чужую фигуру, если есть ход, связывающий ее.

$$\forall_{abcdemnpq}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смзащита}(a, p) \ \& \ \text{смход}(p, b, c) \ \& \ \text{смход}(q, d, e) \ \& \ \text{огрзащиты}(a, p, m, n) \rightarrow \text{смзащита}(a, q))$$

Ход p связывает чужую фигуру поля m , а ход q - не развязывает своей фигуры и не связывает чужую.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "шахсвязка(a, X, Y, d)", означающая, что ход q развязал бы свою фигуру. Отсутствует также посылка вида "огрзащиты(a, q, X, Y)". Уровень срабатывания равен 5.

- (g) Отбрасывание защищающего хода ферзем в дебюте, если есть другой защищающий ход.

$$\forall_{abcdepqr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, r) \ \& \ \text{дебют}(a, r) \ \& \ \text{смзащита}(a, p) \ \& \ \text{смход}(p, b, c) \ \& \ \text{смход}(q, d, e) \ \& \ \text{шахфигура}(a, d) = \text{ферзь} \rightarrow \text{смзащита}(a, q))$$

Прием имеет заголовок "второйтерм". Третий и седьмой антецеденты выделены указателем "программа", остальные - идентифицируются с посылками задачи на исследование. Поля b, d различны. Отсутствует посылка вида "шахсвязка(a, X, Y, d)", т.е. ход ферзем не развязывает своей фигуры. Уровень срабатывания равен 5.

(h) Атака менее ценной фигурой при равном выигрыше.

$$\begin{aligned} & \forall_{abcdefgmnprqAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смзащита}(a, p) \ \& \ \text{смход}(p, b, c) \ \& \\ & \text{смход}(q, d, e) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ B = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \\ & \text{наибольший}(f, \text{set}_m(\exists_{xy}(\text{атакует}(A, c, x, y) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, c, x, m)))) \ \& \\ & 0 < f \ \& \ \text{наибольший}(g, \text{set}_n(\exists_{uv}(\text{атакует}(B, e, u, v) \ \& \ \text{ценавзятия}(B, e, u, n)))) \\ & \ \& \ f = g \ \& \ \text{ценаполя}(a, b) < \text{ценаполя}(a, d) \rightarrow \text{смзащита}(a, q) \end{aligned}$$

Для ходов p, q сравниваются оценки f, g материального выигрыша при взятии фигуры противника фигурой, сделавшей ход. Эти оценки оказываются равны, но ценность фигуры, делающей ход p , меньше ценности фигуры, делающей ход q .

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "огрзащиты(a, q, X, Y)", означающая, что ход q связывает чужую фигуру с последующим выигрышем, а также посылка вида "шахразмен(a, p)", означающая, что ход p инициирует обмен равноценных фигур. Уровень срабатывания равен 4.

(i) Отбрасывание хода, блокирующего мат и приводящего к материальным потерям, если имеется другой блокирующий ход, не связанный с потерями.

$$\begin{aligned} & \forall_{abfnprqB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{угрмат}(a, f) \ \& \\ & \exists_{cdemA}(\text{посылка}(\text{защмат}(a, f, c)) \ \& \ \neg(c = p) \ \& \ \text{посылка}(\text{смход}(c, d, e)) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, e, m) \ \& \ 0 < m) \ \& \ \text{смход}(p, q, r) \ \& \\ & B = \text{Ход}(a, q, r) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, r, n) \ \& \ n < 0 \rightarrow \text{защмат}(a, f, p) \end{aligned}$$

Имеется угроза мата ходом f . Ход p блокирует эту угрозу, но степень защищенности фигуры, сделавшей ход, оказывается отрицательной. Имеется другой блокирующий угрозу f ход, после которого степень защищенности положительная.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента и пятый антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 6.

(j) Отбрасывание хода, блокирующего немедленный мат, но сохраняющего форсированный мат.

$$\begin{aligned} & \forall_{abfpqrB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{угрмат}(a, f) \ \& \\ & \exists_{cdeA}(\text{посылка}(\text{защмат}(a, f, c)) \ \& \ \neg(c = p) \ \& \ \text{посылка}(\text{смход}(c, d, e)) \ \& \\ & A = \text{Ход}(a, d, e) \ \& \ \neg(\text{Форсмат}(A, \neg b, 2))) \ \& \ \text{смход}(p, q, r) \ \& \\ & B = \text{Ход}(a, q, r) \ \& \ \text{Форсмат}(B, \neg b, 2) \rightarrow \text{защмат}(a, f, p) \end{aligned}$$

Имеется угроза мата ходом f . Ход p блокирует эту угрозу, но не отменяет форсированного мата не более чем за два хода. Имеется другой блокирующий угрозу f ход, после которого форсированный мат в два хода не усматривается.

Схема идентификации такая же, как в предыдущем приеме, но уровень срабатывания равен 5.

(k) Выбор защищающего хода.

$\forall_{acdens}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, c, n) \ \& \ \text{смзащита}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, d, e) \rightarrow \text{ход}(d, e))$

Выбирается произвольный защищающий ход, удовлетворяющий ряду дополнительных условий.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана во втором из них. Проверяется выполнение следующих дополнительных условий:

- i. Отсутствует посылка вида "выигрыш(a, X, N)", где $N > n$.
- ii. Если защищающий ход делает король, то противник не может после этого атаковать его с положительной степенью защищенности атакующей фигуры.
- iii. Если отсутствует посылка вида "шахразвитие(a, s)", означающая, что ход s направлен на развитие фигур, то отсутствует посылка "шахразвитие(a, X)" для другого хода X , либо прикрывающего все потери, либо инициирующего размен равноценных фигур.
- iv. Отсутствует посылка вида "ценаотхода(a, d, e, N)", у которой $N \geq n$.
- v. Отсутствует посылка вида "следпроигрыш(a, s)".

Уровень срабатывания равен 9. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 11. У нее отброшены второе и пятое из приведенных выше дополнительных условий.

- (1) Выбор хода, блокирующего немедленный мат.

$\forall_{abcst}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{угрмат}(a, s) \ \& \ \text{защмат}(a, s, t) \ \& \ \text{смход}(t, b, c) \rightarrow \text{ход}(b, c))$

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование, причем точка привязки выбрана в третьем из них. Уровень срабатывания равен 11.

5. Контратакующий ход.

$\forall_{abcdemps}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, p, m) \ \& \ \text{огрзащиты}(a, s, d, e) \ \& \ \text{контратака}(a, s, p) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \rightarrow \text{ход}(b, c))$

Ход s создает контратаку, способную прикрыть потерю на поле p . Он связывает чужую фигуру поля d , в результате чего противник может потерять фигуру поля e .

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "выигрыш(a, X, N)", у которой $m < N$. Отсутствует посылка вида "потеря(a, X, N)", у которой X отлично от b, p и $N \geq m$. Отсутствует пара посылок вида "шахразвязка(a, X, Y)", "смход(X, p, Z)". Уровень срабатывания равен 9.

$\forall_{abcdemps}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{потеря}(a, p, m) \ \& \ \text{контратака}(a, s, p) \ \& \ \text{смход}(s, b, c) \rightarrow \text{ход}(b, c))$

Ход s создает контратаку, способную прикрыть потерю на поле p .

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. В дополнение к требованиям, перечисленным в предыдущем приеме, проверяется, что если отсутствует посылка вида "шахразвитие(a, s)", означающая, что ход s направлен на развитие фигур, то отсутствует посылка "шахразвитие(a, X)" для другого хода X , либо прикрывающего все потери, либо инициирующего размен равноценных фигур. Уровень срабатывания равен 10.

6. Выбор хода, компенсирующего потери.

$$\forall_{abmpqr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{выигрыш}(a, p, m) \ \& \ \text{потеря}(a, b, m) \ \& \ \text{смход}(p, q, r) \rightarrow \text{ход}(q, r))$$

Ход p приводит к выигрышу, оценка которого не меньше оценки потерь.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка вида "защход(a, p, b)", а также посылка вида "потеря(a, X, N)", у которой $N > m$. Уровень срабатывания равен 12.

7. Шах, позволяющий преодолеть кратные угрозы своим фигурам.

$$\forall_{apqs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{отвлшах}(a, s) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \rightarrow \text{ход}(p, q))$$

Имеется указание, что ход s дает шах чужому королю и позволяет преодолеть угрозы своим фигурам.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 9.

8. Проходная пешка.

(a) Атака чужой проходной пешки.

$$\forall_{abpqrs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{атакапешки}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \rightarrow \text{ход}(p, q))$$

Имеется указание, что ход s предпринимается для атаки проходной пешки поля b .

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 7.

(b) Ход, связанный с продвижением своей проходной пешки.

$$\forall_{abnpqs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, n) \ \& \ \text{продвпешки}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \rightarrow \text{ход}(p, q))$$

Имеется указание, что ход s предпринимается для продвижения своей проходной пешки поля b .

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует проходная пешка, находящаяся ближе к последней горизонтали. Отсутствует посылка "пат(a, s)". Отсутствует другой выделенный для продвижения пешки b ход, после которого она оказывается ближе к последней горизонтали, чем в случае хода

s . Уровень срабатывания равен 6. Создана еще одна версия приема, срабатывающая на уровне 7. В ней требуется лишь, чтобы ход s не приводил к пату.

9. Связки фигур.

- (a) Ход, развязывающий атакующую фигуру.

$$\forall_{abdempsA}(\text{шахразвязка}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, d, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{связнападение}(a, b, e) \rightarrow \text{ход}(d, p))$$

Ход s развязывает фигуру поля b , атакующую чужую фигуру поля e , причем степень защищенности сделавшей ход фигуры положительная.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствуют посылки "пат(a, s)" и "возмшах(a, s)", означающие, что ход s не приводит к пату и не оставляет противнику возможность дать шах. Уровень срабатывания равен 11. Создана еще одна версия приема, в которой отсутствует требование про посылку "возмшах". Она срабатывает на уровне 12.

- (b) Ход, атакующий чужую связанную фигуру.

$$\forall_{admnps}(\text{нападсвязка}(a, s, m, n) \ \& \ \text{смход}(s, d, p) \rightarrow \text{ход}(d, p))$$

Ход s атакует чужую фигуру поля m , связанную чужой фигурой поля n .

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка "пат(a, s)". Не существует другого хода, у которого число связанных с ним посылок "нападсвязка" больше, чем у хода s . Отсутствует посылка "блоксвязки", указывающая на ход, способный предотвратить угрозу создания связки своей фигуры. Уровень срабатывания равен 12.

- (c) Выбор хода, обеспечивающего развязку фигуры.

$$\forall_{abdpqs}(\text{шахразвязка}(a, s, b) \ \& \ \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, q) \rightarrow \text{ход}(d, p))$$

Ход s развязывает свою фигуру b и нападает на чужую фигуру q .

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка "пат(a, s)". Уровень срабатывания равен 13.

- (d) Выбор хода, связывающего чужую защищающую фигуру.

$$\forall_{abcdp}(\text{огрзащиты}(a, s, b, c) \ \& \ \text{смход}(s, d, p) \rightarrow \text{ход}(d, p))$$

Ход s связывает чужую фигуру поля b , ранее защищавшую фигуру поля c , в результате чего возникает угроза потери этой фигуры.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка "пат(a, s)", а также посылки с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 11.

(е) Блокировка связывания своей фигуры.

$$\forall_{abcdpqs}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{дебют}(a, b) \ \& \ \text{блоксвязки}(a, s, c, d) \ \& \ \text{смход}(s, p, q) \rightarrow \text{ход}(p, q))$$

Ход s в дебюте может предотвратить возможность связывания своей фигуры поля c , заслоняющей свою фигуру поля d .

Прием имеет заголовок "вывод". Третий антецедент выделен указателем "программа", остальные - идентифицируются с посылками задачи на исследование. Отсутствует посылка с заголовком "блокзащиты", означающая, что некоторый ход блокирует защиту одной чужой фигуры другой фигурой. Уровень срабатывания равен 13.

10. Нападение на фигуры.

(а) Отбрасывание ходов, приводящих к вилке.

$$\forall_{abcdmnpqrstAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смход}(p, q, r) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ A = \text{Ход}(a, q, r) \ \& \ \text{нападение}(A, r, c, d) \ \& \ B = \text{Ход}(A, c, d) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, d, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{атакует}(B, d, s, t) \ \& \ \text{ценаполя}(A, c) < \text{ценаполя}(A, r) \ \& \ \text{ценаполя}(A, c) < \text{ценаполя}(B, s) \ \& \ m \leq \min(\text{ценаполя}(A, r), \text{ценаполя}(B, s)) - \text{ценаполя}(A, c) \rightarrow \text{выигрыш}(a, p, m))$$

Усмотрен ход p своей фигурой на поле r , приводящий к выигрышу в m единиц. После этого хода возникает позиция A , где противник может ответным ходом фигуры поля c атаковать как фигуру r , так и некоторую другую фигуру поля s . Степень защищенности фигуры противника, сделавшей ход, положительна. Ее ценность меньше ценностей фигур r, s . Разность минимума последних ценностей и ценности фигуры c не менее m . В этой ситуации ход p отбрасывается.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первый три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

(б) Выбор хода, блокирующего защиту чужой фигуры.

$$\forall_{abcdnprqsA}(\text{блокзащиты}(a, s, b, c) \ \& \ \text{смход}(s, d, p) \ \& \ A = \text{Ход}(a, d, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, n) \ \& \ 0 \leq n \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, q) \rightarrow \text{ход}(d, p))$$

Ход s блокирует защиту чужой фигуры поля b фигурой поля c . Кроме того, он был выделен как атакующий чужую фигуру поля q . Степень защищенности фигуры после ее хода s неотрицательная.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "пат(a, s)". Уровень срабатывания равен 13.

(с) Выбор хода, берущего фигуру, делающую шах.

$$\forall_{abcdefp}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{король}(a, b, p) \ \& \ \text{атакует}(a, c, p, d) \ \& \ \text{атакует}(a, e, c, f) \rightarrow \text{ход}(e, c))$$

Чужая фигура поля s атакует короля, а своя фигура поля e атакует фигуру s . Выбирается ход взятия фигуры s . Прием срабатывает на высоком уровне, когда прочие приемы не сработали. Впрочем, даже в таком случае его фильтры нуждаются в существенном дополнении при продолжении обучения. На рассмотренных примерах дополнительных ограничений не потребовалось.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 14.

(d) Выбор нападающего хода.

$$\forall_{adnpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{шахнападение}(a, s, q) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, d, p) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, p, n) \ \& \ 0 \leq n \rightarrow \text{ход}(d, p))$$

Ход s был выделен для рассмотрения как нападающий, причем степень защищенности сделавшей его фигуры оказывается неотрицательной.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка "пат(a, s)". Уровень срабатывания равен 15.

11. Угроза мата.

(a) Отбрасывание ходов, не устраняющих угрозы мата.

$$\forall_{abcdpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{угрмат}(a, p) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{Форсмат}(A, \neg b, 2) \rightarrow \text{смзащита}(a, s))$$

$$\forall_{abcdpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{угрмат}(a, p) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{Форсмат}(A, \neg b, 2) \rightarrow \text{шахнападение}(a, s, q))$$

$$\forall_{abcdmpsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{угрмат}(a, p) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \ \text{Форсмат}(A, \neg b, 2) \rightarrow \text{выигрыш}(a, s, m))$$

Имеется указание на угрозу мата ходом противника p . Ход s выделен как защищающий, либо атакующий, либо даже как приносящий материальный выигрыш. Во всех этих случаях после него противник дает мат не более чем за 2 хода.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые четыре антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровни срабатывания равны 2 и 4.

(b) Отбрасывание ходов, приводящих к мату.

$$\forall_{abcdqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(a, c, d) \ \& \\ \text{мат}(A, \neg b) \rightarrow \text{выигрыш}(a, s, q))$$

Непосредственно после хода s , обеспечивающего материальный выигрыш, противник ставит мат.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 2.

$$\forall_{abcdefmnpqsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, p) \ \& \ \text{смход}(s, e, f) \ \& \\ b = \text{Ход}(a, e, f) \ \& \ \text{король}(b, p, q) \ \& \ \text{нападение}(b, q, c, d) \ \& \ A = \text{Ход}(b, c, d) \\ \& \ \text{ценазащиты}(A, d, n) \ \& \ 0 < n \ \& \ \text{форснат}(A, p, 2) \rightarrow \text{выигрыш}(a, s, m))$$

После хода s , обеспечивающего материальный выигрыш, противник атакует короля, и далее дает ему форсированный мат не более чем за 2 хода.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "угрнат". Уровень срабатывания равен 3.

(с) Ход, разрушающий угрозу мата.

$$\forall_{apqr}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахразруш}(a, p, \text{Угрнат}) \ \& \ \text{смход}(p, q, r) \rightarrow \text{ход}(q, r))$$

Было усмотрено, что ход p разрушает угрозу мата своему королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с посылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 8.

12. Развитие фигур.

В разделе, посвященном дебютам, было создано несколько приемов, выделяющих с помощью посылок "шахмразвитие" ходы, предназначенные для развития фигур. В действительности систематической проработки дебютов пока не предпринималось, и эти приемы - не более чем предварительный наивный набросок, своего рода информация для размышления. Была предпринята попытка извлечь их из шахматной энциклопедии дебютов с помощью незначительных обобщений. Они слабо учитывают сопровождающий контекст и зачастую выбирают совершенно ошибочные ходы. С высокой вероятностью, такие приемы будут заменены другими, в меньшей степени привязанными к конкретным позициям дебютных заготовок и основанными на общей логике развития фигур в дебюте. Для их создания проработка серии обучающих примеров будет продолжена. Здесь мы приведем несколько приемов окончательного выбора хода, связанных развитием фигур - в основном по посылкам "шахмразвитие".

(а) Отбрасывание хода, создающего меньшую материальную угрозу противнику.

$$\forall_{abcdefgmpqAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахмразвитие}(a, p) \ \& \ \text{смход}(p, b, c) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{атакует}(A, c, d, e) \ \& \ \text{ценавзятия}(A, c, d, m) \ \& \ 0 < m \ \& \\ \text{смход}(q, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \neg(\exists_{xyn}(\text{атакует}(B, g, x, y) \ \& \\ \text{ценавзятия}(B, g, x, n) \ \& \ m \leq n)) \rightarrow \text{шахмразвитие}(a, q))$$

Выделен ход q , введенный для развития фигур в дебюте. Выделен также другой ход p развития фигур, который приводит к атаке чужой фигуры с положительной оценкой m материального выигрыша. Ход q не атакует чужой фигуры с не меньшей оценкой такого выигрыша.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента и восьмой антецедент идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка вида "защход(a, q, X)". Уровень срабатывания равен 6.

- (b) Отбрасывание хода, не защищающего атакуемую фигуру, если имеется такой ход.

$$\forall_{abcdfgppqAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахмразвитие}(a, p) \ \& \ \text{смход}(p, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{защищает}(A, d, c) \ \& \ \exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, d, y)) \ \& \ \text{смход}(q, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \neg(\exists_{uvw}(\text{защищает}(B, u, g) \ \& \ \text{атакует}(B, v, u, w)))) \rightarrow \text{шахмразвитие}(a, q))$$

Выделен ход q , введенный для развития фигур в дебюте. Выделен также другой ход p развития фигур, который приводит к защите атакующей фигуры, в то время как ход q этого не делает.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 7.

- (c) Отбрасывание хода, не защищающего продвинутую вперед фигуру, если имеет такой ход.

$$\forall_{abcdfgppqAB}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{шахмразвитие}(a, p) \ \& \ \text{смход}(p, b, c) \ \& \ A = \text{Ход}(a, b, c) \ \& \ \text{защищает}(A, d, c) \ \& \ 3 < \text{горизлин}(d) \ \& \ \text{смход}(q, f, g) \ \& \ B = \text{Ход}(a, f, g) \ \& \ \neg(\exists_u(\text{защищает}(B, u, g) \ \& \ 3 < \text{горизлин}(u)))) \rightarrow \text{шахмразвитие}(a, q))$$

Выделен ход q , введенный для развития фигур в дебюте. Выделен также другой ход p развития фигур, который приводит к защите фигуры, находящейся не ниже четвертой горизонтали, в то время как ход q этого не делает.

Прием имеет заголовок "второйтерм". Первые три антецедента и седьмой антецедент идентифицируются с послылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Уровень срабатывания равен 8.

- (d) Рокировка.

$$\forall_{abcds}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{дебют}(a, b) \ \& \ \text{смрокировка}(s, a) \ \& \ \text{смход}(s, c, d) \rightarrow \text{ход}(c, d))$$

Есть указание о целесообразности хода рокировки s в текущей дебютной позиции. Этот ход делается.

Прием имеет заголовок "вывод". Третий антецедент выделен указателем "программа", остальные - идентифицируются с послылками задачи на исследование. Уровень срабатывания равен 13.

- (e) Выбор хода развития фигур.

$$\forall_{adps}(\text{смход}(s, d, p) \ \& \ \text{шахмразвитие}(a, s) \rightarrow \text{ход}(d, p))$$

Выбирается произвольный ход развития фигур, не приводящий к пату.

Прием имеет заголовок "вывод". Антецеденты идентифицируются с послылками задачи на исследование. Отсутствует послылка "пат(a, s)". Уровень срабатывания равен 14.

3.5.16 Дебюты

В различных энциклопедиях шахматных дебютов накоплен огромный материал, указывающий стандартные ответные ходы в стандартных началах шахматных партий. Если партия точно укладывается в рамки одного из этих шаблонов, то в решатель можно занести соответствующий прием, сразу же выбирающий ход. Трудность состоит в том, что малейшее отклонение от стандарта ставит такой решатель в тупик. В особенности нелепо он будет выглядеть, если противником является новичок, делающий совершенно ошибочные ходы. Поэтому, как и выше, при планировании тактических действий, ориентированных на достижение материального преимущества, обучение решателя игре в дебюте должно основываться не столько на регистрации в нем энциклопедических рекомендаций, сколько на анализе многочисленных примеров дебютных позиций и извлечении из них общей логики выбора лучшего хода. По-видимому, такая логика должна быть уложена в рамки различных локальных переборов, связанных с теми или иными целевыми установками.

Пока эта работа не проделана, так как использованный учебник-задачник шахматной игры был нацелен, главным образом, на тактику достижения материального преимущества. Автор не является шахматистом и лишь ставит своей целью переизложение на ГЕНОЛОГе логики рассуждений шахматиста, изложенной в шахматных пособиях. В той степени, в которой эта логика может быть извлечена из учебников-задачников по дебютам, она и будет перенесена в решатель.

При извлечении простейших приемов выбора хода из дебютной энциклопедии была предпринята попытка несколько обобщить контекст их применения. В приеме указываются положения лишь малой части фигур, предположительно наиболее существенных для принятия решения. Иногда указание на ход имеет лишь рекомендательный характер - в виде посылки "шахмразвитие", однако в большинстве случаев оно является обязательным. Такого рода "обрубки" дебютных заготовок часто выбирают совершенно нелепые ходы, и создание их являлось лишь попыткой проанализировать возможности данного подхода. По мере систематической проработки обучающих примеров они, скорее всего, будут полностью вытеснены другими приемами. Тем не менее, мы перечислим их ниже, как некую стартовую версию.

Почти все приводимые далее приемы разделены на две большие группы - ход белых фигур и ход черных. В отличие от предыдущих разделов, мы не станем сколь-нибудь подробно комментировать смысл приема и даже не будем указывать схемы идентификации посылок, которая везде легко восстанавливается. Помимо теоремы приема, будут указываться лишь фильтры и уровень срабатывания. Напомним, что первый ход решателя $e2 - e4$ делается автоматически и к дебютным приемам не относится. Используемый повсеместно оператор "дебют" проверяет, что не менее 10 фигур остаются на своих исходных позициях.

1. Белые фигуры.

(a) Короткая рокировка.

i. Фланговые пешки не двигались.

$$\forall_{abcdp}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{король}(a, 0, p) \ \& \\ \text{полефигуры}(a, 0, (6, 2)) \ \& \ \text{полефигуры}(a, 0, (7, 2)) \ \& \\ \text{полефигуры}(a, 0, (8, 2)) \ \& \ \text{рокировка}(a, 0, b, c, d) \ \& \ \text{возмход}(a, p, b) \ \rightarrow \\ \text{ход}(p, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствуют посылки с заголовками "блоксвязки", "смзащита", "потеря". Отсутствует посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш фигуры, отличной от пешки. Отсутствует комментарий об угрозе мата. Уровень срабатывания приема равен 7.

ii. Рокировка в гамбите Полерио.

$$\forall_{abcdp}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{король}(a, 0, p) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (7, 4)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{ферзь}(a, 0, (4, 1)) \ \& \ \text{рокировка}(a, 0, b, c, d) \ \& \ \text{возмход}(a, p, b) \rightarrow \text{ход}(p, b))$$

Жертва коня на $f3$, атакованного пешкой $g4$. Также имеются своя пешка на $e4$ и свой ферзь на исходной позиции.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(b) Вывод коня на $f3$.

i. Вывод коня на $f3$ - общий случай.

$$\forall_{amsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (7, 1)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 1), (6, 3)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (7, 1), (6, 3)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (6, 3), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{смход}(s, (7, 1), (6, 3)) \ \& \ \text{шахмразвитие}(a, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Вводится новая переменная s . Уровень срабатывания равен 5.

ii. Вывод коня на $f3$, чтобы остановить пешку $f4$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (7, 1)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (6, 4)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 1), (6, 3)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (7, 1), (6, 3)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (6, 3), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((7, 1), (6, 3)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

iii. Вывод коня на $f3$, чтобы напасть на пешку $d4$, если белый слон на $c4$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (7, 1)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (4, 4)) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (3, 4)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 1), (6, 3)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (7, 1), (6, 3)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (6, 3), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((7, 1), (6, 3)))$$

Аналогично предыдущему.

iv. Вывод коня на $f3$ для нападения на пешку $e5$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, (5, 5), x))) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (7, 1)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 1), (6, 3)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (6, 3), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((7, 1), (6, 3)))$$

Чужая пешка на $e5$ ничем не защищена.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(c) Вывод пешки на $d4$.

i. Вывод пешки на $d4$ для нападения на пешку $e5$ (общий случай).

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 2)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \& \text{возмход}(a, (4, 2), (4, 4)) \& A = \text{Ход}(a, (4, 2), (4, 4)) \& \text{ценазащиты}(A, (4, 4), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((4, 2), (4, 4)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует посылка вида "потеря(a, c, n)", где $n > 1$. Уровень срабатывания равен 8.

ii. Вывод пешки на $d4$ в дебюте слона.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 2)) \& \text{слон}(a, 0, (3, 4)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \& \text{возмход}(a, (4, 2), (4, 4)) \& A = \text{Ход}(a, (4, 2), (4, 4)) \& \text{ценазащиты}(A, (4, 4), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((4, 2), (4, 4)))$

Прием имеет заголовок "вывод". На поле $d5$ своей пешки нет. Уровень срабатывания равен 6.

iii. Вывод пешки на $d4$ для поддержания продвижения пешки $e4$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 2)) \& \text{пешка}(a, 1, (4, 6)) \& \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{возмход}(a, (4, 2), (4, 4)) \& A = \text{Ход}(a, (4, 2), (4, 4)) \& \text{ценазащиты}(A, (4, 4), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((4, 2), (4, 4)))$

Своя пешка находится на $e4$, а свой конь $f3$ контролирует поле $d4$. Чужая пешка уже выведена на $d6$.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на возможность потери. На поле $c4$ нет своего слона. Уровень срабатывания равен 7.

iv. Вывод пешки на поле $d4$, защищенное конем $f3$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 2)) \& \text{конь}(a, 1, (5, 4)) \& \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{возмход}(a, (4, 2), (4, 4)) \& A = \text{Ход}(a, (4, 2), (4, 4)) \& \text{ценазащиты}(A, (4, 4), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((4, 2), (4, 4)))$

Чужой конь находится на $e4$, а свой - на $f3$.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует посылка с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 7.

(d) Вывод слона на $b5$ для связывания коня $c6$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{слон}(a, 0, (6, 1)) \& \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \& \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{возмход}(a, (6, 1), (2, 5)) \& A = \text{Ход}(a, (6, 1), (2, 5)) \& \text{ценазащиты}(A, (2, 5), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((6, 1), (2, 5)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(e) Вывод коня на $c3$.

i. Вывод коня на $c3$ - общее развитие фигур.

$\forall_{amsA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{конь}(a, 0, (2, 1)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{возмход}(a, (2, 1), (3, 3)) \& A = \text{Ход}(a, (2, 1), (3, 3)) \& \text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{смход}(s, (2, 1), (3, 3)) \& \text{шахмразвитие}(a, s))$

Прием имеет заголовок "вывод". Вводится новая переменная s . Уровень срабатывания равен 5.

- ii. Вывод коня на $c3$ для защиты пешки $d5$ и нападения на пешку $e4$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (2, 1)) \ \& \\ \text{пешка}(a, 1, (5, 4)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \\ \text{возмход}(a, (2, 1), (3, 3)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (2, 1), (3, 3)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((2, 1), (3, 3)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

- iii. Вывод коня на $c3$ для защиты пешки $e4$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (2, 1)) \ \& \\ \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \\ \text{возмход}(a, (2, 1), (3, 3)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (2, 1), (3, 3)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((2, 1), (3, 3)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Другой свой конь не находится на поле $f3$. Отсутствует посылка, указывающая на возможную потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 7.

- (f) Вывод слона на $c4$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (6, 1)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (4, 5)) \\ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 1), (3, 4)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (6, 1), (3, 4)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (3, 4), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \\ \text{ход}((6, 1), (3, 4)))$$

Слон защищает коня $d5$. Противник уже вывел коня на $c6$.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует посылка, указывающая на возможную потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 6.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (6, 1)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \\ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (3, 3)) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 1), (3, 4)) \\ \& \ A = \text{Ход}(a, (6, 1), (3, 4)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (3, 4), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \\ \text{ход}((6, 1), (3, 4)))$$

Кони уже выведены на поля $c3$, $f3$. На поле $e4$ находится своя пешка.

Прием имеет заголовок "вывод". Чужой конь не находится на поле $c6$. Отсутствует посылка, указывающая на возможную потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 7.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (6, 1)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \\ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \neg(\exists_{xy}(\text{атакует}(a, x, (5, 4), y))) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 1), (3, 4)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (6, 1), (3, 4)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (3, 4), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \\ \text{ход}((6, 1), (3, 4)))$$

Своя пешка выведена на поле $e4$ и ничем не атакована.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствуют посылки с заголовками "потеря" и "выигрыш". Уровень срабатывания равен 8.

- (g) Вывод пешки на $h4$ для нападения на черную пешку $g5$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (8, 2)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (7, 5)) \ \& \ \text{возмход}(a, (8, 2), (8, 4)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (8, 2), (8, 4)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (8, 4), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((8, 2), (8, 4)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 9.

- (h) Вывод коня на g5 после нападения черной пешки g4.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (8, 4)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (7, 4)) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 3), (7, 5)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (6, 3), (7, 5)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (7, 5), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((6, 3), (7, 5)))$$

Черная пешка напала на коня f3, и он делает ход вперед. Своя пешка уже выведена на h4.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 8.

- (i) Вывод пешки на e5 для нападения на коня f6.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{возмход}(a, (5, 4), (5, 5)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (5, 4), (5, 5)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (5, 5), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((5, 4), (5, 5)))$$

Чужой конь находится на f6, а свой - на f3.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 8.

- (j) Вывод слона на e2 для создания угрозы нападения на коня h5.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (6, 1)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (8, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 1), (5, 2)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (6, 1), (5, 2)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (5, 2), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((6, 1), (5, 2)))$$

Чужой конь на h5 оказывается заслонен своим конем на f3 от атаки слоном, перешедшим на e2.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

- (k) Взятие пешкой e4 пешки d5, если она защищена только ферзем.

$$\forall_a(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (4, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, (4, 5), x)) \ \& \ \neg(\text{шахфигура}(a, x) = \text{ферзь})) \ \& \ \text{возмход}(a, (5, 4), (4, 5)) \rightarrow \text{ход}((5, 4), (4, 5)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на возможность потери своей фигуры. Свой слон не находится на поле b5. Уровень срабатывания равен 7.

- (l) Шах слоном на b5, если он поддержан пешкой на d5.

$$\forall_{abmA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (6, 1)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 1), (2, 5)) \ \& \ \text{король}(a, 1, (5, 8)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (6, 1), (2, 5)) \ \& \ \text{атакует}(A, (2, 5), (5, 8), b) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (2, 5), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((6, 1), (2, 5)))$$

$\forall_{abmA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{слон}(a, 0, (3, 4)) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 5))$
 $\& \text{дебют}(a, 0) \& \text{возмход}(a, (3, 4), (2, 5)) \& \text{король}(a, 1, (5, 8)) \&$
 $A = \text{Ход}(a, (3, 4), (2, 5)) \& \text{атакует}(A, (2, 5), (5, 8), b) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (2, 5), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((3, 4), (2, 5)))$

Приемы имеют заголовок "вывод". Отсутствует указание на возможность потери своей фигуры. Уровень срабатывания равен 8.

(m) Вывод пешки на с3.

i. Вывод пешки на с3 для подготовки вывода пешки на d4.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (3, 2)) \&$
 $\text{пешка}(a, 0, (4, 2)) \& \& \text{слон}(a, 1, (3, 5)) \& \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \&$
 $\text{дебют}(a, 0) \& \text{возмход}(a, (3, 2), (3, 3)) \& A = \text{Ход}(a, (3, 2), (3, 3)) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((3, 2), (3, 3)))$

Поле d4 атаковано чужими слоном и конем.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (3, 2)) \&$
 $\text{пешка}(a, 0, (4, 2)) \& \& \text{слон}(a, 1, (3, 5)) \& \text{дебют}(a, 0) \&$
 $\text{возмход}(a, (3, 2), (3, 3)) \& A = \text{Ход}(a, (3, 2), (3, 3)) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((3, 2), (3, 3)))$

Аналогично предыдущему, но поле d4 атаковано только слоном. Уровень срабатывания равен 7.

ii. Вывод пешки на с3 для нападения на черную пешку d4.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (3, 2)) \&$
 $\text{дебют}(a, 0) \& \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \& \text{пешка}(a, 1, (4, 4)) \&$
 $\text{ценазащиты}(a, (4, 4), n) \& 0 < n \& \text{возмход}(a, (3, 2), (3, 3)) \&$
 $A = \text{Ход}(a, (3, 2), (3, 3)) \& \text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \& 0 \leq m \rightarrow$
 $\text{ход}((3, 2), (3, 3)))$

Чужая пешка d4 атакована конем f3.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует как указание на возможность потери своей фигуры, так и на возможность выигрыша чужой фигуры. Пешки не учитываются. Уровень срабатывания равен 6.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (3, 2)) \& \text{дебют}(a, 0)$
 $\& \text{пешка}(a, 1, (4, 4)) \& \text{возмход}(a, (3, 2), (3, 3)) \& A = \text{Ход}(a, (3, 2), (3, 3))$
 $\& \text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((3, 2), (3, 3)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 8.

iii. Вывод пешки на с3 для нападения на слона b4.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (3, 2)) \&$
 $\text{пешка}(a, 0, (4, 2)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{слон}(a, 1, (2, 4)) \&$
 $\text{возмход}(a, (3, 2), (3, 3)) \& A = \text{Ход}(a, (3, 2), (3, 3)) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((3, 2), (3, 3)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

iv. Вывод пешки на с3 для поддержки ферзем слона a4.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (3, 2)) \&$
 $\text{пешка}(a, 0, (2, 2)) \& \text{слон}(a, 0, (1, 4)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{конь}(a, 1, (3, 6))$

$\& \text{возмход}(a, (3, 2), (3, 3)) \& A = \text{Ход}(a, (3, 2), (3, 3)) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (3, 3), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((3, 2), (3, 3)))$

Чужой слон $c6$ атакует слона $a4$.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на возможность потери своей фигуры. Уровень срабатывания равен 6.

(п) Вывод ферзя на $e2$ для связывания черной пешки $e4$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 1, (5, 4)) \&$
 $\text{конь}(a, 0, (3, 3)) \& \text{ферзь}(a, 0, (4, 1)) \& \text{король}(a, 1, (5, 8)) \& \text{дебют}(a, 0)$
 $\& \text{возмход}(a, (4, 1), (5, 2)) \&$
 $\text{сквознконтроль}(a, 0, (5, 8), (5, 4), (4, 1), (5, 2)) \& A = \text{Ход}(a, (4, 1), (5, 2))$
 $\& \text{ценазащиты}(A, (5, 2), m) \& 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((4, 1), (5, 2)))$

Черный король находится на своем исходном поле. Конь $c3$ атакует чужую пешку $e4$. Свой ферзь, находящийся на исходной позиции, после хода на $e2$ не только атакует пешку $e4$, но и связывает ее в связке с чужим королем.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(о) Взятие пешки $e5$.

i. Взятие конем $f3$ пешки $e5$.

$\forall_{abAB}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \&$
 $\text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \& \text{пешка}(a, 1, (6, 6)) \& \text{ферзь}(a, 0, (4, 1)) \&$
 $\text{король}(a, 1, (5, 8)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \neg(\exists x(\text{защищает}(a, (5, 5), x) \&$
 $\neg(x = (6, 6)))) \& \text{возмход}(a, (6, 3), (5, 5)) \& A = \text{Ход}(a, (6, 3), (5, 5)) \&$
 $\text{возмход}(A, (4, 1), (8, 5)) \& B = \text{Ход}(A, (4, 1), (8, 5)) \&$
 $\text{атакует}(B, (8, 5), (5, 8)) \rightarrow \text{ход}((6, 3), (5, 5)))$

Свой конь на $f3$ атакует пешку $e5$, защищенную только пешкой $f6$. Если он берет пешку, то свой ферзь может сделать ход с $d1$ на $h5$ и дать шах чужому королю, расположенному на $e8$.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

$\forall_{anA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \&$
 $\text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \& \text{пешка}(a, 1, (6, 5)) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (5, 4))$
 $\& \text{возмход}(a, (6, 3), (5, 5)) \& A = \text{Ход}(a, (6, 3), (5, 5)) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (5, 5), n) \& 0 < n \rightarrow \text{ход}((6, 3), (5, 5)))$

Свой конь на $f3$ атакует пешку на $e5$, а чужая пешка на $f5$ атакует пешку $e4$. После взятия пешки $e5$ степень защищенности коня положительная.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

ii. Взятие пешкой $f4$ пешки $e5$ для нападения на коня $f6$.

$\forall_a(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 0) \& \text{пешка}(a, 0, (6, 4)) \&$
 $\text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \& \text{конь}(a, 0, (3, 3)) \& \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \&$
 $\neg(\text{пешка}(a, 1, (4, 6))) \& \text{дебют}(a, 0) \& \text{возмход}(a, (6, 4), (5, 5)) \rightarrow$
 $\text{ход}((6, 4), (5, 5)))$

Своя пешка $f4$ атакована пешкой $e5$, которую защищает пешка $d6$. Чужой конь находится на $f6$, а свой - на $c3$.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на возможность потери своей фигуры. Уровень срабатывания равен 6.

iii. Взятие пешкой $d4$ пешки $e5$ для нападения на коня $f6$.

$$\forall_a(\text{темпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 4)) \ \& \\ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \\ \& \ \text{возмход}(a, (4, 4), (5, 5)) \rightarrow \text{ход}((4, 4), (5, 5)))$$

Своя пешка $d4$ атакует пешку $e5$, причем на поле $f6$ расположен чужой конь. Свой конь находится на поле $f3$.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на возможность потери своей фигуры. Уровень срабатывания равен 7.

(p) Взятие пешкой $d3$ пешки $e4$.

$$\forall_a(\text{темпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 3)) \ \& \\ \text{пешка}(a, 0, (4, 5)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 4)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{ферзь}(a, 0, (4, 1)) \\ \& \ \text{возмход}(a, (4, 3), (5, 4)) \rightarrow \text{ход}((4, 3), (5, 4)))$$

Свои пешки находятся на $d3$ и $d5$, чужая - на $e4$. Свой ферзь - на исходной позиции.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на возможность потери своей фигуры. Уровень срабатывания равен 7.

(q) Шах ферзем на $h5$.

$$\forall_{ampA}(\text{темпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{ферзь}(a, 0, (4, 1)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \\ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (7, 7)) \ \& \ \text{король}(a, 1, (5, 8)) \ \& \\ \neg(\text{Полефигуры}(a, (6, 7))) \ \& \ \text{возмход}(a, (4, 1), (8, 5)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (4, 1), (8, 5)) \ \& \ \text{атакует}(A, (8, 5), (5, 8), p) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (8, 5), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((4, 1), (8, 5)))$$

Чужие пешки находятся на $e5$ и $g7$, чужой король и свой ферзь - на исходных позициях. Поле $f7$ свободно, причем с поля $h5$ свой ферзь даст шах королю.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

(r) Вывод пешки на $f4$ для атаки пешкой $e5$ коня $f6$.

$$\forall_a(\text{темпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (6, 2)) \ \& \\ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (3, 3)) \ \& \\ \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 2), (6, 4)) \rightarrow \\ \text{ход}((6, 2), (6, 4)))$$

Свои пешки находятся на $f2$ и $e4$. Чужой конь $f6$ атакует пешку $e4$, а свой конь $c3$ ее защищает.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует посылка с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 7.

(s) Отход конем $e5$ от нападения пешки $d6$.

$$\forall_{anA}(\text{темпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (4, 6)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (5, 5)) \\ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (5, 5), (6, 3)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (5, 5), (6, 3)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (6, 3), n) \ \& \ 0 \leq n \rightarrow \text{ход}((5, 5), (6, 3)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(t) Связывание ферзем коня с6.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{ферзь}(a, 0, (4, 1)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \\ \text{пешка}(a, 1, (4, 5)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \ \& \ \text{король}(a, 1, (5, 8)) \ \& \\ \text{возмход}(a, (4, 1), (1, 4)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (4, 1), (1, 4)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (1, 4), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((4, 1), (1, 4)))$$

Черный конь стоит на с6, а черная пешка d7 уже перешла на поле d5. Черный король и белый ферзь находятся на исходных позициях. Ход белого ферзя на a4 связывает коня с6.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

(u) Продвижение пешки d4 на d5 для атаки на черного коня.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 4)) \ \& \\ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \ \& \ \text{ферзь}(a, 1, (4, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \\ \& \ \text{возмход}(a, (4, 4), (4, 5)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (4, 4), (4, 5)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (4, 5), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((4, 4), (4, 5)))$$

Белые пешки занимают поля d4 и e4. Черный конь находится на поле с6, а черный ферзь - на исходной позиции.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на возможность потери своей фигуры. Уровень срабатывания равен 7.

(v) Ход конем f3 на g5 для подготовки вилки на f7.

$$\forall_{anA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (3, 4)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \\ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 3), (7, 5)) \ \& \ \text{ферзь}(a, 1, (4, 8)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \\ \& \ \text{контролирует}(a, (6, 7), 0, (3, 4)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (6, 3), (7, 5)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (7, 5), n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{ход}((6, 3), (7, 5)))$$

Свой слон с4 контролирует поле f7. Чужой конь выведен на f6. Свой конь f3 делает ход на g5, предполагая далее дать ферзю и ладье вилку с f7.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 5.

(w) Ход конем с3 на d5 для нападения на слона b4.

$$\forall_{anA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (3, 3)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \\ \& \ \text{слон}(a, 1, (2, 4)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \\ \text{возмход}(a, (3, 3), (4, 5)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (3, 3), (4, 5)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (4, 5), n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{ход}((3, 3), (4, 5)))$$

На поле b4 расположен черный слон, защищенный черным конем с6. На e4 находится белая пешка, а на e5 - черная. Белый конь с3 ходом на d5 атакует слона b4.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

(x) Отход слоном на a4 от нападения пешки а6.

$$\forall_{anA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (1, 6)) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (2, 5)) \\ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (2, 5), (1, 4)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (2, 5), (1, 4)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (1, 4), n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{ход}((2, 5), (1, 4)))$$

Белый слон b5 атакован черной пешкой а6 и отходит на a4.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(y) Вывод коня на $d2$ для нападения на коня $e4$.

$$\forall_{anA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 0) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (2, 1)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (5, 4)) \\ \& \ \text{дебют}(a, 0) \ \& \ \text{возмход}(a, (2, 1), (4, 2)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (2, 1), (4, 2)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (4, 2), n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{ход}((2, 1), (4, 2)))$$

Белый конь $b2$ делает ход на $d2$ для нападения на черного коня $e4$.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует посылка с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 7.

2. Черные фигуры.

(a) Короткая рокировка.

$$\forall_{abcdp}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{король}(a, 1, p) \ \& \\ \text{полефигуры}(a, 1, (1, 7)) \ \& \ \text{полефигуры}(a, 1, (2, 7)) \ \& \ \text{полефигуры}(a, 1, (3, 7)) \\ \& \ \text{рокировка}(a, 1, b, c, d) \ \& \ \text{возмход}(a, p, b) \rightarrow \text{ход}(p, b))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствуют посылки с заголовками "потеря", "блоксвязки", "смзащита". Отсутствует посылка "Выигрыш", указывающая на выигрыш фигуры, отличной от пешки. Отсутствует комментарий об угрозе мата. Уровень срабатывания приема равен 7.

(b) Вывод пешки на $e5$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 7)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \\ \text{возмход}(a, (5, 7), (5, 5)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (5, 7), (5, 5)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (5, 5), m) \\ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((5, 7), (5, 5)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 4.

(c) Вывод коня на $c6$.

$$\forall_{amsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (2, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \\ \text{возмход}(a, (2, 8), (3, 6)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (2, 8), (3, 6)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (3, 6), m) \\ \& \ 0 < m \rightarrow \text{смход}(s, (2, 8), (3, 6)) \ \& \ \text{шахмразвитие}(a, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Он вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

(d) Вывод коня на $f6$.

i. Вывод коня на $f6$ (общий случай).

$$\forall_{amsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (7, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \\ \& \ \text{возмход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (6, 6), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{смход}(s, (7, 8), (6, 6)) \ \& \\ \text{шахмразвитие}(a, s))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Он вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

ii. Вывод коня на $f6$ для нападения на пешку $e4$.

$$\forall_{amsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (7, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \\ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (3, 4)) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (6, 6), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ \text{ход}((7, 8), (6, 6)))$$

Белый слон находится на $c4$, и конь расположен на его диагонали. Белая пешка находится на $e4$.

Прием имеет заголовок "вывод". На поле $g5$ нет черной пешки. Отсутствует посылка с заголовком "потеря". Уровень срабатывания приема равен 7.

$$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (7, 8)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (6, 6), n) \ \& \ 0 < n \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (5, 5), m) \ \& \ 0 \leq m \rightarrow \text{ход}((7, 8), (6, 6)))$$

Черная пешка находится на $e5$, белая пешка - на $e4$. После хода коня на $f6$ степени защищенности черных коня и пешки неотрицательные.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 7.

iii. Вывод коня на $f6$ для защиты пешки $g4$.

$$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (7, 4)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (7, 8)) \ \& \ \text{ценазащиты}(a, (7, 4), m) \ \& \ m < 0 \ \& \\ \text{возмход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (6, 6), n) \ \& \ 0 < n \rightarrow \text{ход}((7, 8), (6, 6)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 8.

iv. Вывод коня на $f6$ для атаки на белую пешку $d5$.

$$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (7, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 5)) \ \& \ \neg(\exists_x(\text{защищает}(a, (4, 5), x))) \ \& \\ \text{возмход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (6, 6), m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{связход}(a, (7, 8), (6, 6), n) \ \& \\ n = 0 \rightarrow \text{ход}((7, 8), (6, 6)))$$

Белая пешка на $d5$ ничем не защищена. После хода степень защищенности коня положительна, а побочные потери отсутствуют.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на потерю фигуры. На поле $e5$ нет черной пешки. Уровень срабатывания равен 6.

v. Вывод коня на $f6$ для нападения на пешку $d5$ и защиты пешки $e4$.

$$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (7, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 5)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 4)) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (7, 8), (6, 6)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (6, 6), m) \ \& \ 0 < m \ \& \\ \text{связход}(a, (7, 8), (6, 6), n) \ \& \ n = 0 \rightarrow \text{ход}((7, 8), (6, 6)))$$

На поле $d5$ находится белая пешка, а на поле $e4$ - черная.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 8.

(e) Вывод слона на $b4$.

$$\forall_{amsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{слон}(a, 1, (6, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 8), (2, 4)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (3, 3)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \\ \text{король}(a, 0, (5, 1)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (6, 8), (2, 4)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (2, 4), m) \ \& \\ 0 < m \rightarrow \text{смход}(s, (6, 8), (2, 4)) \ \& \ \text{шахмразвитие}(a, s))$$

Белый конь $c3$ защищает белую пешку $e4$. Ход слоном $f8$ на $b4$ атакует коня $c3$ и приводит к контролю над диагональю, на которой расположен белый король.

Прием имеет заголовок "вывод". Он вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{слон}(a, 1, (6, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \\ \text{возмход}(a, (6, 8), (2, 4)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (3, 3)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \ \& \\ \text{слон}(a, 1, (2, 5)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{король}(a, 0, (5, 1)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (6, 8), (2, 4)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (2, 4), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ \text{ход}((6, 8), (2, 4)))$$

Черный слон выведен на $b5$, черный конь - на $c6$. Белый конь $c3$ защищает пешку $e4$. Белый король находится на исходной позиции. При выводе слона на $b4$ он атакует белого коня и оказывается защищен черным конем.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

- (f) Вывод пешки на $g4$ для атаки на белого коня $f3$.

$$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (7, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \\ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (6, 1)) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 5), (7, 4)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (7, 5), (7, 4)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (7, 4), m) \ \& \ 0 < m \ \& \\ \text{связход}(a, (7, 5), (7, 4), n) \ \& \ n = 0 \rightarrow \text{ход}((7, 5), (7, 4)))$$

Черная пешка находится на $g5$. Белый слон расположен на $f1$, белый конь - на $f3$. Черная пешка делает ход вперед, атакуя коня и затрудняя белому слону выход на $h3$.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 8.

- (g) Вывод пешки на $d5$ для нападения на пешку $e4$.

$$\forall_a(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (4, 7)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \\ \& \ \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (6, 4)) \ \& \\ \text{возмход}(a, (4, 7), (4, 5)) \rightarrow \text{ход}((4, 7), (4, 5)))$$

Белые пешки расположены на $e4$ и $f4$. Черный конь находится на $f6$ и будет защищать черную пешку $d7$ после ее хода на $d5$.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

- (h) Вывод пешки на $d6$ для нападения на коня $e5$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (5, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \\ \& \ \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (4, 7)) \ \& \ \text{возмход}(a, (4, 7), (4, 6)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (4, 7), (4, 6)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (4, 6), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ \text{ход}((4, 7), (4, 6)))$$

Белый конь расположен на $e5$, черный - на $f6$. Черная пешка $d7$ делает ход на $d6$.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

- (i) Вывод слона на $c5$ для защиты пешки $d4$.

$\forall_{abmA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (4, 4)) \ \& \ \text{слон}(a, 1, (6, 8))$
 $\& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{ферзь}(a, 0, (4, 1)) \ \&$
 $\text{атакует}(a, (4, 1), (4, 4), b) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 8), (3, 5)) \ \&$
 $A = \text{Ход}(a, (6, 8), (3, 5)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (3, 5), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow$
 $\text{ход}((6, 8), (3, 5)))$

Черная пешка на $d4$ атакована конем $f3$ и ферзем $d1$. Черный слон $f8$ выводится для ее защиты на $c5$.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

- (j) Вывод ферзя на $f6$ для атаки на белого коня $f5$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{ферзь}(a, 1, (4, 8)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (6, 5))$
 $\& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (5, 5)) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (5, 4)) \ \&$
 $\text{возмход}(a, (4, 8), (6, 6)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (4, 8), (6, 6)) \ \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (6, 6), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((4, 8), (6, 6)))$

Белый конь находится на $e5$, белая пешка - на $e4$ и атакована черной пешкой $f5$. Черный ферзь $d8$ делает ход на $f6$ для атаки на коня.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

- (k) Вывод коня на $e7$.

$\forall_{amsA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (7, 8)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (4, 5))$
 $\& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 8), (5, 7)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (7, 8), (5, 7)) \ \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (5, 7), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{смход}(s, (7, 8), (5, 7)) \ \&$
 $\text{шахмразвитие}(a, s))$

Прием имеет заголовок "вывод". Он вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

- (l) Вывод пешки на $a6$ для атаки слона $b5$.

$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (1, 7)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1)$
 $\& \ \text{слон}(a, 0, (2, 5)) \ \& \ \text{возмход}(a, (1, 7), (1, 6)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (1, 7), (1, 6))$
 $\& \ \text{ценазащиты}(A, (1, 6), m) \ \& \ 0 < m \ \& \ \text{связход}(a, (1, 7), (1, 6), n) \ \&$
 $n = 0 \rightarrow \text{ход}((1, 7), (1, 6)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует как указание на возможность потери своей фигуры, так и на возможность выигрыша чужой фигуры. Пешки не учитываются. На поле $f6$ нет черного коня. Уровень срабатывания равен 6.

- (m) Вывод слона на $d7$ для устранения связки на $c6$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{слон}(a, 1, (3, 8)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (3, 6))$
 $\& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (1, 4)) \ \& \ \text{король}(a, 1, (5, 8)) \ \&$
 $\text{возмход}(a, (3, 8), (4, 7)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (3, 8), (4, 7)) \ \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (4, 7), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((3, 8), (4, 7)))$

Черный король находится на исходной позиции и связывает черного коня $c6$, атакованного белым слоном $a4$. Для разрушения связки черный слон $c8$ выводится на $d7$.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует посылка с заголовком "потеря". Уровень срабатывания равен 6.

(п) Вывод пешки на с6.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (3, 7)) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (3, 4)) \\ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 4)) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (4, 7)) \ \& \\ \text{возмход}(a, (3, 7), (3, 6)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (3, 7), (3, 6)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (3, 6), m) \\ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((3, 7), (3, 6)))$$

Белая пешка находится на d4, белый слон - на с4. На поле e5 - черная пешка, защищенная конем d7. Черная пешка с7 продвигается на одно поле вперед.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 6.

(о) Продвижение пешки с e5 на e4.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \\ \text{пешка}(a, 1, (6, 7)) \ \& \ \text{возмход}(a, (5, 5), (5, 4)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (5, 5), (5, 4)) \\ \& \ \text{ценазащиты}(A, (5, 4), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((5, 5), (5, 4)))$$

Черная пешка f7 пока не ходила и может впоследствии сделать ход на f5 для защиты пешки e4.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует как указание на возможность потери своей фигуры, так и на возможность выигрыша чужой фигуры. Пешки не учитываются. Уровень срабатывания равен 7.

(р) Взятие пешкой e5 пешки e4.

i. Взятие пешкой e5 пешки d4, если пешка d7 еще не продвигалась.

$$\forall_{am}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \\ \text{пешка}(a, 1, (4, 7)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 4)) \ \& \\ \text{возмход}(a, (5, 5), (4, 4)) \ \& \ \text{связход}(a, (5, 5), (4, 4), m) \ \& \ m = 0 \ \& \\ (\text{Полефигуры}(a, (6, 1)) \ \vee \ \text{Полефигуры}(a, (7, 1))) \rightarrow \text{ход}((5, 5), (4, 4)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

ii. Взятие пешкой e5 пешки d4, нападающей на слона с5.

$$\forall_{am}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \\ \text{слон}(a, 1, (3, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 0, (4, 4)) \ \& \ \text{ферзь}(a, 1, (4, 8)) \\ \& \ \text{возмход}(a, (5, 5), (4, 4)) \ \& \ \text{связход}(a, (5, 5), (4, 4), m) \ \& \ m = 0 \rightarrow \\ \text{ход}((5, 5), (4, 4)))$$

Черный ферзь расположен на исходной позиции.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

(q) Защита пешки f4.

i. Вывод пешки на g5 для защиты пешки f4.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (7, 7)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \\ \& \ \text{пешка}(a, 1, (6, 4)) \ \& \ \text{возмход}(a, (7, 7), (7, 5)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (7, 7), (7, 5)) \\ \& \ \text{ценазащиты}(A, (7, 5), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((7, 7), (7, 5)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 9.

ii. Вывод коня с $f6$ на $h5$ для защиты пешки $f4$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (6, 6)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (6, 4)) \ \& \ \text{возмход}(a, (6, 6), (8, 5)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (6, 6), (8, 5)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (8, 5), m) \ \& \ 0 < m \\ \rightarrow \text{ход}((6, 6), (8, 5)))$$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 8.

iii. Вывод слона на $g7$ для защиты пешек $g5$, $f4$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (7, 5)) \ \& \ \text{слон}(a, 1, (6, 8)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (6, 4)) \ \& \\ \text{возмход}(a, (6, 8), (7, 7)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (6, 8), (7, 7)) \ \& \\ \text{ценазащиты}(A, (7, 7), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((6, 8), (7, 7)))$$

Слон $f8$ выдвигается на $g7$, откуда он сможет делать ходы для защиты пешек.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 9.

(г) Защита пешки $e5$.

i. Вывод пешки на $d6$ для защиты пешки $e5$.

$$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \\ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \ \& \ \text{слон}(a, 0, (1, 4)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \\ \text{пешка}(a, 1, (4, 7)) \ \& \ \text{возмход}(a, (4, 7), (4, 6)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (4, 7), (4, 6)) \\ \& \ \text{ценазащиты}(A, (4, 6), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \text{ход}((4, 7), (4, 6)))$$

Белый конь $f3$ атакует черную пешку $e5$, защищенную черным конем $с6$. Этот конь атакован белым слоном $a4$. Для защиты пешки $e5$ пешка $d7$ делает ход на одно поле вперед.

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 6.

$$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \\ \text{пешка}(a, 0, (6, 4)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{ценазащиты}(a, (5, 5), n) \ \& \\ n < 0 \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (4, 7)) \ \& \ \text{возмход}(a, (4, 7), (4, 6)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (4, 7), (4, 6)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (4, 6), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ \text{ход}((4, 7), (4, 6)))$$

Черная пешка $e5$ атакована белой пешкой $f4$ и белым конем $f3$. Для ее защиты черная пешка $d7$ делает ход на одно поле вперед.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

$$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \\ \text{пешка}(a, 0, (4, 4)) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (6, 3)) \ \& \ \text{ценазащиты}(a, (5, 5), n) \ \& \\ n < 0 \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (4, 7)) \ \& \ \text{возмход}(a, (4, 7), (4, 6)) \ \& \\ A = \text{Ход}(a, (4, 7), (4, 6)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (4, 6), m) \ \& \ 0 < m \rightarrow \\ \text{ход}((4, 7), (4, 6)))$$

Аналогично предыдущему, но белая пешка находится на $d4$.

ii. Вывод коня на $d7$ для защиты пешки $e5$.

$$\forall_{amnA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \\ \& \ \text{конь}(a, 1, (2, 8)) \ \& \ \text{ценазащиты}(a, (5, 5), m) \ \& \ m < 0 \ \&$$

возмход($a, (2, 8), (4, 7)$) & $A = \text{Ход}(a, (2, 8), (4, 7))$ &
 ценазащиты($A, (5, 5), n$) & $0 \leq n \rightarrow \text{ход}((2, 8), (4, 7))$

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 7.

iii. Вывод ферзя на $e7$ для защиты пешки $e5$ и слона $c5$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 1) \& \text{ферзь}(a, 1, (4, 8)) \&$
 $\text{пешка}(a, 1, (5, 5)) \& \text{дебют}(a, 1) \& \text{слон}(a, 1, (3, 5)) \&$
 $\text{возмход}(a, (4, 8), (5, 7)) \& A = \text{Ход}(a, (4, 8), (5, 7)) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (5, 7), m) \& 0 < m \rightarrow \text{ход}((4, 8), (5, 7)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Отсутствует указание на потерю фигуры. Уровень срабатывания равен 6.

(s) Размен сдвоенной пешки.

$\forall_{abcdem}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 1) \& \text{пешка}(a, 1, b) \& \text{дебют}(a, 1) \&$
 $\text{пешка}(a, 1, c) \& \text{вертиклин}(b) = \text{вертиклин}(c) \& \text{горизлин}(b) < \text{горизлин}(c)$
 $\& \text{атакует}(a, b, d, e) \& \text{возмход}(a, b, d) \& \text{связход}(a, b, d, m) \& m = 0 \rightarrow$
 $\text{ход}(b, d))$

Черные пешки полей b, c находятся на одной вертикали, причем пешка b - ниже пешки c . Она атакует некоторую фигуру, причем побочные потери при взятии ею этой фигуры равны 0. Тогда пешка b осуществляет взятие фигуры.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(t) Отход слоном $c5$ на поле $b6$ от нападения пешки $d4$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 1) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 4)) \& \text{слон}(a, 1, (3, 5))$
 $\& \text{дебют}(a, 1) \& \text{возмход}(a, (3, 5), (2, 6)) \& A = \text{Ход}(a, (3, 5), (2, 6)) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (2, 6), m) \& 0 < m \& \neg(\exists_n(\text{связход}(a, (3, 5), (2, 6), n) \&$
 $0 < n)) \rightarrow \text{ход}((3, 5), (2, 6)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(u) Отход слоном $b4$ на $c5$ от нападения пешки $c3$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 1) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 4)) \& \text{слон}(a, 1, (3, 5))$
 $\& \text{дебют}(a, 1) \& \text{возмход}(a, (3, 5), (2, 6)) \& A = \text{Ход}(a, (3, 5), (2, 6)) \&$
 $\text{ценазащиты}(A, (2, 6), m) \& 0 < m \& \neg(\exists_n(\text{связход}(a, (3, 5), (2, 6), n) \&$
 $0 < n)) \rightarrow \text{ход}((3, 5), (2, 6)))$

Аналогично предыдущему.

(v) Отход конем $c6$ на $b8$ от нападения пешки $d5$.

$\forall_a(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 1) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 5)) \& \text{конь}(a, 1, (3, 6))$
 $\& \text{дебют}(a, 1) \& \text{возмход}(a, (3, 6), (2, 8)) \rightarrow \text{ход}((3, 6), (2, 8)))$

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

(w) Отход конем $c6$ на $a5$ от нападения пешки $d5$.

$\forall_{amA}(\text{текпозиция}(a) \& \text{текцвет}(a, 1) \& \text{пешка}(a, 0, (4, 5)) \& \text{конь}(a, 1, (3, 6))$
 $\& \text{слон}(a, 0, (3, 4)) \& \text{дебют}(a, 1) \& \text{возмход}(a, (3, 6), (1, 5)) \&$

$$A = \text{Ход}(a, (3, 6), (1, 5)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (1, 5), n) \ \& \ 0 < n \ \& \\ \exists_{xy}(\text{атакует}(A, x, (4, 5), y)) \rightarrow \text{ход}((3, 6), (1, 5)))$$

Белая пешка $d5$ атакует черного коня $c6$, который после отхода на $a5$ атакует белого слона $c4$.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 6.

(x) Отход слоном $b4$ на $a5$ от нападения коня $d5$.

$$\forall_{ampA}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, 1) \ \& \ \text{конь}(a, 0, (4, 5)) \ \& \ \text{слон}(a, 1, (2, 4)) \\ \& \ \text{конь}(a, 1, (3, 6)) \ \& \ \text{дебют}(a, 1) \ \& \ (a, (2, 4), p) \ \& \ p < 0 \ \& \\ \text{возмход}(a, (2, 4), (1, 5)) \ \& \ A = \text{Ход}(a, (2, 4), (1, 5)) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, (1, 5), m) \\ \& \ 0 < m \ \& \ \neg(\exists_n(\text{связход}(a, (2, 4), (1, 5), n) \ \& \ 0 < n)) \rightarrow \text{ход}((2, 4), (1, 5)))$$

Черный слон $b4$ защищен конем $c6$ и атакован конем $d5$. Его степень защищенности отрицательная.

Прием имеет заголовок "вывод". Уровень срабатывания равен 7.

3. Ход, предотвращающий угрозу связывания своей фигуры.

$$\forall_{abcdekmnpqrstABC}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{дебют}(a, b) \ \& \\ \text{полефигуры}(a, b, c) \ \& \ 9 \leq \text{ценаполя}(a, c) \ \& \ \text{линход}(a, c, d, e) \ \& \\ \text{шахцвет}(a, e) = b \ \& \ \neg(\text{шахфигура}(a, e) = \text{пешка}) \ \& \\ \text{сквознконтроль}(a, \neg b, c, e, p, q) \ \& \ A = \text{Ход}(a, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(A, q, m) \ \& \\ 0 \leq m \ \& \ \text{контрольполя}(a, b, q, r, t) \ \& \ B = \text{Ход}(a, r, t) \ \& \ \text{ценазащиты}(B, t, k) \ \& \\ 0 < k \ \& \ \text{возмход}(B, p, q) \ \& \ \exists_{fgx}(\text{защищает}(a, x, e) \ \& \ \text{атакует}(A, f, x, g)) \ \& \\ C = \text{Ход}(B, p, q) \ \& \ \text{ценазащиты}(C, q, n) \ \& \ n < 0 \ \& \\ \neg(\text{шахфигура}(a, p) = \text{ферзь}) \rightarrow \text{смход}(s, r, t) \ \& \ \text{блоксвязки}(a, s, e, c))$$

На поле c в дебютной позиции находится свой ферзь либо свой король. На одной линии с ним расположена своя фигура поля e , отличная от пешки. Она защищает некоторую фигуру, атакованную другой фигурой. Если противник делает ход фигурой поля p , отличной от ферзя, на поле q , то он связывает фигуру поля e . При этом степень защищенности его фигуры после хода неотрицательна. В исходной позиции рассматривается ход s своей фигурой поля r на поле t , берущий под контроль поле q . Степень защищенности фигуры t после этого хода положительная. Если противник далее делает ход фигурой p на поле q , то степень защищенности этой фигуры становится отрицательной.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 4.

4. Атака ферзя конем.

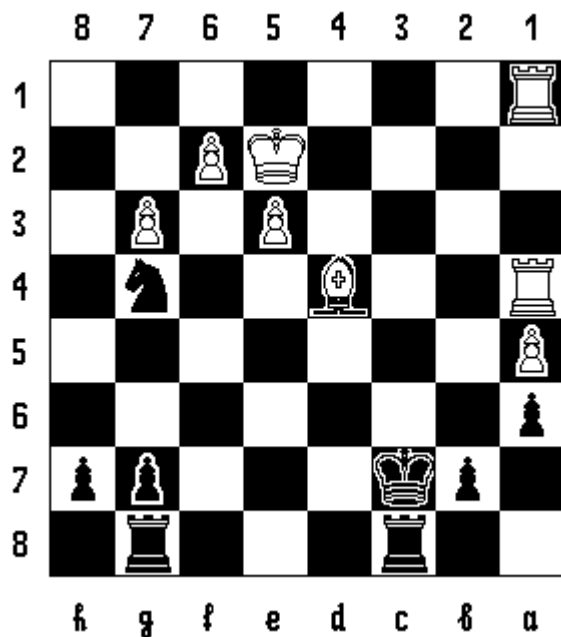
$$\forall_{abcdes}(\text{текпозиция}(a) \ \& \ \text{текцвет}(a, b) \ \& \ \text{дебют}(a, b) \ \& \ \text{ферзь}(a, \neg b, e) \ \& \\ \text{нападение}(a, e, c, d) \ \& \ \text{шахфигура}(a, c) = \text{конь} \ \& \ \text{горизлин}(c) = \\ (1 \text{ при } b = 0, \text{ иначе } 8) \rightarrow \text{смход}(s, c, d) \ \& \ \text{шахмразвитие}(a, s))$$

В дебютной позиции конь нападает на чужого ферзя, расположенного на своем исходном поле.

Прием имеет заголовок "вывод". Первые два антецедента идентифицируются с посылками задачи на исследование, остальные - выделены указателем "программа". Отсутствует посылка с заголовком "шахмразвитие". Прием вводит новую переменную s . Уровень срабатывания равен 5.

3.6 Пример поведения решателя при выборе хода

Для иллюстрации того, как работает описанное выше многообразие приемов, рассмотрим один простой пример. Пусть решатель играет белыми и должен выбрать ход в следующей позиции:



Выбор хода происходит в процессе решения задачи на исследование, имеющей изначально всего две посылки - "шахпозиция(a)" и "текпозиция(a)". Комментарий (текобъект a p шахматы) к посылкам этой задачи связывает переменную a со структурой данных p типа "шахматы", представляющей текущую шахматную позицию. Задача имеет единственную цель "шахматы(0)", указывающую, что ход делают белые фигуры.

Прежде всего, выводится посылка "текцвет($a, 0$)", повторно указывающая на белый цвет фигур, делающих ход в позиции a . Для определения этого цвета приемы будут использовать далее не цель "шахматы(0)", а данную посылку.

Далее срабатывает прием, усмотрения шаха при прямом нападении, выводящий посылки "смход($b, (4, 4), (2, 6)$)", "шах($a, b, (2, 6)$)", "смХод(a, b, c)", "текцвет($c, 1$)". Они указывают на ход b слоном $d4$ на поле $b6$, а также вводят переменную c , обозначающую позицию после данного хода.

Перечисление дающих шах ходов продолжается. Сначала срабатывает прием, выводящий посылки "смход($d, (1, 4), (3, 4)$)", "шах($a, d, (3, 4)$)", "смХод(a, d, e)", "текцвет($e, 1$)", соответствующие ходу ладьей $a4$ на $c4$. Затем срабатывает прием, выводящий посылки "смход($f, (1, 1), (3, 1)$)", "шах($a, f, (3, 1)$)", "смХод(a, f, g)", "текцвет($g, 1$)" для хода ладьей $a1$ на $c1$.

Далее срабатывают приемы, анализирующие перечисленные шахи. Так как новые посылки всегда заносятся в начало списка посылок, то анализ шахов предпринимается в порядке, обратном их усмотрению. Для шаха ладьей $a1$ прежде всего срабатывают приемы, перечисляющие возможные ответные ходы. Укажем выводимые ими группы посылок:

1. "смход($h, (3, 7), (2, 8)$)", "отходкороля(g, h)". Король отходит на $b8$.
2. "смход($i, (3, 7), (4, 6)$)", "отходкороля(g, i)". Король отходит на $d6$.
3. "смход($j, (3, 7), (4, 7)$)", "отходкороля(g, j)". Король отходит на $d7$.
4. "смход($k, (3, 7), (4, 8)$)", "отходкороля(g, k)". Король отходит на $d8$.

Других вариантов ответных ходов нет, и далее срабатывает прием, оценивающий потери противника для одного из указанных его ходов. Он выводит посылки "следпотеря($g, i, 1$)", "ответнход($g, i, (3, 1), (3, 8), 1$)", "Возмзащита($g, i, (3, 1)$)". В случае отхода короля на $d6$ ладья $c1$ берет ладью $c8$, и после ответного взятия черные теряют пешку $g7$. Это дает оценку потерь противника в 1 условную единицу. Попутно делается замечание, что белую ладью на $c1$ можно защитить данным ходом от атаки ее черной ладьей.

Далее приемы, указывающие возможные ответные ходы при шахе, срабатывают вперемешку с приемами, оценивающими потери при этих ходах:

1. Выводятся посылки "отходкороля(e, h)", "отходкороля(e, i)", "отходкороля(e, j)", "отходкороля(e, k)".
2. Для шаха ладьей на $c4$ и отхода короля на $d6$ выводятся посылки "следпотеря($e, i, 1$)", "ответнход($e, i, (3, 4), (3, 8), 1$)", "Возмзащита($e, i, (3, 1)$)".
3. Выводится посылка "отходкороля(c, h)".
4. Выводятся посылки "смход($l, (3, 7), (3, 6)$)", "отходкороля(c, l)", указывающие на дополнительную возможность отхода короля на $c6$ при шахе слоном.
5. Выводятся посылки "отходкороля(c, i)", "отходкороля(c, j)".
6. Выводятся посылки "следпотеря($c, j, 3$)", "ответнход($c, j, (1, 4), (7, 4), 3$)", "Возмзащита($c, j, (1, 4)$)", указывающие, что в случае шаха слоном отход короля на $d7$ приводит к потере коня $g4$, оцениваемой в 3 единицы.
7. Аналогичным образом, выводятся группы посылок "следпотеря($c, i, 3$)", "ответнход($c, i, (1, 4), (7, 4), 3$)", "Возмзащита($c, i, (1, 4)$)"; "следпотеря($c, l, 3$)", "ответнход($c, l, (1, 4), (7, 4), 3$)", "Возмзащита($c, l, (1, 4)$)"; "следпотеря($c, h, 3$)", "ответнход($c, h, (1, 4), (7, 4), 3$)", "Возмзащита($c, h, (1, 4)$)" для других вариантов отхода королем.

На этот момент для каждого ответного хода при шахе слоном выведена посылка, указывающая потерю в 3 единицы, так что срабатывает прием, выводящий посылку "выигрыш($a, b, 3$)" - оценку выигрыша для шаха слоном. Так как анализ позиции c ,

получаемой при данном шахе, завершен, выводится посылка "пассив(c)", и предпринимается расчистка задачи - удаление всех уже ненужных посылок, содержащих c . Остаются только посылки "смХод(a, b, c)" и "пассив(c)".

Заметим, что для двух других вариантов шаха отходы короля на поля, смежные с ладьей $c8$, не требуют хода ладьей $g8$ при размене ладей, так что пешка $g7$ остается защищенной и никаких посылок о потерях противника в этих случаях не выводится. Соответственно, не возникает и итоговая оценка выигрыша при шахах ладьями. В результате, по исчерпанию работы приемов оценки потерь, посылка "выигрыш($a, b, 3$)" инициирует вывод посылки "Выигрыш($a, b, 3$)", указывающей, что наибольший выигрыш достигается шахом слоном.

После всего этого, с определенным опозданием, срабатывает прием, выводящий посылку "шахнападение($a, b, (7, 4)$)", а также посылку "шахнападение($a, b, (3, 7)$)". Если бы ход b уже не был проанализирован как шах, то эти посылки инициировали бы его рассмотрение как двойного нападения. Однако, посылка "пассив(c)" эти действия блокирует.

Наконец, на уровне 8 выводится посылка "ход($4,4$),($2,6$)", инициирующая очередной ход решателя - шах слоном.

Приведенный пример, в общих чертах, характеризует общую схему действий решателя при выборе хода: сначала - общая предварительная характеристика позиции, подготавливающая посылки, используемые на последующих этапах. Затем - отбор наиболее интересных ходов, и далее - анализ ответных ходов противника для каждого из них. Иногда анализ ответного хода требует ввода посылки для новой позиции, порождающей еще одну ветвь анализа ответных ходов, и так далее - в принципе, до любой глубины. Однако, ситуации, требующие глубины, большей единицы, встречались крайне редко - обычно положительные оценки потерь для ответных ходов находятся уже на глубине 1. Надо понимать, что фактическая глубина анализа здесь может быть существенно большей единицы - просто она спрятана в специализированных пакетных вычислителях, используемых приемами. Ввиду ограниченности реализуемого здесь перебора (обычно рассматриваются "форсированные" ситуации), он не сильно увеличивает трудоемкость. После того, как очередной ход отработан и оценка выигрыша от него найдена, предпринимается расчистка задачи - удаление всех связанных с ним "лишних" посылок. Этот шаг необходим из-за того, что трудоемкость сканирования сильно возрастает с увеличением длины списка посылок. Он существенно ускоряет выбор хода. Как альтернативу, можно было бы попробовать реализовать другую схему - не помещать все "дерево позиций" в один общий логический контекст задачи на исследование, а анализировать каждую его вершину в отдельной задаче. Это несколько затруднило бы учет предыстории позиции, но могло бы обеспечить дальнейшее ускорение.

Наконец, по завершении анализа выделенных ходов выбирается лучший из них. Здесь нет никакого единого функционала - работает множество разбросанных по различным уровням приемов, каждый из которых может принять окончательное решение о выборе хода, но делает это лишь в строго ограниченных случаях.

В заключение еще раз напомним, что приведенная шахматная система является лишь иллюстрацией возможностей ГЕНОЛОГа в данной области. Она предлагает некоторую архитектуру, в которую удовлетворительно укладываются рекомендации

шахматных учебников, но, несомненно, требует существенного дальнейшего развития. Попытка представить элементы шахматных рассуждений в виде теорем приемов необходима для анализа источников таких элементов.

Список литературы

1. А.Черч. Введение в математическую логику. Том 1. М.: ИЛ, 1960, с.484.
2. С.К.Клини. Введение в метаматематику. М.: ИЛ, 1957. 526с.
3. С.К.Клини. Математическая логика. М.: Мир, 1973, 480с.
4. Ч.Чень, Р.Ли. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем. М.: Мир, 1983, 360 с.
5. Э.Мендельсон. Введение в математическую логику. М.: Наука, 1971, с.320.
6. Г.Метакидес, А.Нероуд. Принципы логики и логического программирования. М.: Факториал, 1998, 288с.
7. И.Братко. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта. М.: Мир, 1990, 560 с.
8. Дж.Малпас. Реляционный язык Пролог и его применение. М.: Наука, 1990, 464 с.
9. Э.Хант. Искусственный интеллект. М.: Мир, 1978, 558с.
10. Ж.-Л. Лорьер. Системы искусственного интеллекта. М.: Мир, 1991, 568с.
11. E.A.Bender. Mathematical methods in artificial intelligence. Los Alamitos, IEEE, Comp.Society Press, 1996, 638p.
12. Д. Пойа. Математика и правдоподобные рассуждения. М.: Наука, 1975, 463с.
13. Д. Пойа. Математическое открытие. М.: Наука, 1976, 448с.
14. Лавров И.А., Максимова Л.Л., Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов, М., "Наука", 1975, 232 с.
15. Антонов Н.П., Выгодский М.Я., Никитин В.В., Санкин А.И.. Сборник задач по элементарной математике, М., "Наука", 1964, 528 с.
16. Вавилов В.В., Мельников И.И., Олехник С.Н., Пасиченко П.И. Задачи по математике. Алгебра. М., "Наука", 1988, 431 с.
17. Вавилов В.В., Мельников И.И., Олехник С.Н., Пасиченко П.И. Задачи по математике. Уравнения и неравенства. М., "Наука", 1988, 237 с.
18. Губницкий С.Б., Хануков М.Г., Шедей С.А. Полный курс шахмат. М., "Фолио", 2004.
19. Еремин В.В., Кузьменко Н.Е. Сборник задач и упражнений по химии. Школьный курс. М., "Мир и Образование", 2003.

20. Потапов М.К., Олехник С.Н., Нестеренко Ю.В. Конкурсные задачи по математике. М., "Наука", 1992, 478 с.
21. Сканави М.И. Сборник задач по математике. М., "Высшая школа", 1988, 431 с.
22. Ваховский Е.Б., Рывкин А.А. Задачи по элементарной математике. М., "Наука", 1971, 360 с.
23. Лидский В.Б., Овсянников Л.В., Тулайков А.Н., Шабунин М.И., Федосов Б.В. Задачи по элементарной математике. М., 1973, 415 с.
24. Сергеев И.Н. Математика. Задачи с ответами и решениями. М., "Высшая школа", 2003, 336 с.
25. Шарыгин И.Ф. Геометрия, 9-11 классы. М., "Дрофа", 1997, 396 с.
26. Шарыгин И.Ф., Гордин Р.К. Сборник задач по геометрии. М., Астрель, 2001, 396 с.
27. Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу. М., "Наука", 1969, 544 с.
28. Виноградова И.А., Олехник С.Н., Садовничий В.А. Задачи и упражнения по математическому анализу. т.1. М., "Высшая школа", 2000, 722 с.
29. Моденов П.С., Пархоменко А.С. Сборник задач по аналитической геометрии. М., "Наука", 1976, 384 с.
30. Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. М., "Наука", 1965, 100 с.
31. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Задачи и упражнения по теории вероятностей. М., "Высшая школа", 2000, 364 с.
32. Пантелеев А.В., Якимова А.С. Теория функций комплексного переменного и операционное исчисление в примерах и задачах. М., "Высшая школа", 2001, 445 с.
33. Черноуцан А.И. Физика. Задачи с ответами и решениями. М., Книжный дом "Университет", 2001, 335.
34. Подколзин А.С. Об организации баз знаний, ориентированных на автоматическое решение задач. "Дискретная математика", 1990, т.2., вып.1., с. 13-30.
35. Подколзин А.С. Система автоматического решения задач по элементарной алгебре. "Дискретная математика", 1994, т.6., вып.4., с. 35-57.
36. Подколзин А.С. Компьютерный решатель математических задач. ДАН РФ, 1994, т.335, № 4.
37. Подколзин А.С. Компьютерное моделирование процессов решения математических задач. Изд-во ЦПИ при мех.-мат. факультете МГУ, 2001. 235 с.
38. Подколзин А.С. Компьютерное моделирование логических процессов. Том 1. Архитектура и языки решателя задач. М., "Физматлит", 2008. 1022 с.

39. Подколзин А.С. Компьютерное моделирование логических процессов. Том 2. Опыт обучения компьютерного решателя задач: логические приемы, алгебра множеств, комбинаторика и элементарная алгебра. МГУ. - М., 2015. 1153 с. Деп. в ВИНТИ РАН 09.11.2015, № 184-В2015.
40. Подколзин А.С. Компьютерное моделирование логических процессов. Том 3. Опыт обучения компьютерного решателя задач: математический анализ, дифференциальные уравнения и элементарная геометрия. МГУ. - М., 2015. 1320 с. Деп. в ВИНТИ РАН 09.11.2015, № 185-В2015.
41. Подколзин А.С. Компьютерное моделирование логических процессов. Том 4. Опыт обучения компьютерного решателя задач: аналитическая геометрия, линейная алгебра, теория вероятностей, комплексный анализ и другие разделы. МГУ. - М., 2017. 969с. Деп. в ВИНТИ РАН 27.02.2017, № 18-В2017.
42. Подколзин А.С. О самообучении интеллектуальной системы. "Интеллектуальные системы", 2014, том 18, выпуск 2, с. 197 - 266.