Проблемно-ориентированный редактор продукционных баз знаний

описание

работа выполнена по договору № 052013НИР от 19 сентября 2013 г.
с ОАО «ИркутскНИИхиммаш»
и гранту СП 2012.2012.5
(Стипендия президента РФ)

Содержание

1. Общие сведения 3
1.1 Назначение 3
1.2 Область использования (применения) 3
1.3 Основные функции 3
1.4 Роли пользователей и режимы работы 4
1.5 Системные требования 4
1.6 Архитектура редактора 4
1.7 Установка 5
2. Описание интерфейса редактора 7
2.1 Главное окно редактора 7
2.2 Описание пунктов главного меню 8
2.3 Описание кнопок управления 8
2.4 Описание алгоритма начального этапа работы с редактором 10
2.5 Создание новой базы знаний 11
2.6 Создание нового правила 11
2.7 Создание нового факта 19
2.8 Удаление объекта БЗ 21
2.9 Изменение объекта БЗ 21
2.10 Запуск машины вывода 22
2.11 Формирование отчётов 24
3. Описание RVML 26
4. Описание семантического слоя редактора 28
4.1. Шаблоны базы знаний деградационных процессов 28
4.2. Шаблоны правил, описывающие деградационные процессы 34
4.2.1 Коррозионное растрескивание 34
4.2.2 Водородное охрупчивание 35
4.2.3 Коррозионная усталость 35
4.3. Использование шаблонов для настройки семантического слоя 36
4.3.1 Файл описания шаблонов фактов 36
4.3.2 Файл описания шаблонов правил 37
4.3.3 Файл описания подстановок для автозаполнения 38
5. Активация режима «Администратор» 39
6. Алгоритм описания деградационного процесса 40
Список литературы 41

1. Общие сведения

1.1 Назначение

Программная система «Редактор продукционной БЗ», далее редактор, предназначена для создания продукционных баз знаний в области оценки технического состояния и остаточного ресурса.

Использование редактора позволит существенно сократить время на разработку продукционных баз знаний предназначенных для оценки технического состояния и остаточного ресурса, и повысит качество принимаемых решений.

1.2 Область использования (применения)

Редактор «CLIPS» может быть использован для создания продукционных баз знаний, а также для редактирования существующих.

1.3 Основные функции

- управление базами знаний, включая:
  - открытие, загрузка и сохранение баз знаний;
  - слияние и разделение существующих баз знаний;
  - создание, удаление, изменение объектов базы знаний (фактов, правил);
  - импорт и экспорт информации UML моделей классов, представленных в формате XMI (XML Metadata Interchange);
  - генерация баз знаний на целевом языке представления знаний (трансляция универсальной модели на язык представления знаний), включая описание слотов, шаблонов, фактов, правил;
- управление словарями-справочниками:
  - дополнение словарей-справочников новыми терминами из объектов классов универсальной модели;
- проверка работоспособности (тестирование) баз знаний:
  - подключение и отключение машин вывода (в виде динамических библиотек);

- логический вывод при помощи подключенных библиотек, с целью проверки синтаксиса созданных баз знаний;
- описание (протоколирование) процесса поиска решения (цепочки активированных правил или рассуждений машины вывода) с целью объяснения полученных результатов;

- формирование отчетов:
  - распечатка (вывод на принтер) описания баз знаний, правил, шаблонов и фактов;
  - описание результатов логического вывода.
- настройка, включая:
  - определение деградационных процессов и их модификаций;
  - уточнение структуры шаблонов фактов и правил;
  - удаление шаблонов фактов и правил, описывающих деградационные процессы.

1.4 Роли пользователей и режимы работы

В программной системе предусмотрен механизм ролей пользователей, обеспечивающий управление доступом к функциям системы.

Основные роли:

1. «Администратор» - обеспечивает настройку редактора, которая требует глубоких знаний деградационных процессов.
2. «Оператор». Обеспечивает ввод правил, описывающих деградационные процессы, без возможности внесения изменений в последовательность правил и в структуру шаблонов правил.

1.5 Системные требования

- Процессор с тактовой частотой от 512 МГц;
- Объем оперативной памяти от 128 Мб;
- Видеокарта 128 Мб, разрешающая способность от 1024×768px;
- Манипулятор типа клавиатура, мышь;
- Операционная система MS Windows XP/Vista/7;
- Microsoft Office 2003/XP/2007/10 (для создания отчетов).

1.6 Архитектура редактора

Архитектура редактора (рис. 1.1), включает основные модули: управления базами знаний, поддержки языков представления знаний (ЯПЗ),

управления модулями поддержки ЯПЗ, управления словарями-справочниками, интеграции с графическими форматами, управления машинами вывода и графический интерфейс пользователя.

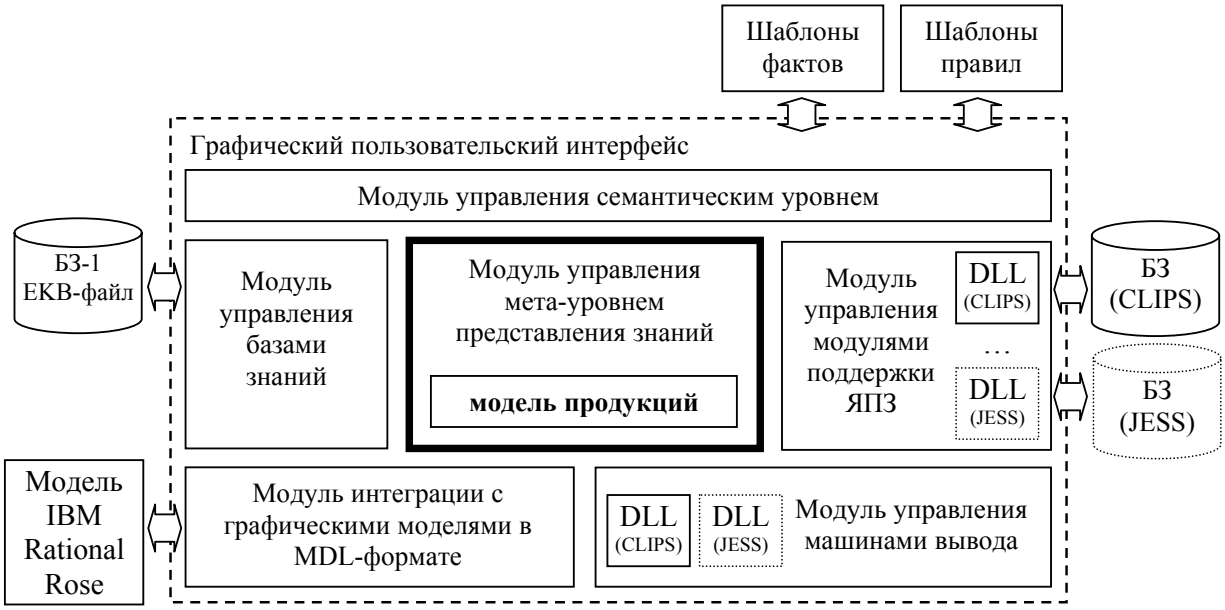


Рис. 1.1 – Архитектура редактора

1.7 Установка

Для установки редактора необходимо воспользоваться установочным файлом setup.exe. При запуске данного файла появится форма программы инсталлятора (Рис.1.2).

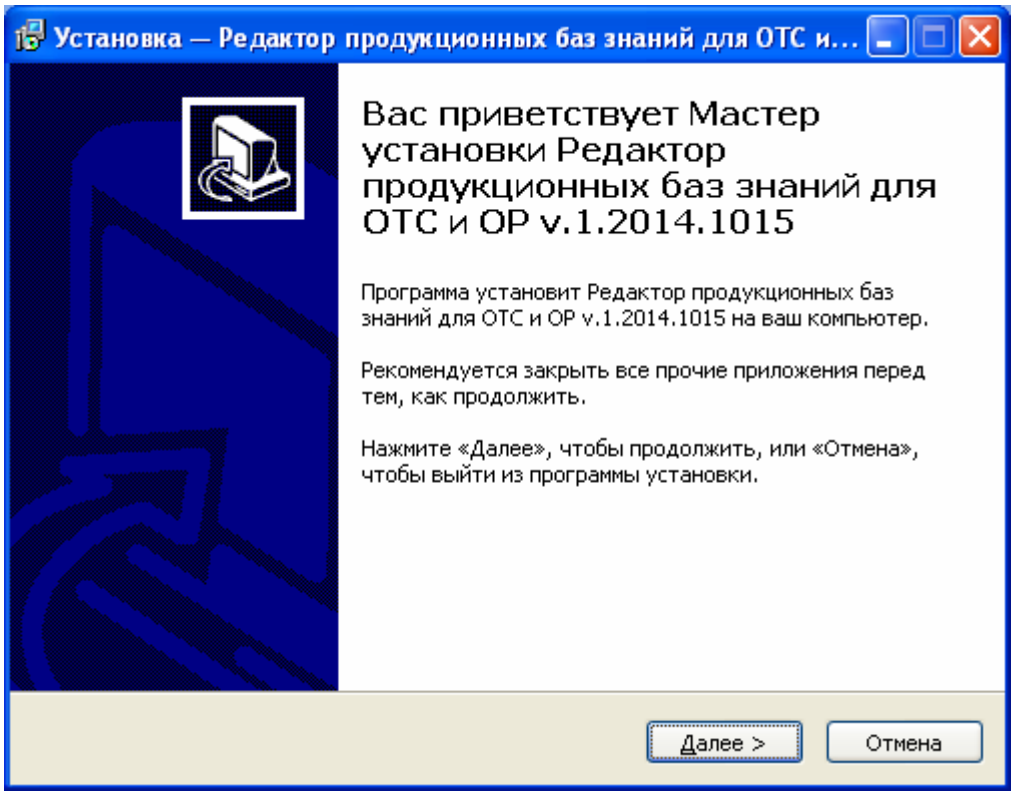


Рис.1.2 - Форма программы инсталлятора

Далее потребуется указать путь, для установки редактора (Рис.1.3) и продолжить процесс.

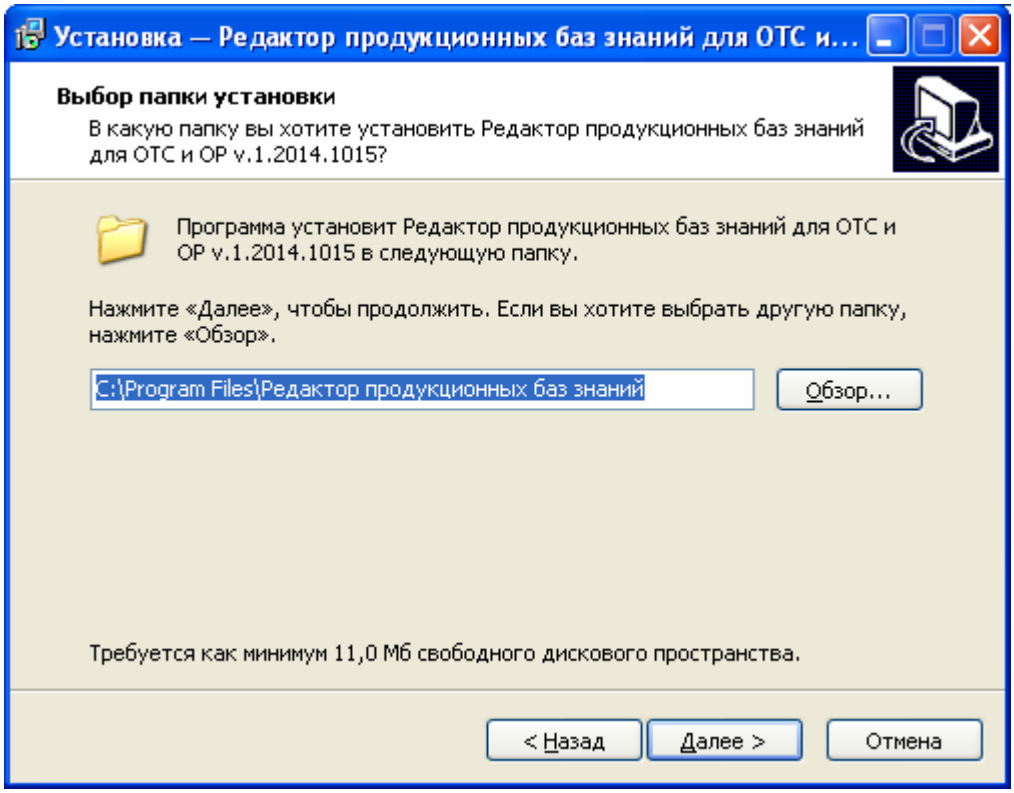


Рис.1.3 - Выбор пути для установки редактора

После успешной установки появится окно (Рис.1.4).

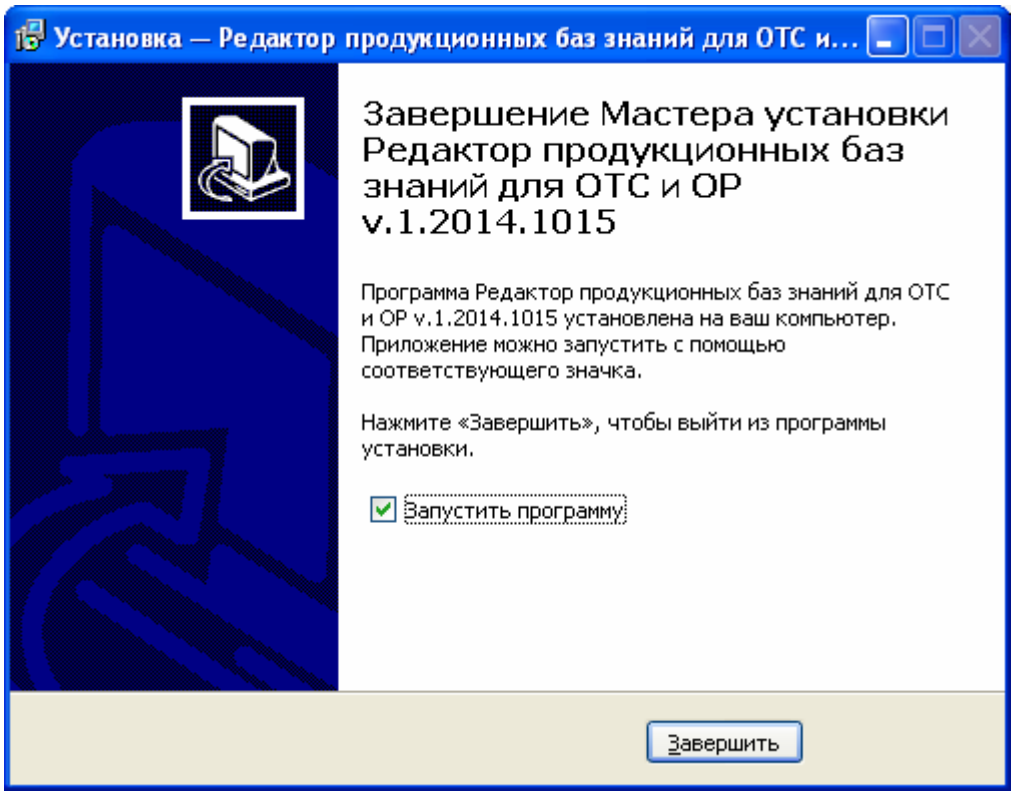


Рис.1.4 - Уведомление об успешной установке

2. Описание интерфейса редактора

2.1 Главное окно редактора

Главное окно (Рис. 2.1) редактора состоит из нескольких разделов:

1) **Главное меню**.

2) **Панель управления базой знаний**. Содержит основные кнопки управления базами знаний (*Создать новую БЗ, Создать новое правило, Создать новый факт, Удалить, Изменить, Добавить каталог, Запустить машину вывода*)

3) **Проводник баз знаний**. В этом разделе приложения отображаются действующие базы знаний и их компоненты (Шаблоны, Факты, Правила).

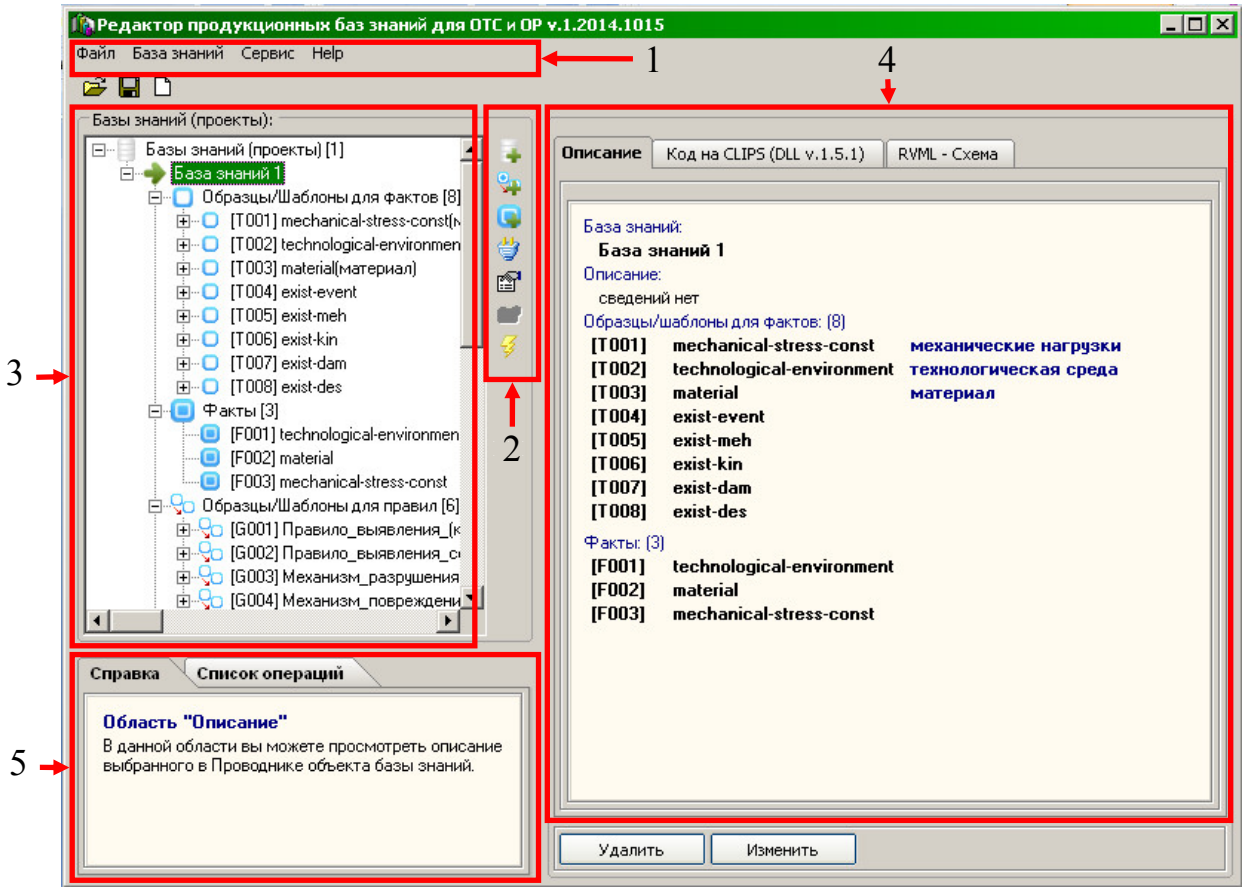


Рис. 2.1 - Интерфейс системы

4) **Информационная область**. В этом разделе отображается информация о выбранном в дереве БЗ объекте. Информация отображается в трёх вариантах (три закладки): описание объекта на естественном языке; описание объекта на языке представления знаний; описание объекта в графическом виде (на языке RVML).

5) **Справка/Список операций**. В этом разделе отображается либо вспомогательная информация, целью которой является помощь пользователю в использовании приложения, либо список операций выполненных пользователем.

2.2 Описание пунктов главного меню

Главное меню редактора содержит следующие разделы (пункты):

- **«Файл»**, объединяет подразделы:
  - *«Открыть»* – позволяет открыть существующую БЗ;
  - *«Загрузить»* – позволяет загрузить компоненты существующей БЗ;
  - *«Сохранить»* – позволяет сохранить изменения в редактируемой БЗ;
  - *«Сохранить как»* – позволяет сохранить редактируемую БЗ под новым именем;
  - *«Импортировать»* – позволяет импортировать БЗ или отдельные её объекты из файла CLIPS или из файла *.mdl (файл CASE-средства IBM Rational Rose)
  - *«Экспортировать»* – позволяет экспортировать БЗ или выбранные объекты БЗ в формат CLIPS;
  - *«Выход»* – позволяет закрыть программу.
- **«База знаний»**, объединяет подразделы:
  - *«Создать новую базу знаний»* – позволяет создать новую БЗ;
  - *«Добавить факт»* – позволяет добавить новый факт в существующую БЗ;
  - *«Добавить правило»* – позволяет добавить новое правило в существующую БЗ.
  - *«Сформировать отчет (.doc)»* - позволяет сформировать отчет в формате Microsoft Word.
- **«Сервис»**, объединяет подразделы:
  - *«Режим работы»* – позволяет выбрать режим работы в редакторе, доступны два режима – *«Администратор»* и *«Оператор»*;
  - *«Машина вывода»* – позволяет выбрать машину вывода, доступные машины вывода: *«CLIPS»*.
- **«Помощь»**, включает подпункт:
  - *«О программе»* – предоставляет сведения о разработчиках.

2.3 Описание кнопок управления

Кнопки управления (пронумерованы от 1 до 7 на Рис. 2.2) позволяют:

1. **«Создать новую базу знаний»**.
2. **«Создать новое правило»**.
3. **«Создать новый факт»**.
4. **«Удалить»** – в зависимости от выбранного в проводнике объекта нажатие на эту кнопку либо удаляет объект из БЗ, либо (если выбрана целиком БЗ) отключает БЗ от приложения.
5. **«Изменить»** – позволяет изменить данные выбранного в проводнике объекта.
6. **«Создать каталог»** – позволяет, создав папку, группировать образцы/шаблоны фактов, а также образцы/шаблоны правил.
7. **«Запустить машину вывода»**.

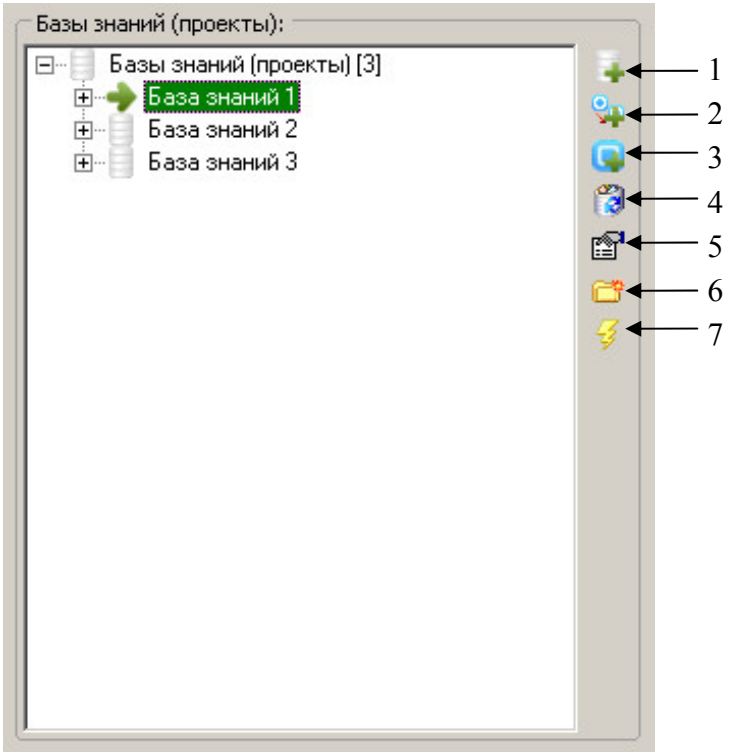


Рис. 2.2 – Кнопки управления проводника баз знаний

2.4 Описание алгоритма начального этапа работы с редактором

Для начала работы с редактором необходимо его запустить, т.е. выбрать в меню «Пуск» программу «Редактор продукционных баз знаний». После запуска появится стартовое окно редактора (Рис. 2.3).

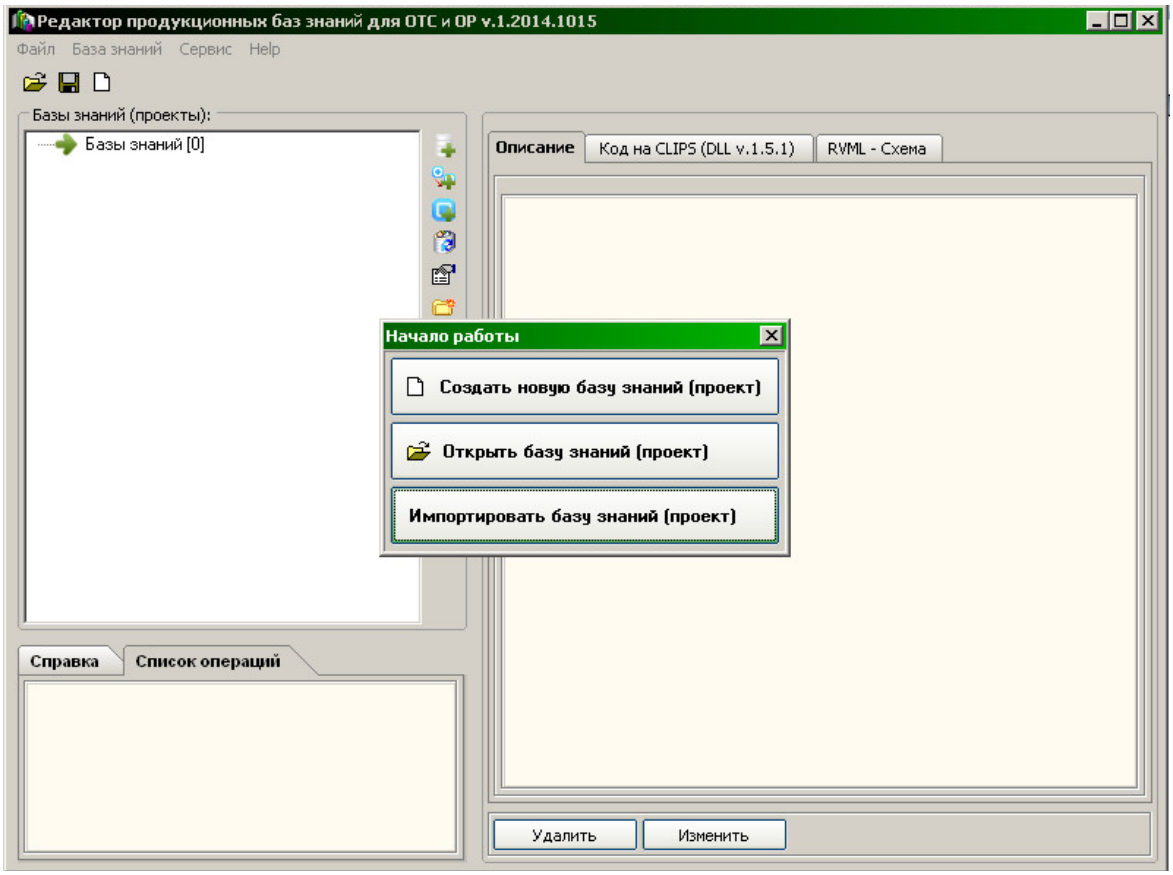


Рис. 2.3 - Стартовое окно редактора

Далее в окне «Начало работы» нужно выбрать один из пунктов:

- **Создать новую базу знаний (проект)** – выбрав этот пункт, приложение создаст новый проект (базу знаний) с которым вы будете работать.
- **Открыть базу знаний (проект)** – выбрав этот пункт, приложение предоставит вам возможность выбрать существующий проект (базу знаний) и продолжить работу с ней.
- **Импортировать базу знаний (проект)** – выбрав этот пункт, приложение предоставит вам возможность импортировать БЗ из формата CLIPS.

После выбора одного из пунктов начинается работа непосредственно с БЗ (только что созданной или загруженной).

В проводнике баз знаний (Рис. 2.2) можно посмотреть содержимое выбранной БЗ.

2.5 Создание новой базы знаний

Начать создание БЗ можно тремя способами:

1) нажав на кнопку *«Создать новую базу знаний»* на панели управления;
2) выделив в проводнике *«Базы знаний (проекты)»* раздел «Базы знаний», нажать на неё правой кнопкой мыши, тем самым вызвав контекстное меню, в котором нужно выбрать пункт *«Добавить»*;
3) в главном меню выбрать раздел *«Базы знаний»* и в подменю выбрать *«Создать новую базу знаний»*.

Любой из выше перечисленных способов приведет к началу создания БЗ, откроется окно (Рис. 2.4), в котором нужно ввести название базы знаний и её описание, для завершения создания нужно нажать на кнопку *«Создать»*. После этого в проводнике отобразится *новая* БЗ с описанием шаблонов фактов и правил.

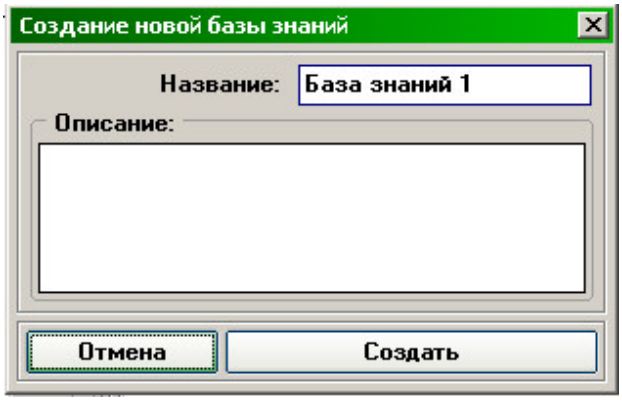


Рис. 2.4 - Создание новой базы знаний

2.6 Создание нового правила

Начать создание правила можно тремя способами:

1) нажав на кнопку *«Создать новое правило»* на панели управления;
2) выделив в проводнике *«Базы знаний (проекты)»* раздел *«Правила»,* нажать на неё правой кнопкой мыши, тем самым вызвав контекстное меню, в котором нужно выбрать пункт *«Добавить»*;
3) в главном меню выбрать раздел *«Базы знаний»* и в подменю выбрать *«Добавить правило»*.

Любой из выше перечисленных способов приведет к началу создания правила, откроется окно мастера *«Ввод новых правил»* (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**2.5).

Мастер *«Ввод новых правил»* позволяет последовательно создать блок правил, позволяющих описать деградационный процесс (ДП) на стадиях повреждения, разрушения и отказа, включая механизм и проявления в виде параметров и их значений. В мастере предусмотрен пошаговый ввод правил («цепочка» правил):

1) Правило для описания механизма повреждения;
2) Правило для описания проявлений ДП в виде повреждений;
3) Правило для описания механизма разрушения;
4) Правило для описания проявлений ДП в виде разрушений;
5) Правило для описания механизма отказа;
6) Правило для описания проявлений ДП в виде отказа.

В редакторе предусмотрен ввод правил, описывающих деградационные процессы, по шаблонам фактов и правил, созданным экспертом.

Изменение, добавление или удаление шаблонов осуществляется экспертом в специальном режиме работы с редактором.

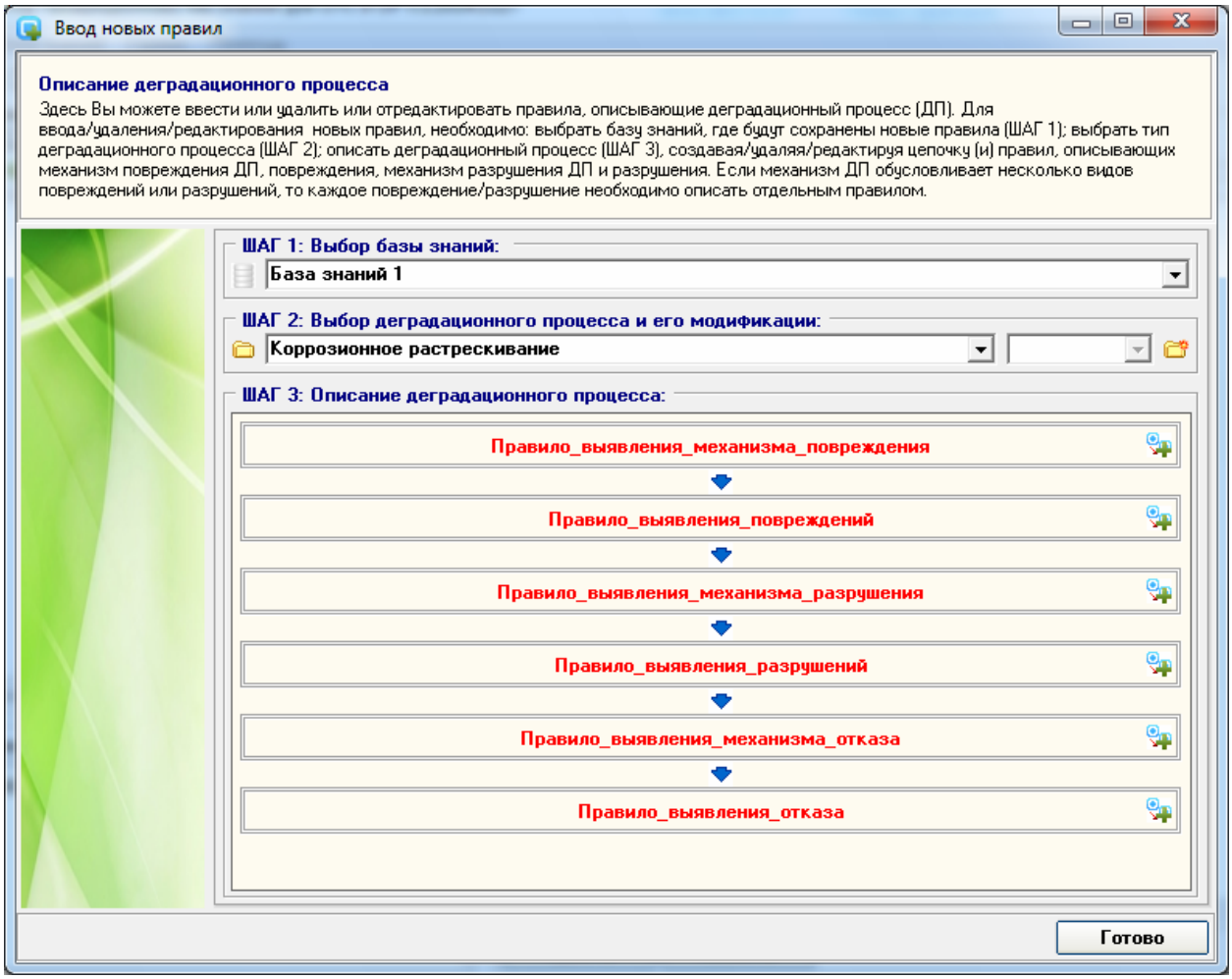


Рис. 2.5 - Ввод новых правил, шаг 1 – шаг 3

Создание правила осуществляется в несколько этапов:

1) Нужно выбрать БЗ (из списка доступных) в которую будет добавлено правило;
2) Нужно выбрать тип деградационного процесса (из списка доступных);
3) Задать идентификационное имя для создаваемого описания ДП, нажав справа кнопку с изображением папки. Система запрашивает подтверждение о необходимости создания новой модификации ДП, в результате имя модификации ДП создается в виде номера, генерируемого системой (Рис. 2.6**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).
4) Необходимо заполнить данные всех правил представленных в «цепочке». Красным цветом выделены блоки, где правила еще не введены. Для ввода нового правила нужно выбрать правило из цепочки и нажать на него левой кнопкой мыши, далее откроется окно *«Ввод нового правила»* (Рис. 2.7**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

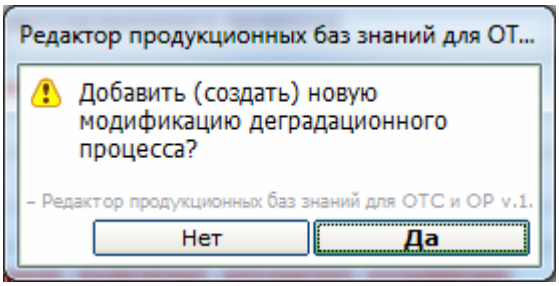


Рис. 2.6 – Запрос на ввод модификации ДП

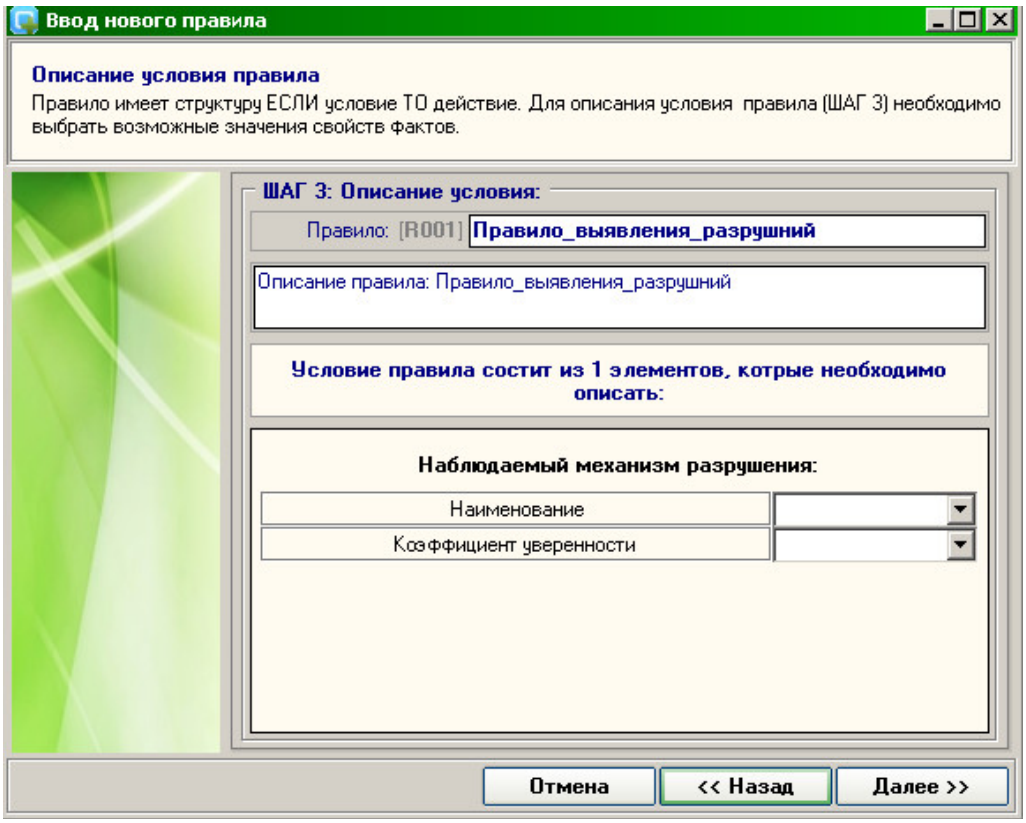


Рис. 2.7 - Ввод нового правила, шаг 3

5) Правило имеет структуру ЕСЛИ условие ТО действие. В окне *«Ввод нового правила»* вводятся данные об условии правила, для этого нужно заполнить частично или полностью представленные поля (например: «наименование», «Коэффициент уверенности»). После чего нужно перейти к следующему этапу нажав на кнопку «**Далее** >>».

6) В открывшемся окне (Рис. 2.8) можно проверить введенные данные. Если введенные данные верны, нужно перейти к следующему этапу, нажав на кнопку «**Далее** >>».

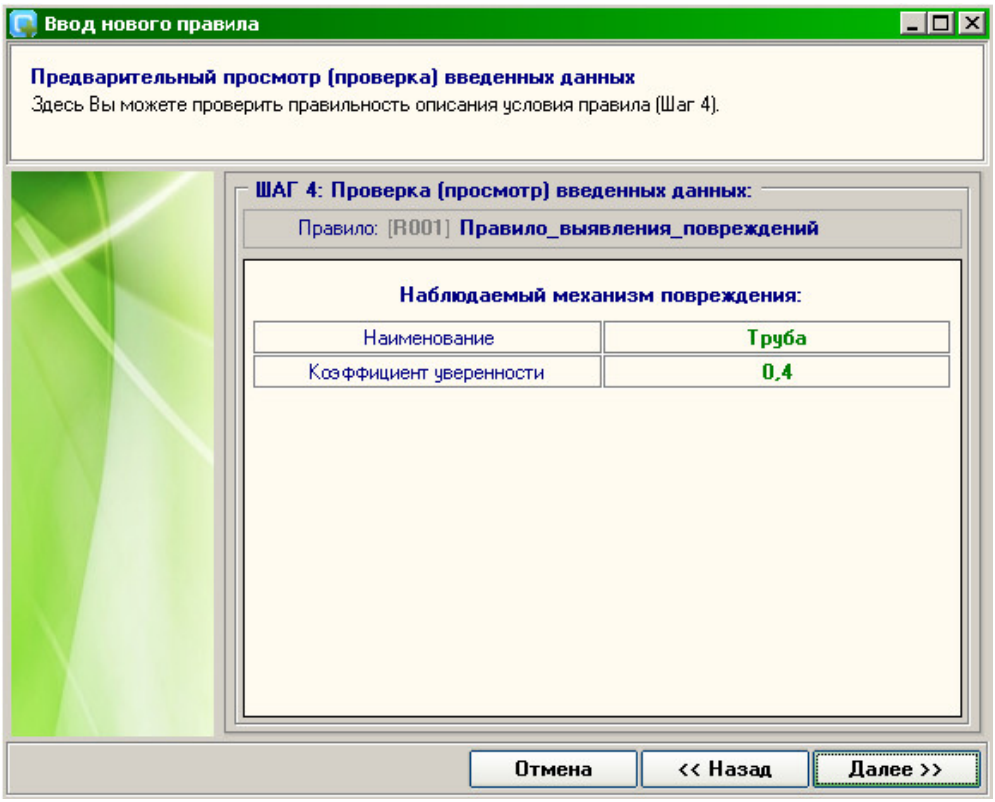


Рис. 2.8 - Ввод нового правила, проверка введенных данных, шаг 4

7) На этом этапе вводятся данные о действии правила, нужно заполнить частично или полностью представленные поля (Рис.). После чего нужно перейти к следующему этапу, нажав на кнопку «**Далее** >>».

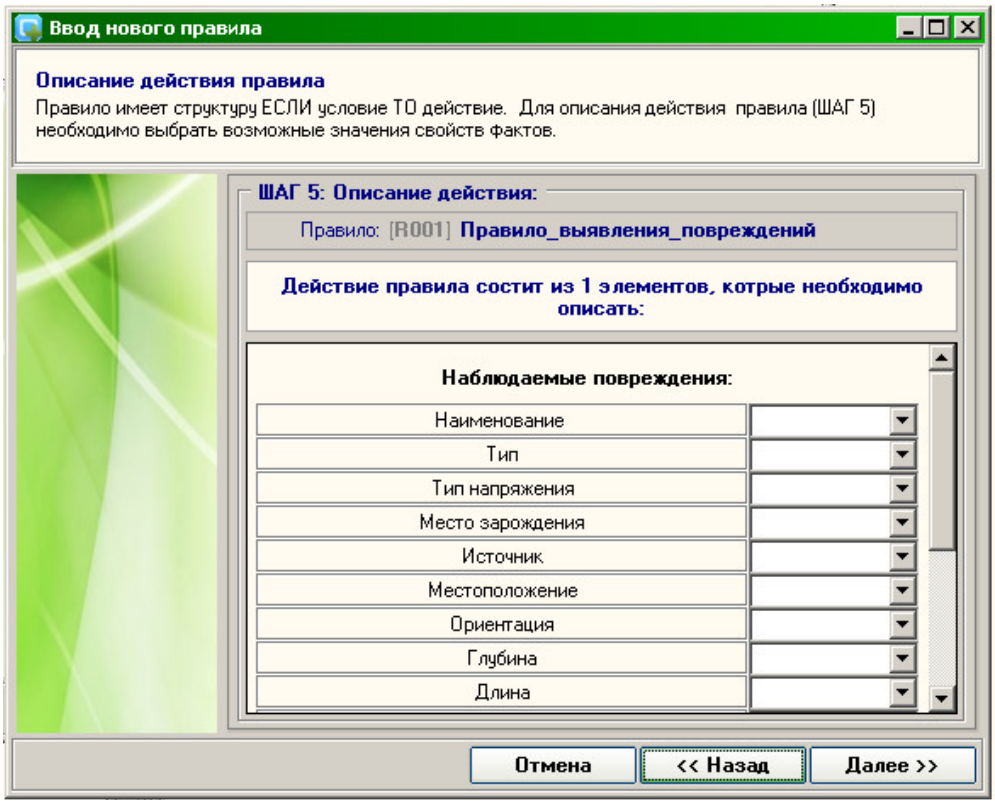


Рис. 2.9 - Ввод нового правила, описание действия, шаг 5

8) На следующем этапе, приложение предлагает проверить введенные данные о действии (рис. 2.10**Ошибка! Источник ссылки не найден.**), если все правильно, то снова нужно перейти к следующему этапу нажав на кнопку «**Далее** >>».

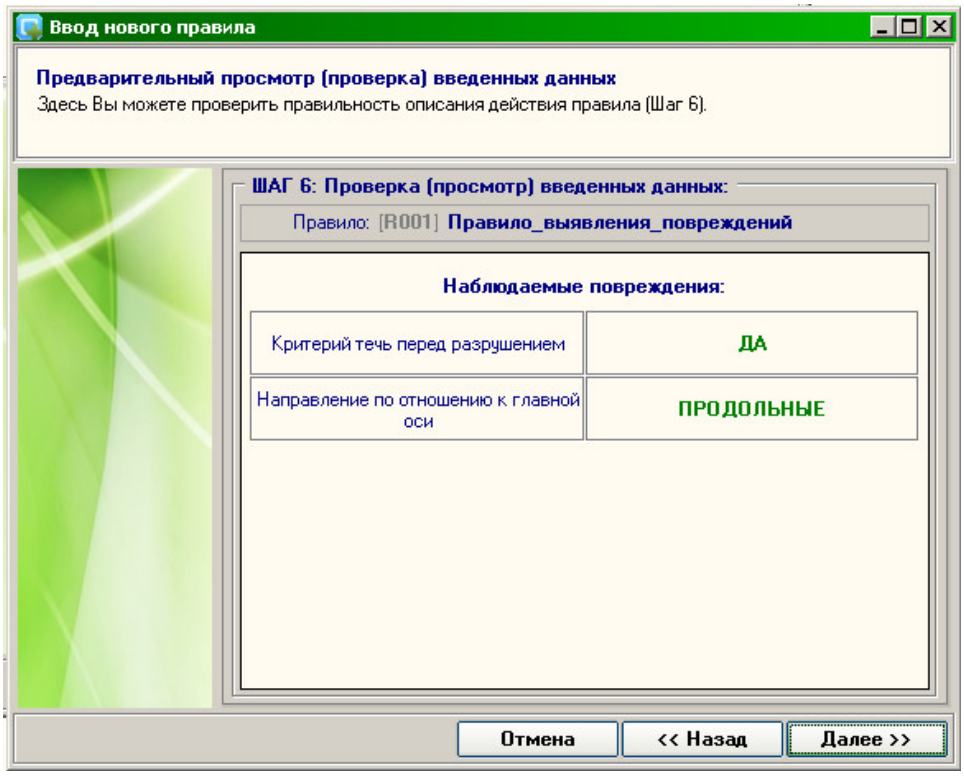


Рис. 2.10 - Ввод нового правила, шаг 6

9) Последним этапом является просмотр созданного правила на языке RVML (Рис. 2.111). Для завершения нужно нажать на кнопку «**Готово**». После этого в окне *«Ввод новых правил»* отобразится добавленное правило (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**), цвет блока правил изменится с красного на зеленый.

10) Аналогично должны быть введены все правила «цепочки», описывающей ДП. Процесс ввода правил может быть прерван. Тогда для сохранения уже введенных правил необходимо также нажать на кнопку «**Готово**», а для возобновления ввода вновь вызвать мастер *«Ввод новых правил»*, выбрать БЗ, деградационный процесс, модификацию ДП и добавлять правила по описанному алгоритму (шаг 3-7).

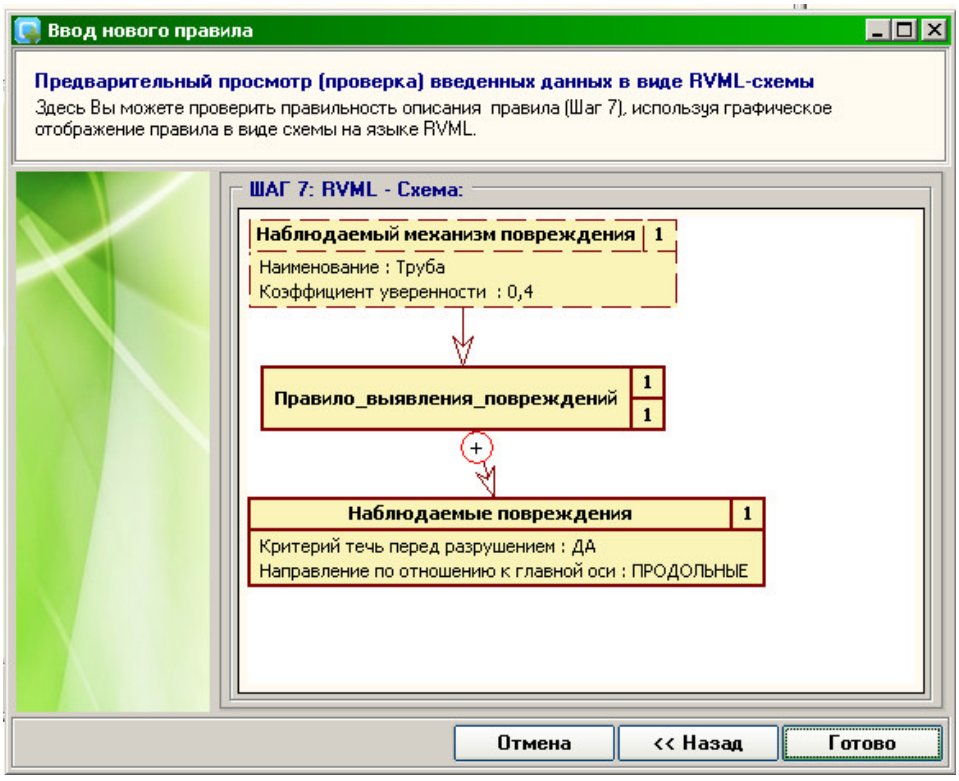


Рис. 2.11 - Ввод нового правила, представление на языке RVML, шаг 7

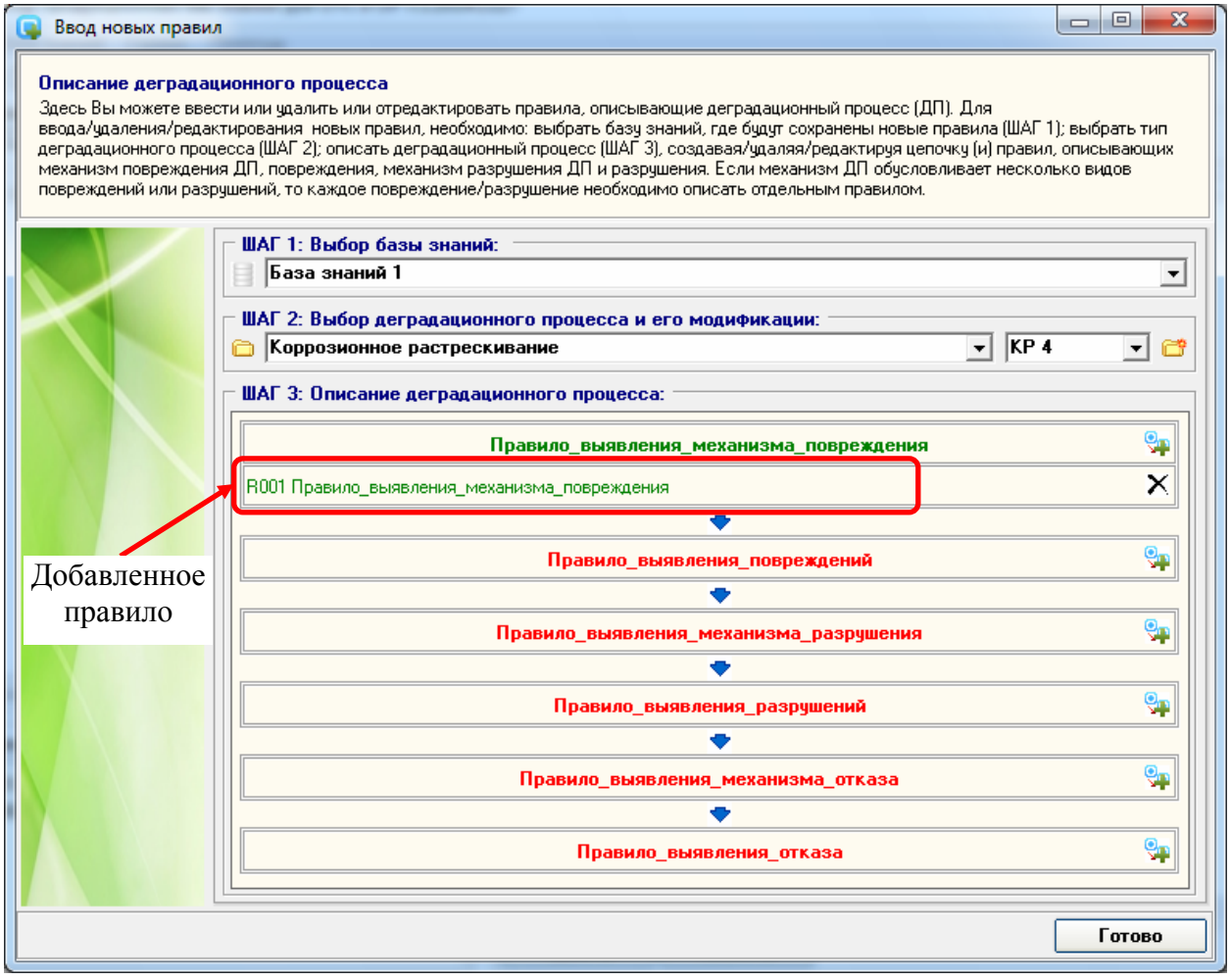


Рис. 2.32 - Ввод новых правил с указанием добавленного правила

2.7 Создание нового факта

Начать создание факта можно тремя способами:

1) нажав на кнопку *«Создать новый факт»* на панели управления;
2) выделив в проводнике раздел *«Факты»*, нажать на неё правой кнопкой мыши, тем самым вызвав контекстное меню, в котором нужно выбрать пункт *«Добавить»*;
3) в главном меню выбрать раздел *«Базы знаний»* и в подменю выбрать *«Добавить факт»*.

При нажатии на кнопку *«Создать новый факт»* (на панели управления) откроется окно *«Ввод нового факта»* (Рис. 2.43). В открывшемся окне, для создания факта для начала нужно выбрать базу знаний (шаг 1), к которой будет относится факт, и шаблон будущего факта (шаг 2). Для завершения выбора нужно нажать на кнопку «**Далее** >>».

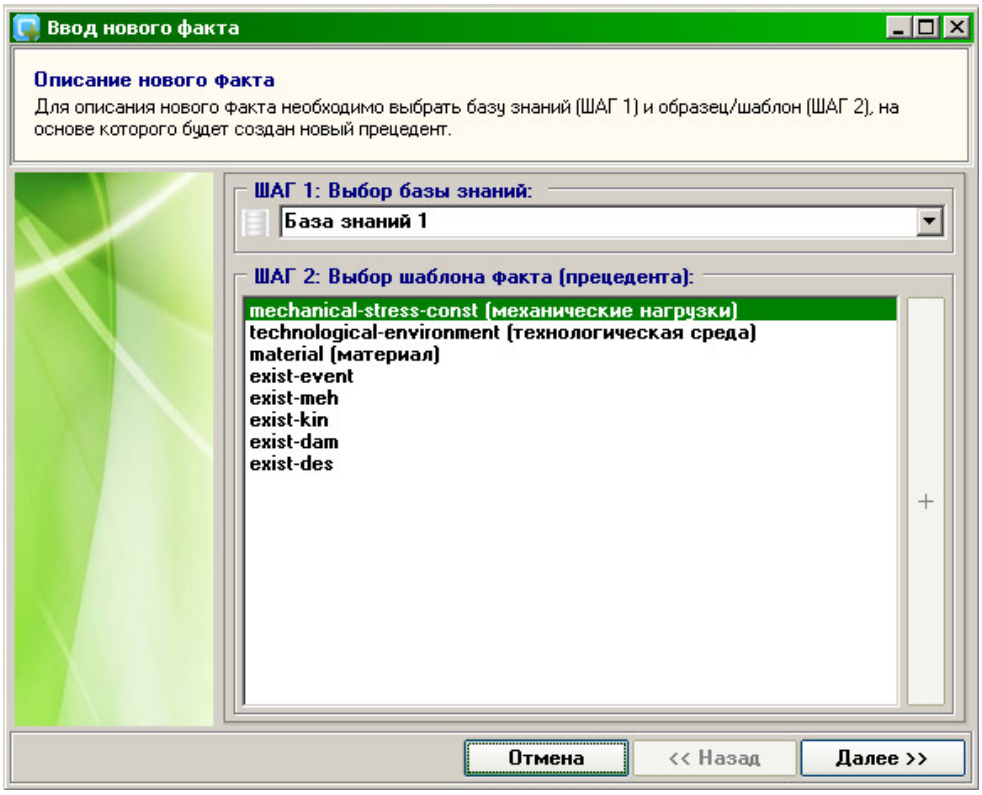


Рис. 2.4 - Ввод нового факта

На следующем этапе ввода нового факта нужно описать свойства этого факта (Рис. 2.52.14) (шаг 3). Для этого необходимо заполнить необходимые поля и нажать на кнопку «**Далее** >>».

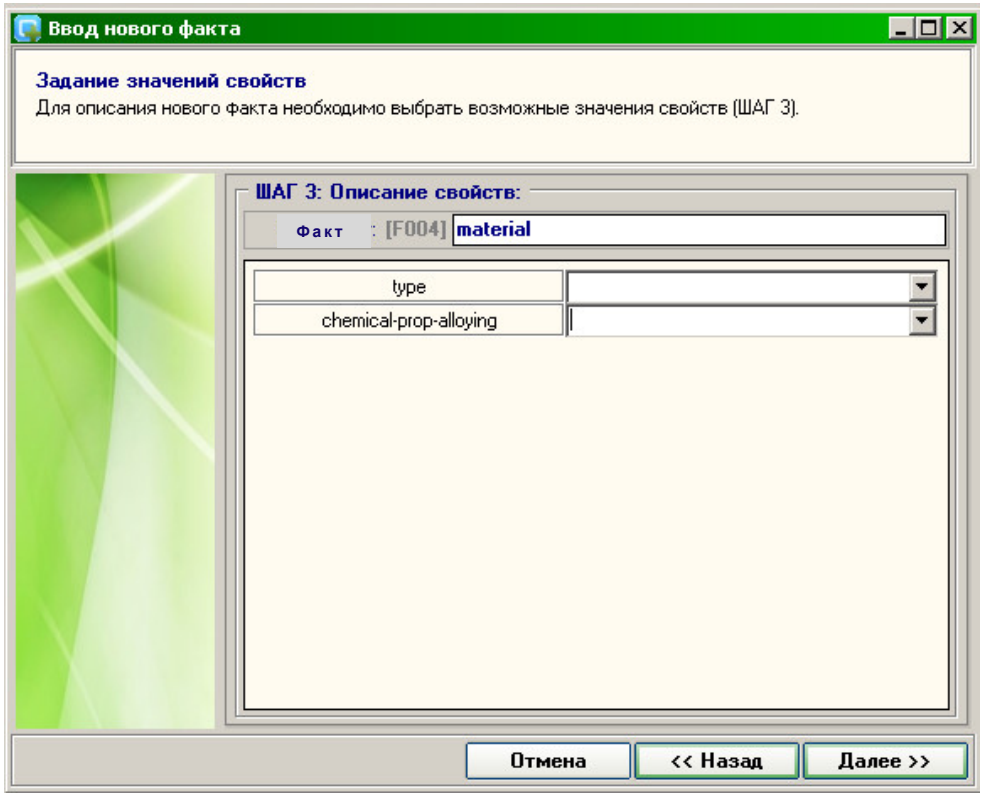


Рис. 2.5 - Описание свойств нового факта

Заключительным этапом ввода нового факта является просмотр введенных данные (Рис. 2.6), для окончательного завершения нужно нажать на кнопку «**Готово**» и тогда в проводнике отобразится добавленный факт.

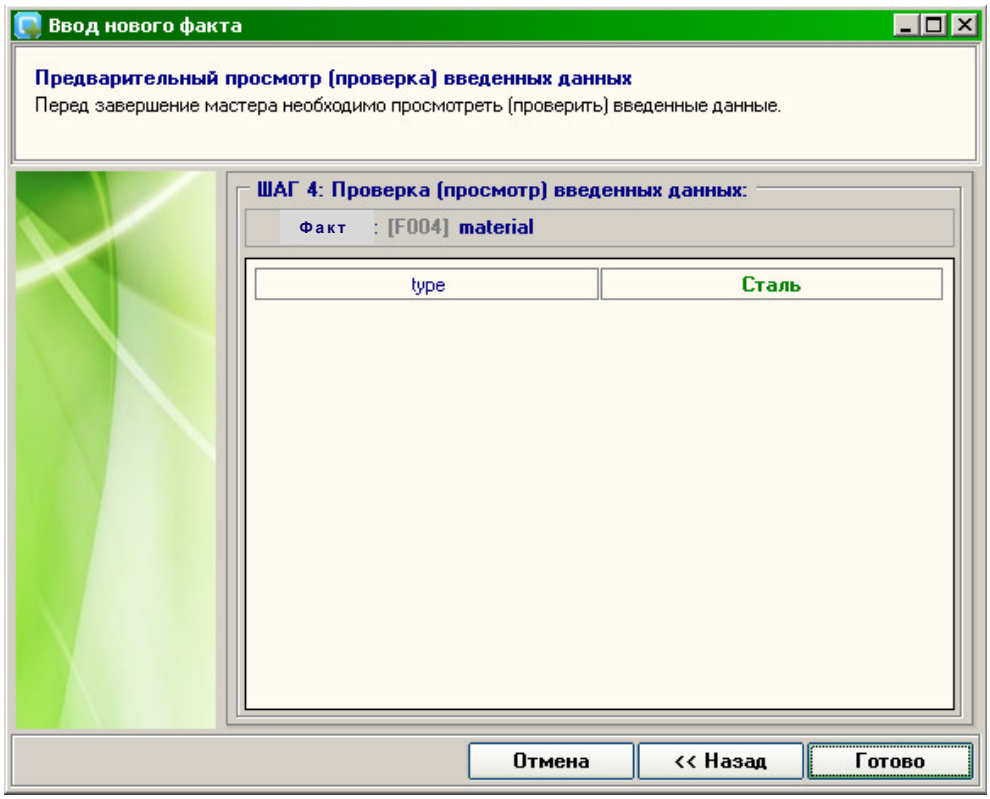


Рис. 2.6 - Просмотр введенных данных

2.8 Удаление объекта БЗ

Для того чтобы удалить объект БЗ нужно выделить этот объект в проводнике, затем либо нажать кнопку *«Удалить»* на панели управления, либо нажать правой кнопкой по выбранному объекту и в контекстном меню выбрать раздел *«Удалить»*.

Если данный объект нельзя удалить, то кнопка *«Удалить»* будет не доступна.

После нажатия на кнопку *«Удалить»* система попросить подтвердить решение об удалении объекта (Рис. 2.76).

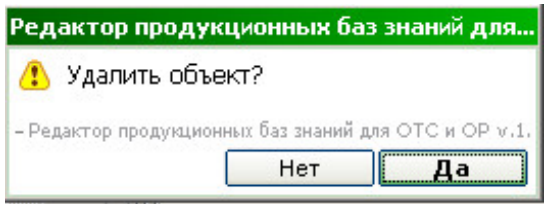


Рис. 2.7 - Подтверждение об удалении объекта

2.9 Изменение объекта БЗ

Для того чтобы изменить объект БЗ нужно выделить этот объект в проводнике, затем либо нажать кнопку *«Изменить»* на панели управления, либо нажать правой кнопкой по выбранному объекту и в контекстном меню выбрать раздел *«Изменить»*.

Если данный объект нельзя изменить, то кнопка *«Изменить»* будет не доступна.

Если объект можно изменить, то откроется окно объекта (в зависимости от выбранного объекта, если правило, то окно для правила, если факт, то окно для факта).

Если у объекта есть зависимости с другими объектами, то система запросит подтверждения (Рис. 2.87).

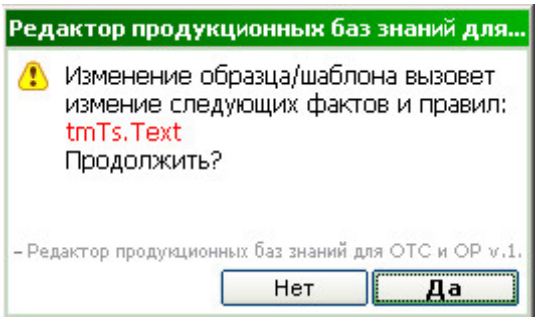


Рис. 2.8 - Подтверждение об изменении объекта

2.10 Запуск машины вывода

Для того чтобы запустить машину вывода для проверки созданной БЗ нужно нажать на кнопку *«Машина вывода»* на панели управления. После чего откроется окно (Рис. 2.9), где нужно выбрать БЗ (шаг 1), а также просмотреть начальные условия (шаг 2). Для перехода к следующему этапу нужно нажать кнопку «**Далее** >>».

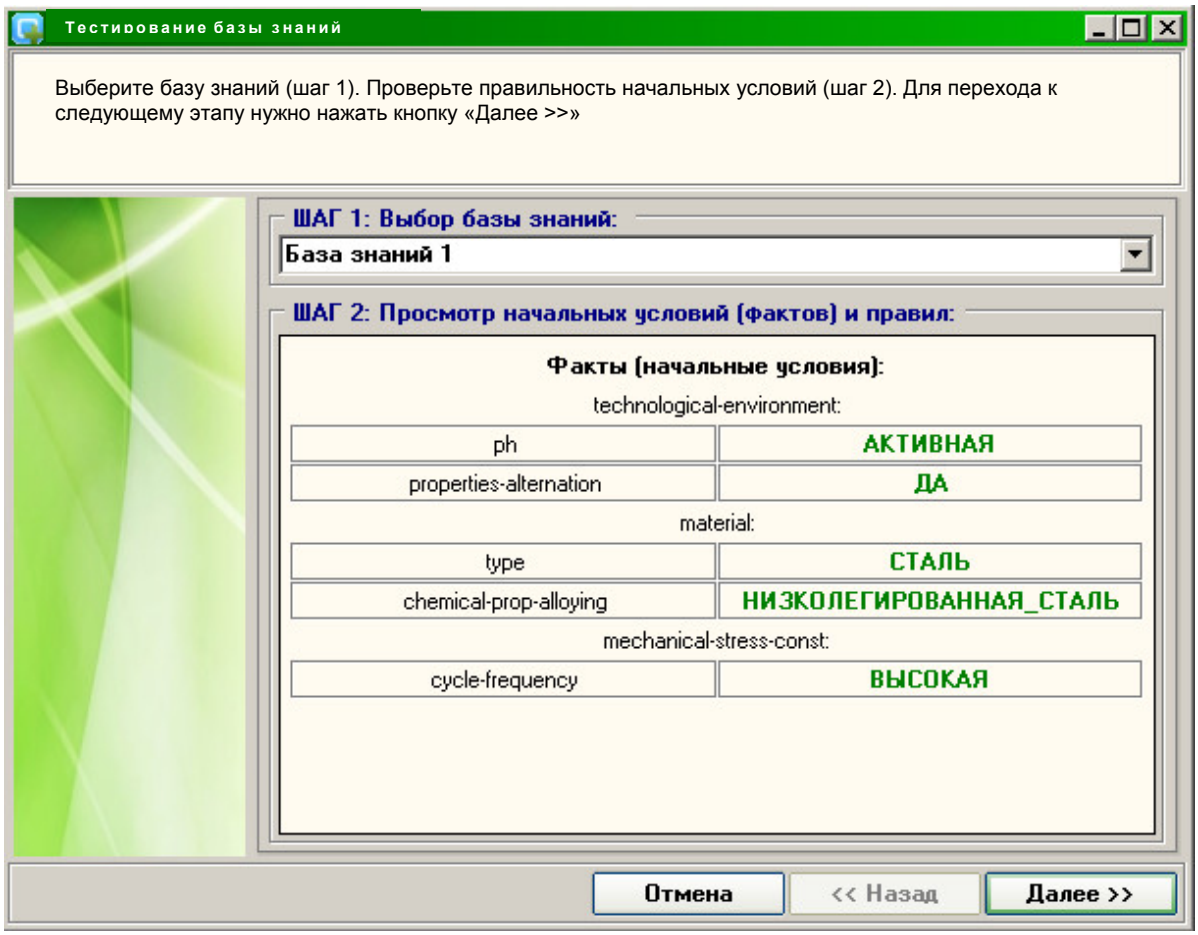


Рис. 2.9 - Машина вывода

На следующем шаге (шаг 3), система предложит ознакомиться с результатами вывода в виде отдельных фактов (Рис. 10).

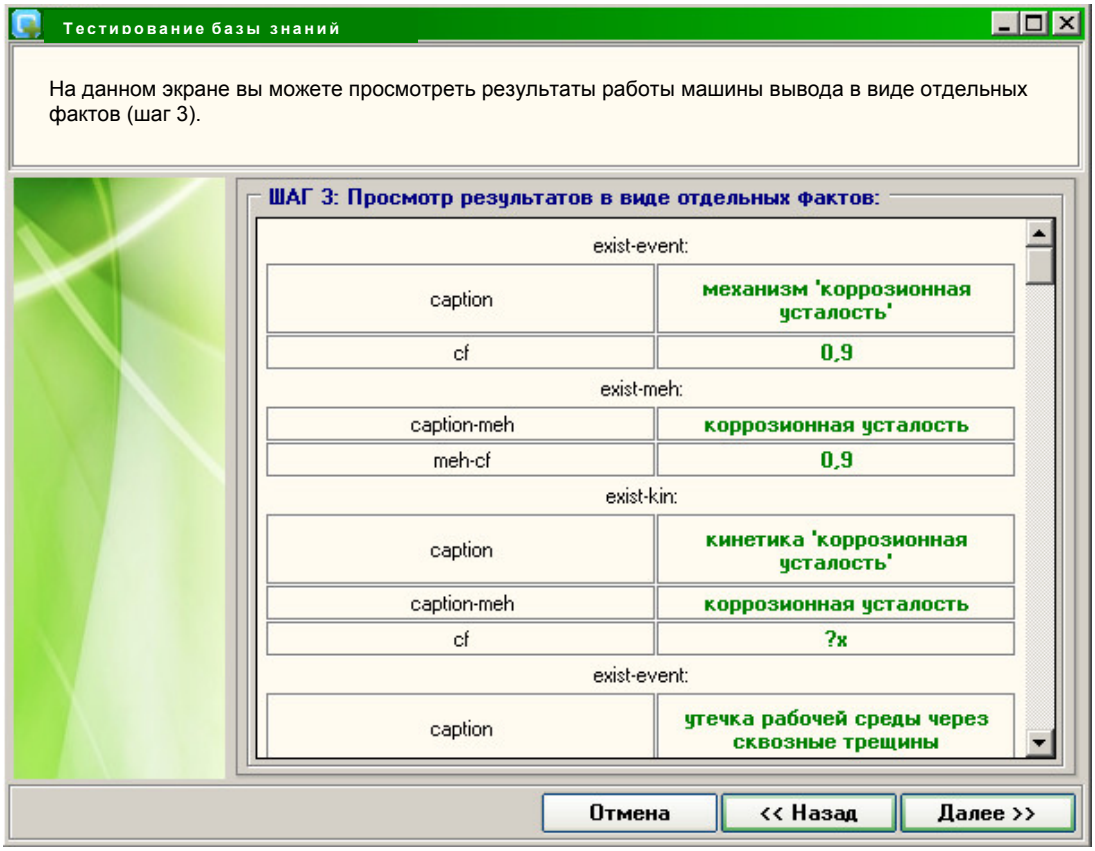


Рис. 10 - Машина вывода, шаг 3

На четвертом этапе (Рис. 2.11) система выводит результаты поиска вариантов измерения состояния (прогноз).

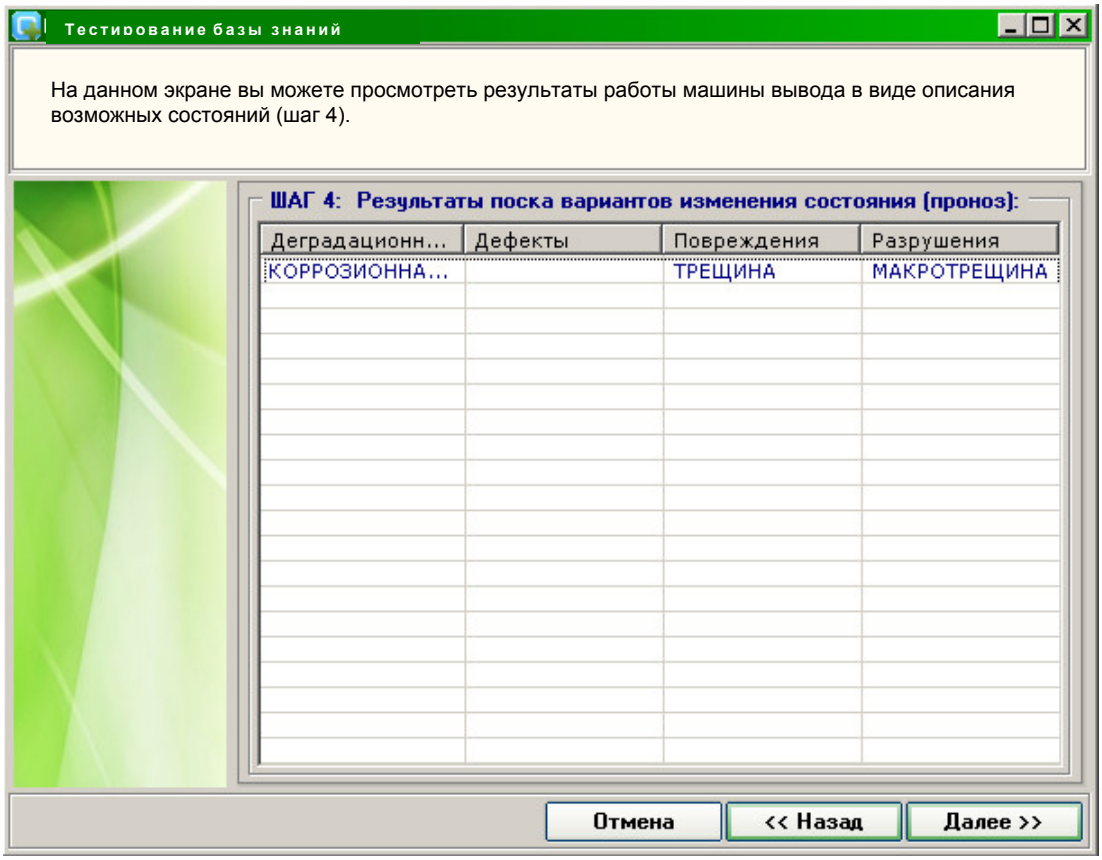


Рис. 2.11 - Машина вывода, шаг 4

На заключительном этапе (Рис. 12) на экран выводится пояснение результатов (активированные правила).

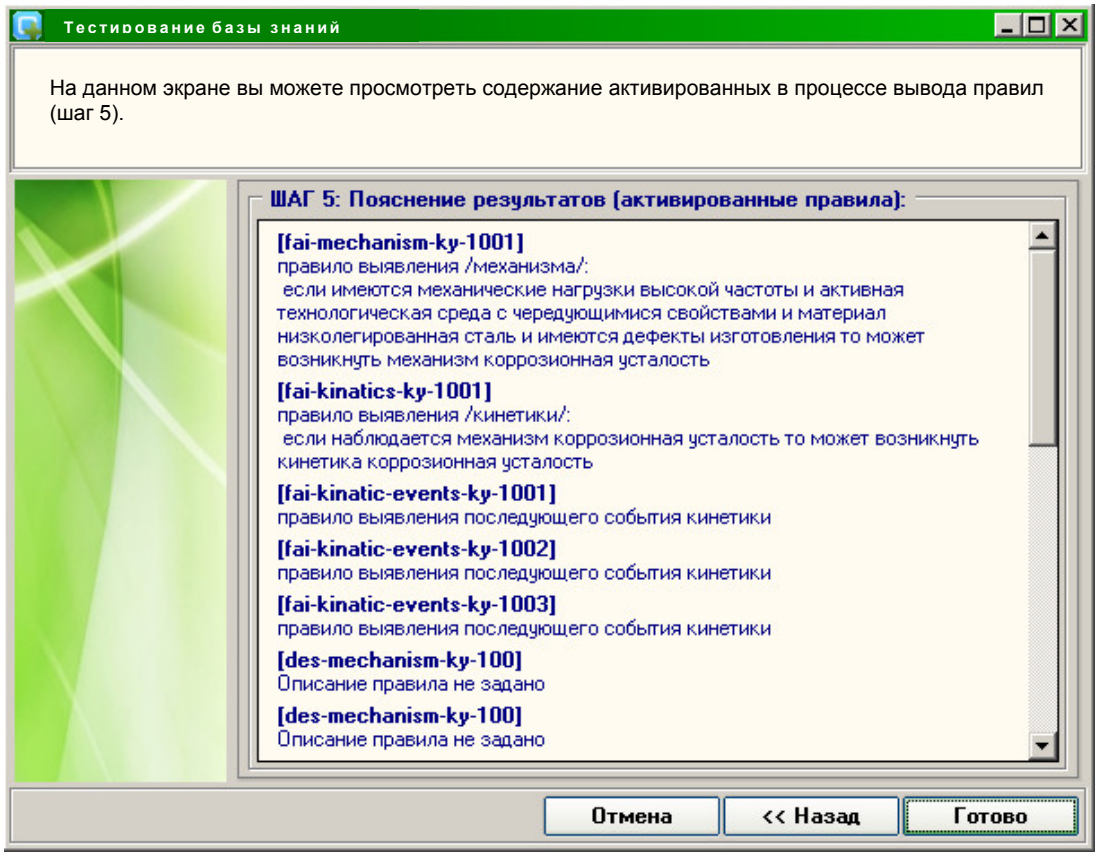
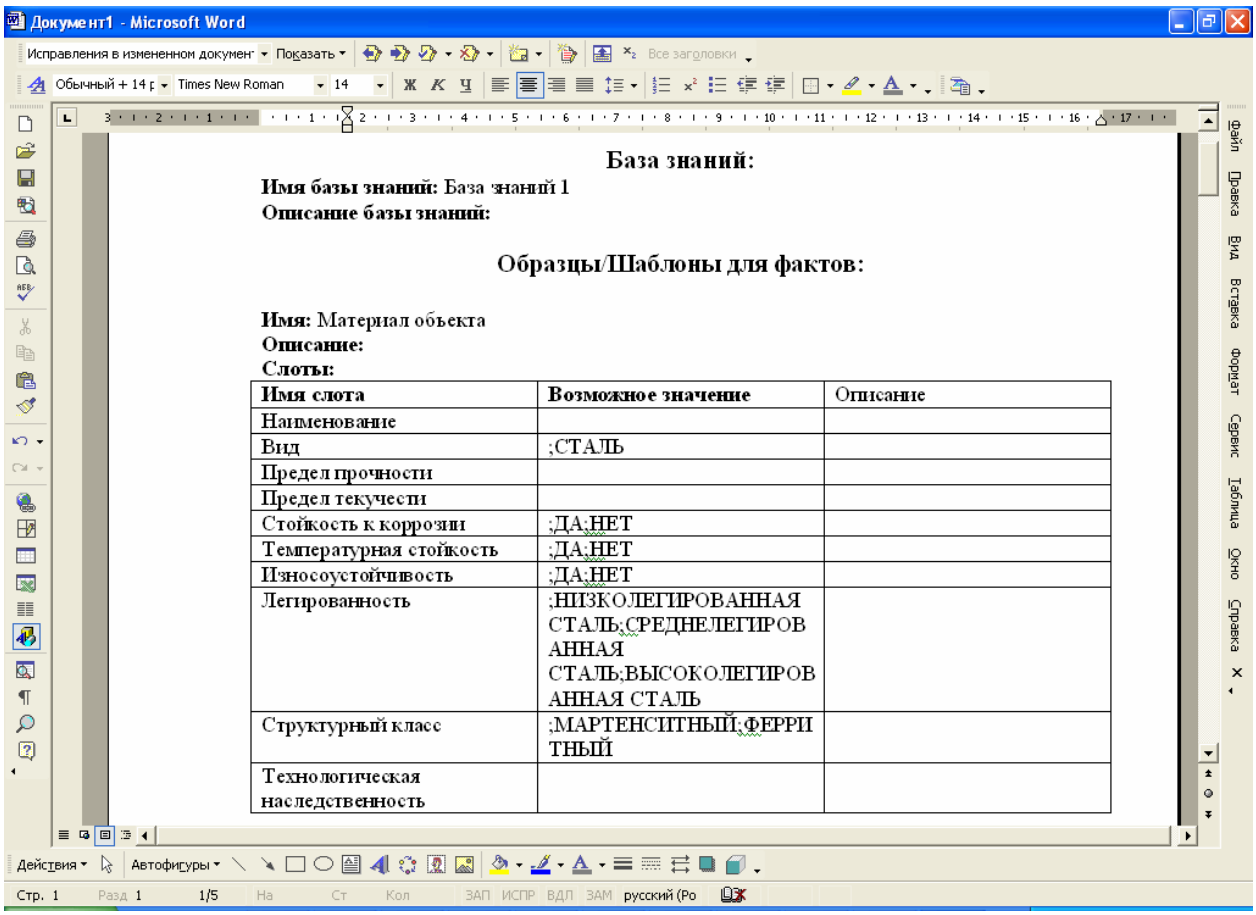


Рис. 121 - Машина вывода, шаг 5

2.11 Формирование отчётов

Для формирования отчёта об определенном объекте БЗ или самой БЗ, нужно выбрать объект в проводнике и кликнуть по нему правой кнопкой мыши и в подменю выбрать раздел *«Сформировать отчёт (.doc)»*. После чего откроется MS Word, где будет сформирован отчёт (рис.2.22).



База знаний:

Имя базы знаний: База знаний 1
Описание базы знаний:

Образцы/Шаблоны для фактов:

Имя: Материал объекта
Описание:
Слоты:

Имя слота	**Возможное значение**	Описание
Наименование		
Вид	;СТАЛЬ	
Предел прочности		
Предел текучести		
Стойкость к коррозии	;ДА;НЕТ	
Температурная стойкость	;ДА;НЕТ	
Износоустойчивость	;ДА;НЕТ	
Легированность	;НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ;СРЕДНЕЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ;ВЫСОКОЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ	
Структурный класс	;МАРТЕНСИТНЫЙ;ФЕРРИТНЫЙ	
Технологическая наследственность		

Рис.2.22 Пример отчета

3. Описание RVML

Rule Visual Modeling Language (RVML) позволяет:

- использовать отдельные графические примитивы для отображения всех элементов продукций (а не стереотипы или типизированные классы как в UML);
- присваивать отдельным фактам субъективные вероятности в виде коэффициентов уверенности;
- более наглядно отображать тип выполняемых действий (добавление, удаление, остановка);
- отображать логические операторы в условиях правил («или» и «не»).

Основные элементы RVML представлены в Таблица 3.1.

Таблица 3.1 – Основные элементы RVML

Элемент	Изображение элемента	Пример применения
Шаблон	**Имя шаблона** <имя слота>: <тип>=<значение по умолчанию>	**Повреждение** Наименование: строка = «Не определено»
Факт	**Имя шаблона** | **КУ** <имя слота> = <значение>	**Повреждение** | **1.0** Наименование = «Трещина»
Условие	**Имя шаблона** | **КУ** <имя слота> <знак> <значение>	**Повреждение** | **0.5** Наименование <> «Трещина»
Условный оператор НЕ	○	**Повреждение** | **0.5** Наименование = «Трещина» ○
Условный оператор ИЛИ	OR	
Узловой элемент правила («Ядро»)	**Имя правила** | **КУ** / **В**	**Правило П-01** | **0.8** / **10**
Связь между элементами	→	
Оператор действия: *добавление факта*	+ →	
Оператор действия: *удаление*	- →	

факта		
Явное указание на шаблон		

Рассмотрим **пример применения** нотации RVML на примере описания простейших правил.

Рассмотрим правило: «если двигатель не заводится и стартер двигателя не работает, то с большой определенностью можно сказать, что неполадки в системе электропитания стартера».

После проведения концептуализации и выделения основных понятий, таких как: двигатель, стартер, результат диагностирования данное правило может данное правило может быть формализовано в следующем виде:

ЕСЛИ «двигатель не заводится» (с уверенностью 1) И «стартер двигателя не работает» (с уверенностью 1) **ТО** «неполадки в системе электропитания стартера» (с уверенностью 1).

С помощью RVML данное правило может быть визуально представлено следующим образом (Рисунок 3.1):

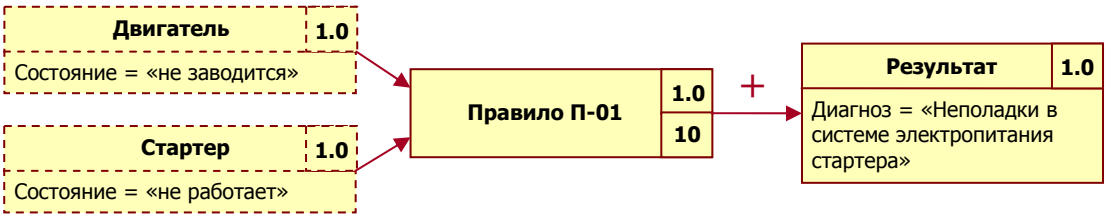


Рисунок 3.1 – Пример применения

4. Описание семантического слоя редактора

4.1. Шаблоны базы знаний деградационных процессов

Опишем шаблоны базы знаний «Деградационных процессов»:

- Материал (табл. 4.1);
- Технологическая наследственность – остаточные напряжения (табл. 4.2);
- Конструктивная наследственность (табл. 4.3);
- Металлургическая наследственность – дефекты изготовления (табл. 4.4);
- Механические нагрузки – постоянные (табл. 4.5);
- Механические нагрузки – переменные (табл. 4.6);
- Механические нагрузки – динамические (табл. 4.7);
- Температурные нагрузки (табл. 4.8);
- Физико-химические воздействия – Рабочая технологическая среда (табл. 4.9);
- Физико-химические воздействия – Теплообменная технологическая среда (табл. 4.10);
- Поток технологической среды (табл. 4.11);
- Повреждаемость поверхности вследствие воздействия агрессивной среды (табл. 4.12);
- Наблюдаемый механизм повреждения (табл. 4.13);
- Наблюдаемые повреждения (табл. 4.14);
- Наблюдаемый механизм разрушения (табл. 4.15);
- Наблюдаемые разрушения (табл. 4.16);
- Наблюдаемый механизм отказа (табл. 4.17);
- Наблюдаемые параметры отказа (табл. 4.18).

Таблица. 4.1. Описание фрейма «Свойства объекта – Материал»

Имя фрейма: Свойства объекта – Материал	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Механические свойства	
Предел прочности	Низкопрочная (предел прочности < 500 МПа) Среднепрочная (предел прочности от 500 до 1200 МПа) Высокопрочная (предел прочности > 1200 МПа)
Предел текучести	Низкопластичная (предел текучести < 400 МПа); Среднепластичная (предел текучести от 400 до 900 МПа); Высокопластичная (предел текучести > 900 МПа)
Физические свойства	
Легированность	Низколегированная сталь (< 5%); Среднелегированная сталь (5% до 15%); Высоколегированная сталь (> 15%)
Стойкость к коррозии	Совершенно стойкая; Весьма стойкая; Пониженная

	стойкость; Малостойкая.
Структурные свойства	
Структурный класс стали	Аустенитный; Ферритный; Аустенито-ферритный; Мартенситный; Аустенито-мартенситный; Феррито-мартенситный; Перлитный и др.
Технологическая наследственность	
Чувствительность материала	Электрохимическая неоднородность границ зерен; Хрупкость границ зерен; Неоднородность микронапряженного состояния

Таблица. 4.2. Описание фрейма «Технологическая наследственность – остаточные напряжения»

Имя фрейма: Остаточные напряжения	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Вид напряжений	Растягивающие; Сжимающие; Касательные
Величина напряжений	Максимальные; Средние; Минимальные
Местоположение	На боковой поверхности; На вогнутой поверхности
Ориентация	Продольные; Перпендикулярные
Причина возникновения	Деформация в холодном состоянии при гнутье

Таблица. 4.3. Описание класса «Свойства объекта – Конструктивная наследственность»

Имя фрейма: Свойства объекта – Конструктивная наследственность	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Конструктивные концентраторы напряжений	Переходы поверхностей; Галтели; Соединения
Абсолютные размеры сечения элемента	Незначительные; Значительные

Таблица. 4.4. Описание класса «Металлургическая наследственность – дефекты изготовления»

Имя фрейма: Металлургическая наследственность – Дефекты изготовления	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наличие дефекта изготовления	Да; Нет
Вид дефекта	Закаты; Неметаллические включения; Поры; Расслоение; Трещина (ы) – дефекты; Флокены
Местоположение	Зона термального влияния
Причина возникновения	Сварка

Таблица. 4.5. Описание фрейма «Механические нагрузки - постоянные»

Имя фрейма: механические нагрузки - статические	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Вид статических нагрузок	Внутреннее давление (МПа); Сосредоточенная нагрузка (МН); Распределенная нагрузка.
Величина нагрузок	Числовое значение (МПа)
Вид напряжения	Растягивающие; Сжимающие; Касательные.
Величина напряжения	Числовое знание (МПа)

Таблица. 4.6. Описание фрейма «Механические нагрузки - переменные»

Имя фрейма: механические нагрузки - переменные	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Вид переменных нагрузок	Малоцикловая (до 100000 циклов за весь период эксплуатации); Многоцикловая (до 10000000 циклов за весь период).
Амплитуда цикла	Числовое знание (МПа)
Частота циклов	Высокая (> 60 цикл/мин); Средняя (от 20 до 60 цикл/мин); Низкая (ниже 20 цикл/мин).
Коэфф. асимметрии цикла	Числовое значение
Среднее значение цикла	Числовое значение
Величина нагрузки, максимальная, минимальная	Числовое значение (МПа)
Вид напряжения	Растягивающие; Сжимающие; Касательные.
Величина напряжения, максимальная, минимальная	Числовое знание (МПа)

Таблица. 4.7. Описание фрейма «Механические нагрузки - динамические»

Имя фрейма: механические нагрузки - динамические	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Вид переменных нагрузок	Малоцикловая (до 100000 циклов за весь период эксплуатации); Многоцикловая (до 10000000 циклов за весь период).
Амплитуда цикла	Числовое знание (МПа)
Частота циклов	Числовое знание (цикл/мин)
Скорость	Числовое знание (м/с)
Ускорение	Числовое знание (м/с²)
Максимальное значение нагрузки	Числовое знание (МПа)
Вид напряжения	Растягивающие; Сжимающие; Сдвиг.
Величина напряжения, максимальная	Числовое знание (МПа)

Таблица. 4.8. Описание класса «Температурные нагрузки»

Имя фрейма: температурные нагрузки	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Перепад температуры по толщине стенки (радиальный)	< 100 градусов; от 100 до 300 градусов; > 300 градусов.
Перепад температуры по длине	< 10 градусов; от 10 до 100 градусов; > 100 градусов.

Таблица. 4.9. Описание фрейма «Физико-химические воздействия – технологическая среда»

Имя фрейма: Физико-химические воздействия – Рабочая технологическая среда	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Температура	Числовое значение
Вязкость	Числовое значение
Содержание молекулярного водорода	меньше 10% об.; от 10% до 50% об.; больше 50 % об.
Водородный показатель (pH)	Активная (кислая, pH 0-7);

	Нейтральная (pH= 7); Активная (щелочная, pH 7-15)
Радиация	Термическая; Электромагнитная; Ионизирующая.
Чередование свойств среды	Да; Нет.
Влажность среды	Числовое знание (%)
Температура вспышки паров	меньше 28 гр С; от 28 до 61 гр. С; больше 61 гр. С

Таблица. 4.10. Описание фрейма «Физико-химические воздействия – теплообменная технологическая среда»

Имя фрейма: Физико-химические воздействия – теплообменная технологическая среда	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Вид водной среды	Оборотная вода (слабокоррозионная); Химически-очищенная вода (не коррозионная); Химически-очищенная вода (слабощелочная)
Водородный показатель (pH)	Активная (кислая, pH 0-7); Нейтральная (pH= 7); Активная (щелочная, pH 7-15)
Общая жесткость	ниже нормы; в норме; выше нормы.
Содержание кислорода	ниже нормы; в норме; выше нормы.
Содержание ионов железа	ниже нормы; в норме; выше нормы.
Содержание ионов хлора	ниже нормы; в норме; выше нормы.
Содержание ионов серы	ниже нормы; в норме; выше нормы.
Содержание ионов азота	ниже нормы; в норме; выше нормы.
Содержание гидразин-гидрат	ниже нормы; в норме; выше нормы.
Электродный потенциал	ниже нормы; в норме; выше нормы.

Таблица. 4.11. Описание фрейма «Поток технологической среды»

Имя фрейма: Поток технологической среды	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наличие потока среды	Да; Нет
Скорость потока	Числовое значение
Наличие твердых частиц	Да; Нет
Размер твердых частиц	Числовое значение
Твердость твердых частиц	Числовое значение
Дифференциация составляющий потока	Действие центробежных сил или действие полей
Турбулентность потока	Удар о поверхность или обтекание препятствий

Таблица. 4.12. Описание фрейма «Повреждаемость поверхности вследствие воздействия агрессивной среды»

Имя фрейма: Повреждаемость поверхности вследствие воздействия агрессивной среды	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наличие повреждаемости поверхности	Да; Нет
Вид повреждаемости	
Местоположение	
Причина повреждаемости	

Таблица. 4.13. Описание фрейма «Наблюдаемый механизм повреждения»

Имя фрейма: Наблюдаемый механизм повреждения	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наименование	ВОДОРОДНОЕ ОХРУПЧИВАНИЕ; ИЗНАШИВАНИЕ; КОРРОЗИЯ МЕСТНАЯ; КОРРОЗИЯ СТРУКТУРНАЯ; КОРРОЗИОННОЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ; КОРРОЗИОННАЯ УСТАЛОСТЬ; МЕХАНИЧЕСКАЯ УСТАЛОСТЬ; ЭРОЗИЯ

Таблица. 4.14. Описание фрейма «Наблюдаемые повреждения»

Имя фрейма: Наблюдаемые повреждения	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наименование	ТРЕЩИНА (Ы) - ПОВРЕЖДЕНИЕ; ПИТТИНГИ; ЯЗВЫ; ЭРОЗИЙНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ
Тип трещинообразования	Числовое значение
Источник	ДЕФЕКТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ; ЛОКАЛЬНЫЕ КОРРОЗИОННЫЕ ВПАДИНЫ; КОНСТРУКТИВНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР НАПРЯЖЕНИЙ; КОНСТРУКТИВНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР НАПРЯЖЕНИЙ ОБРАЗОВАННЫЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЕМ ОТВЕРСТИЙ; ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ; ОТВЕРСТИЕ
Местоположение	НА ПОВЕРХНОСТИ; НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ; НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ; БЛИЗЛЕЖАЩИЕ ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ; НА ПОВЕРХНОСТИ, В ПРЕДЕЛАХ ОДНОЙ ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ
Ориентация плоскости трещины по отношению к максимальным растягивающим напряжениям	ПЕРЕПЕНДИКУЛЯРНО; ПРОДОЛЬНО
Глубина	Числовое значение
Длина	Числовое значение
Диаметр	Числовое значение
Форма	ВЫТЯНУТЫЕ УГЛУБЛЕНИЯ; ЦАРАПИНЫ
Форма в изломе	ПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ; ПСЕВДОПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ
Количество повреждений, близких по размеру	ОДИНОЧНЫЕ; ПОЛЕ
Распределение	РАВНОМЕРНО
Величина раскрытия	Числовое значение
Критерий течь перед разрушением	ДА; НЕТ
Направление по отношению к главной оси	ПРОДОЛЬНЫЕ; ПОПЕРЕЧНЫЕ

Таблица. 4.15. Описание фрейма «Наблюдаемый механизм разрушения»

Имя фрейма: Наблюдаемый механизм разрушения

Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наименование	ВОДОРОДНОЕ ОХРУПЧИВАНИЕ; ИЗНАШИВАНИЕ; КОРРОЗИЯ МЕСТНАЯ; КОРРОЗИЯ СТРУКТУРНАЯ; КОРРОЗИОННОЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ; КОРРОЗИОННАЯ УСТАЛОСТЬ; МЕХАНИЧЕСКАЯ УСТАЛОСТЬ; ЭРОЗИЯ

Таблица. 4.16. Описание фрейма «Наблюдаемые разрушения»

Имя фрейма: Наблюдаемые разрушения	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наименование	ТРЕЩИНА (Ы) - НЕДОПУСТИМАЯ (ЫЕ)
Источник	ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ; ОТВЕРСТИЕ (КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ БОЛЕЕ 2)
Местоположение	НА ПОВЕРХНОСТИ; НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ; НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
Ориентация плоскости трещины по отношению к максимальным растягивающим напряжениям	ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО; ПРОДОЛЬНО
Форма в изломе	ПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ; ПСЕВДОПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ
Количество повреждений, близких по размеру	ОДИНОЧНЫЕ; ПОЛЕ
Направление по отношению к главной оси	ПРОДОЛЬНЫЕ; ПОПЕРЕЧНЫЕ
Глубина трещин (ы)	КРИТИЧЕСКАЯ

Таблица. 4.17. Описание фрейма «Наблюдаемый механизм отказа»

Имя фрейма: Наблюдаемый механизм отказа	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наименование	ВОДОРОДНОЕ ОХРУПЧИВАНИЕ; ИЗНАШИВАНИЕ; КОРРОЗИЯ МЕСТНАЯ; КОРРОЗИЯ СТРУКТУРНАЯ; КОРРОЗИОННОЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ; КОРРОЗИОННАЯ УСТАЛОСТЬ; МЕХАНИЧЕСКАЯ УСТАЛОСТЬ; ЭРОЗИЯ

Таблица. 4.18. Описание фрейма «Наблюдаемые параметры отказа»

Имя фрейма: Наблюдаемые параметры отказа	
Наименование слотов	**Возможные значения слотов**
Наименование разрушения	ТРЕЩИНА (Ы) - НЕДОПУСТИМАЯ (ЫЕ)
Источник	ПОВРЕЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ; ОТВЕРСТИЕ (КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ БОЛЕЕ 2);

	КОНСТРУКТИВНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР НАПРЯЖЕНИЙ ОБРАЗОВАННЫЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЕМ ОТВЕРСТИЙ
Местоположение	НА ПОВЕРХНОСТИ; НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ; НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
Ориентация плоскости трещины по отношению к максимальным растягивающим напряжениям	ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО; ПРОДОЛЬНО
Форма в изломе	ПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ; ПСЕВДОПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКАЯ
Количество повреждений, близких по размеру	ОДИНОЧНЫЕ; ПОЛЕ
Направление по отношению к главной оси	ПРОДОЛЬНЫЕ; ПОПЕРЕЧНЫЕ
Раскрытие трещин (ы)	Числовое значение
Критерий хрупкого разрушения	Числовое значение
Проявления отказа	УТЕЧКА РАБОЧЕЙ СРЕДЫ; УМЕРЕННЫЙ ВЫБРОС СРЕДЫ; ПОЛНЫЙ ВЫБРОС СРЕДЫ
Вид отказа	КРИТИЧЕСКИЙ
Наблюдаемость отказа	СКРЫТЫЙ; ЯВНЫЙ
Прогнозируемость отказа	ВНЕЗАПНЫЙ
Последствия отказа	ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ; НЕЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ

4.2. Шаблоны правил, описывающие деградационные процессы

Общее описание шаблона правила представляется следующим образом:

ЕСЛИ шаблон_1 **И** шаблон_2 **И** … **И** шаблон_N **ТО** шаблон_M,

где шаблон_i – имя фрейма, описание фреймов и указание их имени представлено в разделе 4.1.

Опишем шаблоны правил для рассматриваемых деградационных процессов, которые реализованы в семантическом слое редактора.

4.2.1 Коррозионное растрескивание

Правило выявления механизма повреждения:

```
ЕСЛИ Материал И Остаточные напряжения И Механические нагрузки - постоянные И Теплообменная технологическая среда ТО Механизм повреждения - Коррозионное растрескивание
```

Правило выявления повреждений:

```
ЕСЛИ Механизм повреждения – Коррозионное растрескивание ТО
Наблюдаемые повреждения
```

Правило выявления механизма разрушения:

```
ЕСЛИ Механизм повреждения – Коррозионное растрескивание И
Наблюдаемые повреждения ТО Механизм разрушения – Коррозионное
растрескивание
```

Правило выявления разрушений:

```
ЕСЛИ Механизм разрушения – Коррозионное растрескивание ТО
Наблюдаемые разрушения
```

Правило выявления механизма отказа:

```
ЕСЛИ Механизм разрушения – Коррозионное растрескивание И
Наблюдаемые разрушения ТО Механизм отказа – Коррозионное
растрескивание
```

Правило выявления отказа:

```
ЕСЛИ Механизм отказа – Коррозионное растрескивание ТО
Наблюдаемые параметры отказа
```

4.2.2 Водородное охрупчивание

Правило выявления механизма повреждения:

```
ЕСЛИ Материал И Дефекты изготовления И Механические нагрузки –
постоянные И Рабочая технологическая среда ТО Механизм
повреждения – Водородное охрупчивание
```

Правило выявления повреждений:

```
ЕСЛИ Механизм повреждения – Водородное охрупчивание ТО
Наблюдаемые повреждения
```

Правило выявления механизма разрушения:

```
ЕСЛИ Механизм повреждения – Водородное охрупчивание И
Наблюдаемые повреждения ТО Механизм разрушения – Водородное
охрупчивание
```

Правило выявления разрушений:

```
ЕСЛИ Механизм разрушения – Водородное охрупчивание ТО
Наблюдаемые разрушения
```

Правило выявления механизма отказа:

```
ЕСЛИ Механизм разрушения – Водородное охрупчивание И Наблюдаемые
разрушения ТО Механизм отказа – Водородное охрупчивание
```

Правило выявления отказа:

```
ЕСЛИ Механизм отказа – Водородное охрупчивание ТО Наблюдаемые
параметры отказа
```

4.2.3 Коррозионная усталость

Правило выявления механизма повреждения:

```
ЕСЛИ Материал И Дефекты изготовления И Повреждаемость
поверхности вследствие воздействия агрессивной среды И
```

```
Механические нагрузки – переменные И Рабочая технологическая
среда ТО Механизм повреждения – Коррозионная усталость
```

Правило выявления повреждений:

```
ЕСЛИ Механизм повреждения – Коррозионная усталость ТО
Наблюдаемые повреждения
```

Правило выявления механизма разрушения:

```
ЕСЛИ Механизм повреждения – Коррозионная усталость И Наблюдаемые
повреждения ТО Механизм разрушения – Коррозионная усталость
```

Правило выявления разрушений:

```
ЕСЛИ Механизм разрушения – Коррозионная усталость ТО Наблюдаемые
разрушения
```

Правило выявления механизма отказа:

```
ЕСЛИ Механизм разрушения – Коррозионная усталость И Наблюдаемые
разрушения ТО Механизм отказа – Коррозионная усталость
```

Правило выявления отказа:

```
ЕСЛИ Механизм отказа – Коррозионная усталость ТО Наблюдаемые
параметры отказа
```

На основе данных шаблонов правил редактор позволяет создавать конкретные правила, описывающие кинетику деградационого процесса.

В базе знаний «Деградационные процессы» представлены конкретные правила, описывающие варианты кинетик коррозионного растрескивания, водородного охрупчивания и коррозионной усталости.

4.3. Использование шаблонов для настройки семантического слоя

Приведенные описания шаблонов могут быть изменены и размещены в специальных конфигурационных файлах. Конфигурационные файлы расположены в директории Config:

- *.cfm – файлы с описанием шаблонов фактов;
- rules.cfg – файл с описанием шаблонов правил;
- replacements.cfg – файл с описанием подстановок, используемых при автозаполнении форм.

4.3.1 Файл описания шаблонов фактов

Описание шаблонов фактов хранится в виде текстового файла, в структуре которого можно выделить следующие основные разделы:

- [Metadata] – содержит сведения о коротком внутреннем имени шаблона, которое будет использовано при кодогенерации;
- [Fields] – содержит перечень полей шаблона (слотов) с указанием их типа данных; если тип данных представляет собой набор значений, то описание этого набора приводится в секции [Values]; каждое поле описывается выражением: <внутреннее имя поля>=<тип данных>;
- [Captions] – содержит перечень полных имен полей шаблона, которые будут отображаться в редакторе и не будут использованы при кодогенерации; каждое поле описывается выражением: <внутреннее имя поля>=<полное имя поля>;
- [Values] – содержит описание наборов значений, используемых в качестве возможных значений полей; каждое значение описывается выражением: <тип данных>={<значение>}; разделителем между разными значениями является знак «;».

Приведем пример содержимого файла описания шаблона факта:

```
[Metadata]
;template name
tempale_name=thermal-stress
edited_by_user=No

[Fields]
drop-length=val1:1
drop-thickness=val2:1

[Captions]
form=Температурные нагрузки
drop-length=Перепад температуры по толщине стенки (радиальный)
drop-thickness=Перепад температуры по длине

[Values]
val1:1=;Меньше_100_градусов;От_100_до_
300_градусов;Больше_300_градусов
val2:1=;Меньше_10_градусов;
От_10_до_100_градусов;Больше_100_градусов
```

Необходимо отметить, что изменения, внесенные в описание шаблонов, будут действительны только при создании новых баз знаний – на уже созданные базы знаний данные изменения не окажут никакого влияния.

4.3.2 Файл описания шаблонов правил

Файл описания шаблонов правил представляет собой текстовый файл, каждая строка которого содержит либо описание шаблона правила, либо описание деградационного процесса или его модификации.

В частности, наличие ключевого символа «#» означает начало секции описания деградационного процесса, например, #Коррозионное растрескивание.

Двойной символ «#» означает начало секции описания модификации деградационного процесса.

Описание шаблона правила представляет собой выражение:

<внутреннее имя правила>=<полное имя правила>:{<внутреннее имя шаблона условия>}:{<внутреннее имя шаблона следствия>}

Приведем пример содержимого файла описания шаблона правила:

```
[generalized rules]
#Коррозионное растрескивание
##1
dam-mechanism-dam-
ky=Правило_выявления_механизма_повреждения:material,structural-
heredity,making-defects,mechanical-stress-const,thermal-
stress,technological-environment,heat-exchange-technological-
environment,flow-technological-environment,surface-damage-from-
corrosive-environment:exist-meh-dam
dam-damage-ky=Правило_выявления_повреждений:exist-meh-dam:exist-
dam
des-mechanism-des-
ky=Правило_выявления_механизма_разрушения:exist-meh-dam,exist-
dam:exist-meh-des
des-destruction-ky=Правило_выявления_разрушний:exist-meh-
des:exist-des
```

4.3.3 Файл описания подстановок для автозаполнения

Для автоматизации заполнения описания условий и следствий правил может быть использован механизм подстановок, когда значению одного поля может автоматически присваиваться значение другого.

Для обеспечения настройки автозаполнения все подстановки могут быть описаны в специальном файле. При этом используется следующее выражение:

<поле для автозаполнения>=<поле источник значения>

При этом:

<поле для автозаполнения> = <внутреннее имя шаблона>:<внутреннее имя поля>

<поле источник значения> = <внутреннее имя шаблона>:<внутреннее имя поля> | 0

где 0 означает наименование деградационного процесса.

Приведем пример содержимого файла описания подстановок:

```
exist-meh-des:caption-meh=0
exist-meh-dam:caption-meh=0
exist-dam:caption-dam=exist-dam:caption-dam
```

5. Активация режима «Администратор»

Для выполнения действий, связанных с настройкой редактора предусмотрена роль (режим) администратора.

Для перехода в данный режим необходимо в меню «Сервис» выбрать «Режим работы» «Администратор», после чего в правом верхнем углу появится окно ввода ключа доступа (Рис.5.1).

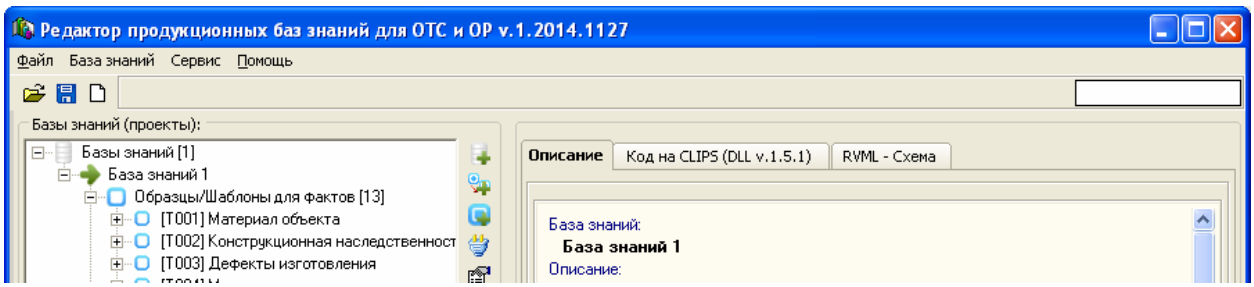


Рис.5.1 Форма редактора с окном ввода ключа

По умолчанию ключ доступа – слово «test», при вводе которого на экране появится надпись об активации режима администратора (Рис.5.2).

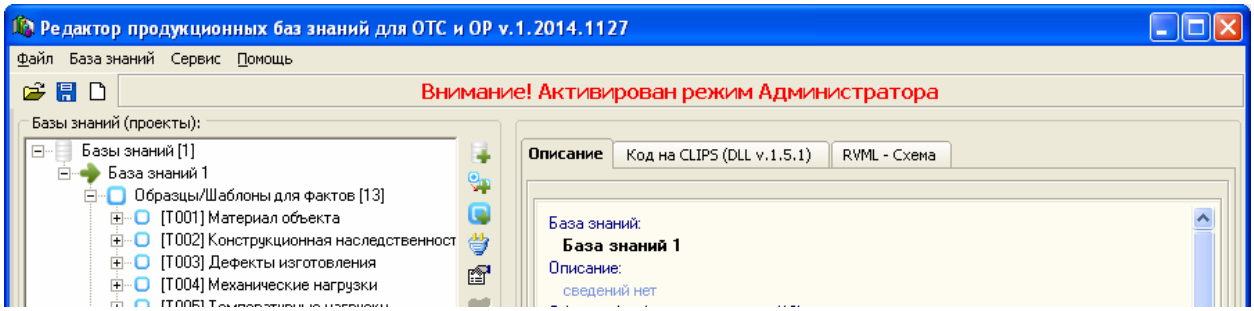


Рис.5.2 Форма редактора с сообщением об активации режима администратора

Администратор получает возможность:

- определение деградационных процессов и их модификаций, путем создания новых папок и переименования существующих, а также копирования и переноса шаблонов правил;
- уточнение структуры шаблонов фактов и правил, путем удаления отдельных элементов;
- удаление шаблонов фактов и правил, описывающих деградационные процессы.

Для выхода из данного режима необходимо в меню «Сервис» выбрать «Режим работы» «Оператор».

6. Алгоритм описания деградационного процесса

Алгоритм описания деградационного процесса может быть представлен следующей последовательностью шагов:

1. Описание шаблонов правил и фактов. Для описания деградационного процесса необходимо убедится в наличии шаблонов правил, описывающих процесс его развития и шаблонов фактов, на основе которых будут описаны условия и следствия. При отсутствии шаблонов их необходимо создать или изменить (см. гл. 4).

2. Запуск мастера создания правил. Данный мастер визуализирует основные этапы развития деградационного процесса в виде обобщенной блок-схемы (Рис.2.5, см. разд. 2.6).

3. Ввод правил для каждого этапа. Для каждого этапа обобщенной блок-схемы могут быть добавлены правила. Данный шаг может повторяться вплоть до полного описания всей цепочки этапов.

4. Описание фактов – начальных данных. Описанная цепочка правил может быть проверена путем тестового запуска машины вывода. Для этого требуется описание начальных условий в виде конкретных фактов. Описываемые факты должны описывать условия первого правила первого этапа (см. разд. 2.7).

5. Проверка цепочки правил – запуск машины вывода (см. разд. 2.10). При неудовлетворительных результатах проверки предлагается вернуться на шаги 3 и 4 для уточнения правил и начальных условий.

6. Экспорт базы знаний. При успешном завершении проверки предлагается экспортировать полученную базу знаний, с целью получения ее описания на CLIPS. Данная операция доступна в пункте меню «Файл - Экспортировать».

Список литературы

1. Логический подход к искусственному интеллекту / Под ред. Гаврилова Г.П. – М.: Мир, 2004.
2. Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов Н.Ю., Юрин А.Ю. Методы и средства автоматизированного построения деревьев событий и отказов // Автоматизация и современные технологии. – 2013, №9. – С.8-16.
3. Юрин А.Ю., Грищенко М.А. Редактор баз знаний в формате CLIPS // Программные продукты и системы. – 2012, №4.
4. Николайчук О.А., Павлов Н.Ю. Извлечение знаний о деградационных процессах // Материалы III Межвузовского научно-исследовательского семинара «Искусственный интеллект и его приложения» с международным участием, Магнитогорск, 25 декабря 2012г.– Магнитогорск: МаГУ. – Под ред. доц. Г.А. Лисьева, А.Л. Зленко. – 2012 – С.95-104.