

На правах рукописи

Скрипников Дмитрий Альбертович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПОСТРОЕНИЯ
КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА**

Специальность 05.13.15 – Вычислительные машины и системы

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2006

Работа выполнена в Институте электронных управляющих машин

Научный руководитель – кандидат технических наук, профессор
Красовский В.Е.

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор
Голованов О.В.
кандидат технических наук, ст.н.сотр.
Зонис В.С.

Ведущее предприятие – ОАО "НИИ Вычислительных комплексов
им. М.А. Карцева"

Защита диссертации состоится "___" _____ 2006 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета К 409.009.01 при Институте электронных управляющих машин (ИНЭУМ) по адресу : 119334, Москва, ул. Вавилова, 24, подъезд 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИНЭУМ (секретариат: т.135-33-21).

Автореферат разослан "___" _____ 2006 г.

И.О. ученого секретаря
диссертационного совета К 409.009.01
кандидат технических наук, ст.н.сотр.

Фукс В.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Высокие темпы современного технологического прогресса приводят к необходимости непрерывного обучения с применением компьютерных обучающих систем (КОС) как главного фактора поддержания профессионального уровня технологического персонала для обеспечения его соответствия производственно-технологическим вызовам современного высокотехнологичного, в том числе экологически небезопасного, сложного в управлении производства. Существующие потребности в КОС технологического персонала не удовлетворяются в полной мере вследствие отсутствия систематизированной технологии их создания.

В настоящее время общая методология и инструментальные средства построения КОС находятся в стадии формирования. Известные работы в этой области, как правило, направлены на решение отдельных задач (моделирование объектов, интерактивно-диалоговые интерфейсы, методики компьютерного обучения) применительно к той или иной предметной области. При решении задачи создания интегрированной операционно-инструментальной среды для построения КОС в качестве определённых примеров по реализации отдельных составляющих объективных тенденций могут рассматриваться SCADA-системы для АСУ ТП, IDE-варианты компиляторов и системы HTML-программирования.

Из анализа этой актуальной проблемы следует вывод, что её адекватное решение может обеспечить разработка нового методического базиса и специализированной программной операционно-инструментальной среды (ОИС) на его основе, отвечающих современным требованиям интеллектуализации программно-инструментальных средств для построения КОС технологического персонала.

Цель работы. Целью диссертационной работы является разработка методического базиса и специализированной операционно-инструментальной среды, обеспечивающих интеллектуализацию процедур построения КОС технологического персонала и удовлетворяющих требованиям качества, низкой стоимости и ускорения их создания.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи диссертационной работы:

- анализ тенденций развития компьютерных обучающих систем технологического персонала и существующих подходов к их построению;
- разработка методических и инструментальных основ построения КОС технологического персонала (сценарии, интерфейсы, информационное обеспечение);
- определение макроструктуры и методического базиса ОИС на объектно-ориентированных принципах;
- разработка функционально-модульной структуры и архитектуры ОИС;

- разработка принципов программной реализации методического базиса ОИС на основе методов объектно-ориентированного программирования и эргономически эффективных визуально-графических интерфейсов;

- практическая реализация разработанных методов и программно-инструментальных средств при создании КОС технологического персонала реальных производств.

Методы исследований. Основные результаты диссертационной работы получены с использованием методов системного анализа, имитационного моделирования, объектно-ориентированного программирования, формальных языков, элементов теории вычислительных систем.

Научная новизна работы. Основные составляющие научной новизны диссертационной работы отражены в следующем:

- разработана процедура формирования предметного сценария обучения и предложена классификация типов обучающих сценариев КОС, а также процедура их программной реализации с использованием специализированного языка программирования сценариев;

- разработаны методические принципы создания специализированных программно-инструментальных средств, обеспечивающих реализацию новой технологии построения КОС технологического персонала;

- предложена концептуальная макроструктура операционно-инструментальной среды для построения компьютерных обучающих систем на принципах объектно-ориентированного программирования и визуально-графического интерфейсного обеспечения.

- сформулированы общие методические принципы построения эргономически эффективных человеко-машинных интерфейсов в рамках предложенной в ОИС сюжетной метафоры;

- создан системообразующий методический базис программной среды, обеспечивающий существенное ускорение построения КОС при повышении их качества и снижении уровня требований к квалификации пользовательского персонала.

Практическая реализация результатов работы. Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что полученные в работе результаты – методические положения и обобщения, алгоритмические процедуры, практические применения разработанных методических и операционно-инструментальных средств для построения КОС технологического персонала могут быть использованы в практике построения КОС различной предметной ориентации при решении отраслевых проблем создания требуемого спектра компьютерных обучающих средств для подготовки персонала.

Применение разработанных в диссертации методических и программно-инструментальных средств предоставляет возможности с меньшими затратами

времени и средств создавать семейства КОС для обучения разнопрофильного персонала.

Основные результаты работы, методические положения и их практическое воплощение в виде реальных предметных КОС, созданных с использованием операционно-инструментального аппарата ОИС, внедрены и используются в учебной инфраструктуре "Системы непрерывного фирменного профессионального образования ОАО "Газпром"; на Степновской станции подземного хранения газа, в газотранспортном предприятии "Югтрансгаз" в Саратовской области.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались по мере её выполнения и обсуждались на созвучных теме диссертации семинарах, конференциях, симпозиумах и презентациях, в том числе на Пятом всероссийском симпозиуме ЦЭМИ РАН (Москва, 13-14 апреля 2004г.), на Шестом всероссийском симпозиуме ЦЭМИ РАН (Москва, 12-13 апреля 2005г.), на 54-ой научно-технической конференции МИРЭА (Москва 16-25 мая 2005г.), на научной сессии МИФИ–2006 (Москва, 23-27 января 2006г.), на научных семинарах и технических совещаниях ИНЭУМ (1996-2006гг.), на ежегодных презентациях КОС при учебном центре ОАО "Газпром" (1996-2006гг.).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликованы 15 работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертация содержит 160 страниц машинописного текста, 33 рисунка, 4 таблицы, список литературы из 65 наименований и приложения на 56 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность проблемы, приводится структура и содержание диссертационной работы по главам.

В **первой главе** представлен анализ проблем применения КОС технологического персонала и направлений совершенствования инструментальных средств их построения, определены цели и задачи диссертационной работы.

Согласно современной практике, обучение операторов-технологов профессиональным навыкам осуществляется с помощью КОС посредством использования информационно-функциональных моделей и адекватной имитации органов управления. Реализация цели обучения (приобретение и закрепление профессиональных навыков оперирования органами управления) достигается посредством многократного выполнения обучаемым действий, осуществляемых им в процессе управления реальным объектом с помощью компьютерной имитации информационно-инструментальной профессиональной среды деятельности оператора и модели технологической системы (являющейся объектом

приложения инициатив оператора).

Вне зависимости от предметной области использования компьютерные обучающие системы для обучения операторов технологических процессов (ТП) соответствуют некоторым общим требованиям. В КОС должно обеспечиваться моделирование стандартных и нестандартных технологических и управленческих ситуаций как в реальном темпе моделируемого ТП, так и в изменяемом масштабе времени. При этом должны адекватно соотноситься динамические характеристики имитатора ТП с характеристиками реального процесса. В КОС должны обеспечиваться возможности автоматизированного управления процессом обучения посредством варьирования состава учебно-тренировочных заданий, их сложности, темпа освоения, уровня детализации и пр. Человеко-машинный интерфейс в КОС должен отвечать требованиям интерактивного диалога и обеспечивать адекватное задачам обучения и возможностям восприятия человеком представление оперативной информации (по объему, времени и скорости предъявления).

В современных подходах к развитию средств компьютерной поддержки профессионального обучения активизируется качественно новая тенденция в овладении и применении знаний на основе принципа "обучение в течение всей жизни" с преобладанием зрительного восприятия информации в виде естественных изображений, графиков и схем – более информативного и быстрого, чем чтение текстов или восприятие на слух.

На основании обобщения тенденций развития технологий компьютерного обучения определено, что для построения перспективных КОС необходимо обеспечение прогресса на следующих направлениях разработок и исследований, получивших отражение в работе:

- методическое и интерфейсное обеспечение различных форм самообучения, не требующих участия инструктора, приближение КОС к уровню профессионального "партнёра";
- развитие интерактивных возможностей обучения (графический интерфейс, анимация, речь) и средств воспроизведения рабочего места обучаемого, подобного его рабочему месту на реальном производстве;
- совершенствование инструментальных средств для программной реализации обучающих сценариев.

В настоящее время в практике создания КОС преобладает использование стандартных программных средств ведущих фирм-производителей программного обеспечения в виде набора соответствующих программных продуктов (Power Builder, Delphi, Visual Basic, Excel, Access). Выбор и использование требуемого набора стандартных программных продуктов при построении каждой конкретной предметно-ориентированной КОС требует большого времени, высокой квалификации и опыта разработчиков.

На основе анализа проблемы показано, что имеющие место объективные тенденции повышения качества обучающих программных продуктов и сокращения времени их разработки при неудовлетворенном спросе свидетельствуют о назревшей проблеме совершенствования инструментального аппарата для построения КОС. Определено, что создание и применение ОИС на основе принципов объектно-ориентированного программирования и технологий визуальных интерфейсов обеспечивает адекватное решение актуальной задачи создания новых инструментальных средств для реализации процедур построения КОС технологического персонала. При этом интеллектуализация системообразующего базиса ОИС необходима для повышения эффективности решения основных блоков задач построения компьютерных обучающих систем:

- моделирующая интерпретация объекта изучения и тренинга (модель ТП, модель системы управления);
- информационно-ситуативная среда для обучения и тренинга персонала (информационное обеспечение, эмуляция операторских интерфейсов: схемы, элементы панелей управления, функциональные клавиатуры);
- инструментально-методическое обеспечение обучения и тренинга персонала (сценарий технологического регламента, сценарий нарушений, тренинг навыков обнаружения и компенсации последствий нарушений, тренинг характерных процедур управления).

Программно-методические основы функциональной структуры КОС технологического персонала и создание эффективных инструментальных средств для построения КОС являются определяющими задачами настоящей работы.

Во **второй главе** рассматриваются методические принципы создания ОИС для построения КОС.

Обобщение состава операций (функций) разработчиков КОС технологического персонала позволило определить характерный набор функций ОИС, повторяющихся при создании КОС различной проблемной ориентированности, который можно свести к следующему:

- разработка (выбор) математической (имитационной) модели технологического процесса;
- разработка ситуативных композиций (сценариев) развития технологического процесса;
- создание экранных форм отображения технологической схемы процесса в наглядной и привычной для оператора форме;
- отображение динамически меняющихся параметров процесса (с помощью создания изображений стрелочных, цифровых или иного вида индикаторов);
- создание изображений органов управления различных типов (кнопки, переключатели, ползунковые или поворотные регуляторы и др.), аналогичных

применяемым в реальной процедуре управления, с помощью соответствующих имитаторов;

- создание необходимых макросредств в рамках обеспечения реализации процедуры создаваемой КОС (составление, использование, изменение или отмена);
- формирование пользовательского человеко-машинного интерфейса на основе визуальной (пиктографической) парадигмы построения интерфейсного языка (внедрение и связывание объектов, "индивидуализация" интерфейса сообразно предметной специфике создаваемого ПО, выбор семантики оперирования располагаемыми интерфейсными элементами, формирование служебных пиктографических образов и информационно-функциональных групп объектов на основе их семантической связности);
- обеспечение записи и отображения информации о ходе имитируемого технологического процесса под управлением обучаемого и возникающих при этом событиях;
- возможность реализации алгоритмов управления на модели ТП, включающих необходимые в темпе процесса обучения математические и логические преобразования.

В ОИС, в отличие от подходов к построению КОС с использованием программных средств общего назначения (Delphi, Borland C Builder, Visual Basic), предлагается реализация специализированных инструментальных компонентов, обладающих требуемой операционной эффективностью при обеспечении прикладного разнообразия создаваемых КОС технологического персонала.

При этом системно-организующая основа ОИС может опираться на стандартные операционные системы, имеющие широкое распространение (ОС Windows, Linux). Для интеллектуализации программных процедур построения КОС в ОИС имеются соответствующие текстовые и графические редакторы как специализированные, так и общего назначения (MS Word, MS Paint), а также средства создания и специализации соответствующих макрофункций.

При реализации современного подхода к созданию инструментального обеспечения для разработки компьютерных средств обучения имеют место как тенденции универсализации, так и специализированности с учетом необходимого обеспечения адекватной предметной ориентированности создаваемых обучающих средств. Конструктивным решением здесь, как показывает практика выполненных автором разработок, является разделение технических – общесистемных компьютерных инструментальных возможностей и специализированных, определяемых спецификой предметной области применения компьютерных средств обучения. При этом общесистемные компьютерные инструментальные возможности в основе своей опираются, как правило, на стандартные программные средства, инвариантные к области применения создаваемого

программного продукта (Delphi, Borland C Builder, ПО СУБД и др.), с помощью которых осуществляются достаточно стереотипные компьютерные процедуры (ввод и отображение информации, вычисления, организационно-логические преобразования). Таким образом, базовая составляющая ОИС формируется на универсальной инструментально-образующей основе, опирающейся, в том числе, на стандартные инструментальные возможности Win-приложений. Адаптивная же составляющая, с помощью которой должно обеспечиваться решение задачи предметной ориентированности КОС, является предметно-специализирующей основой ОИС и главным акцентом в выполненной диссертационной работе. На рис. 1 представлена концептуальная макроструктура ОИС на основе предложенных методических принципов.

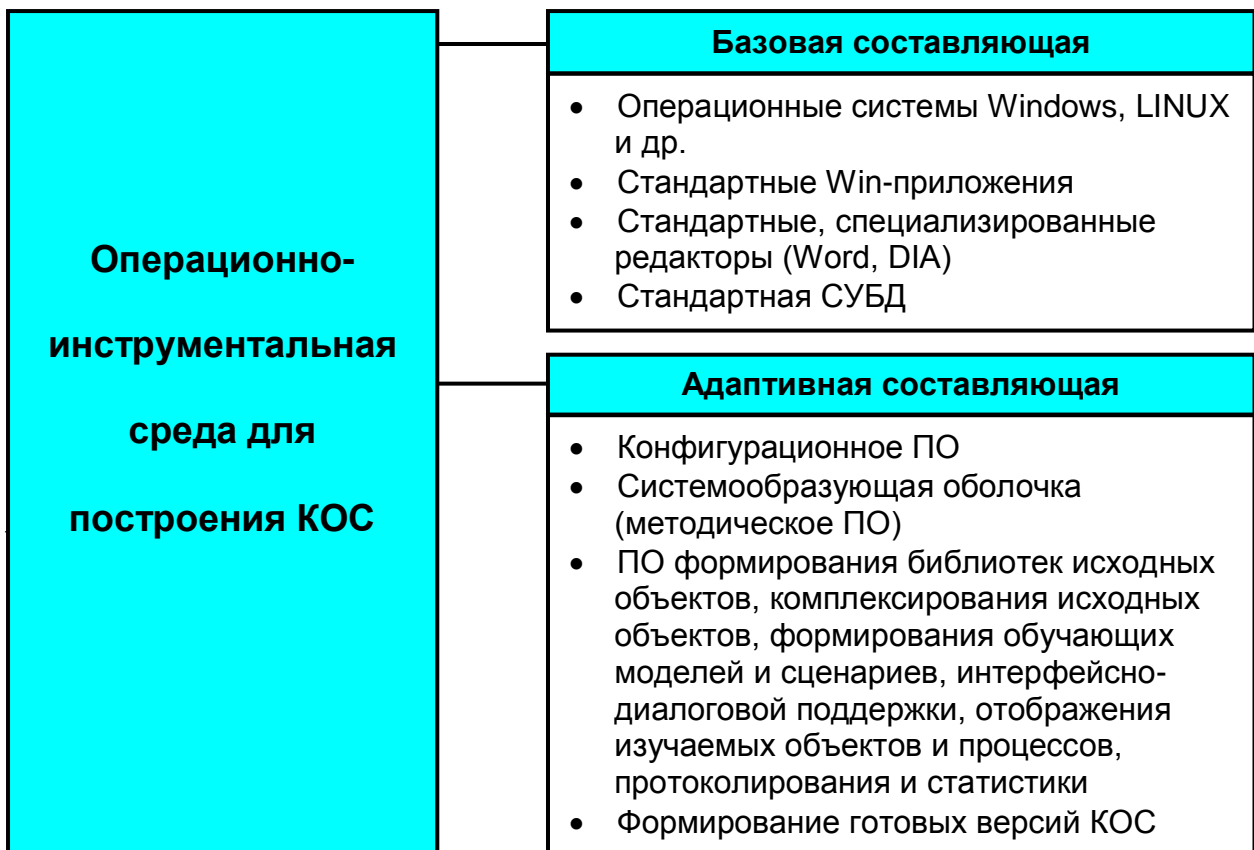


Рис. 1. Макроструктура ОИС

При формировании объектно-ориентированных инструментальных средств ОИС, предназначенных для выполнения типовых основополагающих операций (управление, отношение, отображение, присвоение, работа с графическими и логическими объектами), необходима соответствующая модификация этих операций и построение на их основе специализированных компонентов среды наряду с возможным использованием программ, имеющих в составе существующих стандартных операционных систем и программных пакетов.

При программном моделировании средствами ОИС интегрированных схем технологических установок применяются логические процедуры связывания в единую схему комплектующих их элементов, предусматриваемых в базе данных.

Для моделирования технологической схемы используются в качестве исходных в простейшем случае элемент и связь.

Элемент, в частности, характеризуют: графический образ; уникальный идентификатор; тип математической модели; массив связей на входах/выходах элемента; параметры для задания функционального (режимного) состояния элемента (КПД, температура, давление); управляющий параметр, изменяющий состояния модели элемента.

Связи могут характеризовать: признак записи в массиве связей элементов; тип, характер и число узлов линии связи; обозначение элементов на входе/выходе связи; механизм согласования с моделью элемента.

Предложенное в ОИС применение объектно-ориентированного подхода позволяет осуществлять разработку семейств КОС для объектов различной конфигурации с помощью ограниченного числа классов моделей-объектов. Библиотеки моделей-объектов структурируются в форме дерева, где ветви дерева соответствуют определенным библиотекам в базе данных (моделей), а классы, используемые при моделировании ТП, могут рассматриваться по соответствующим уровням принятой иерархической структурированности (функциональная схема, модули, подмодули и т.п.): на уровне функциональной схемы описывается сама установка и составляющие её модули; на уровне модулей описываются комплектующие их стандартные технологические блоки (насосы, резервуары, регенераторы); на уровне подмодулей (нижний уровень) могут быть представлены описания изменений состояния модулей, функциональные зависимости.

Так как объектный подход принимается в качестве методической основы программного аппарата ОИС, то облегчается создание хорошо структурированных достаточно сложных систем. Реализация преимуществ объектной модели также позволяет: в полной мере использовать выразительные возможности объектно-ориентированных языков программирования типа C++, Object Pascal; существенно повышать уровень унификации разработки и пригодность для повторного использования отдельных блоков создаваемых прикладных программных продуктов; осуществлять построение систем на основе формализованных промежуточных описаний, что упрощает процесс внесения изменений; обеспечивать применение хорошо структурированных этапов разработки прикладного ПО, что повышает результативность и успешность решений; формировать более адекватное человеческому восприятию представление системы в виде структуры, состоящей из физических объектов и связующих их информационно-логических элементов.

В основе объектно-ориентированного подхода лежит совокупность принципов инкапсуляции, наследования и полиморфизма, которая обеспечивает пользователю-разработчику гибкие возможности и для моделирования технологических процессов, и для построения программной оболочки КОС, что и составляет основу предложенной концепции применения методов объектно-ориентированного программирования и визуально-графических интерфейсов при реализации методического базиса программно-инструментальных средств ОИС.

Предложенная организация процесса построения КОС, обеспечиваемого средствами ОИС, осуществляется на основе системообразующего объектно-ориентированного базиса с помощью системного конфигуратора посредством реализации поэтапных процедур конструирования, содержание и логическая последовательность которых и приведены в функционально-логической структуре ОИС (рис. 2).

В **третьей главе** предлагаются базовые принципы и подходы к построению основных функциональных составляющих структуры КОС (сценария обучения, операторского интерфейса, информационной модели), являющихся производным продуктом операционных средств ОИС.

Как уже было определено в главе 1, предметная принадлежность КОС определяется характером используемых моделей изучаемого технологического объекта, информационного обеспечения и обучающего сценария. В сценарии находит отражение методика обучения навыкам управления на модели изучаемого технологического процесса. Сценарий является определяющей базовой функциональной составляющей структуры КОС, обеспечивающей ее предметную адекватность и реализацию целей обучения.

На основании выполненных исследований, проверенных опытом собственных разработок КОС, в работе сформирована методическая структура обучающего сценария и определены наиболее характерные подходы к построению сценариев задач компьютерного обучения. На основе проведенного обобщения выделены три основных типа сценариев.

Свободный сценарий. Здесь отсутствуют ограничения в действиях обучаемого при осуществлении контроля по отдельным ключевым точкам либо по результатам выполнения задачи в целом.

Регламентированный сценарий. На каждом шаге сценария обучаемый выполняет некоторые контролируемые действия, а выполнение каждого очередного шага происходит при условии выполнения им верного действия на предыдущем шаге.

Фиксированный сценарий. Подразумевается жесткая фиксация каждого действия оператора на каждом шаге реализации сценария.

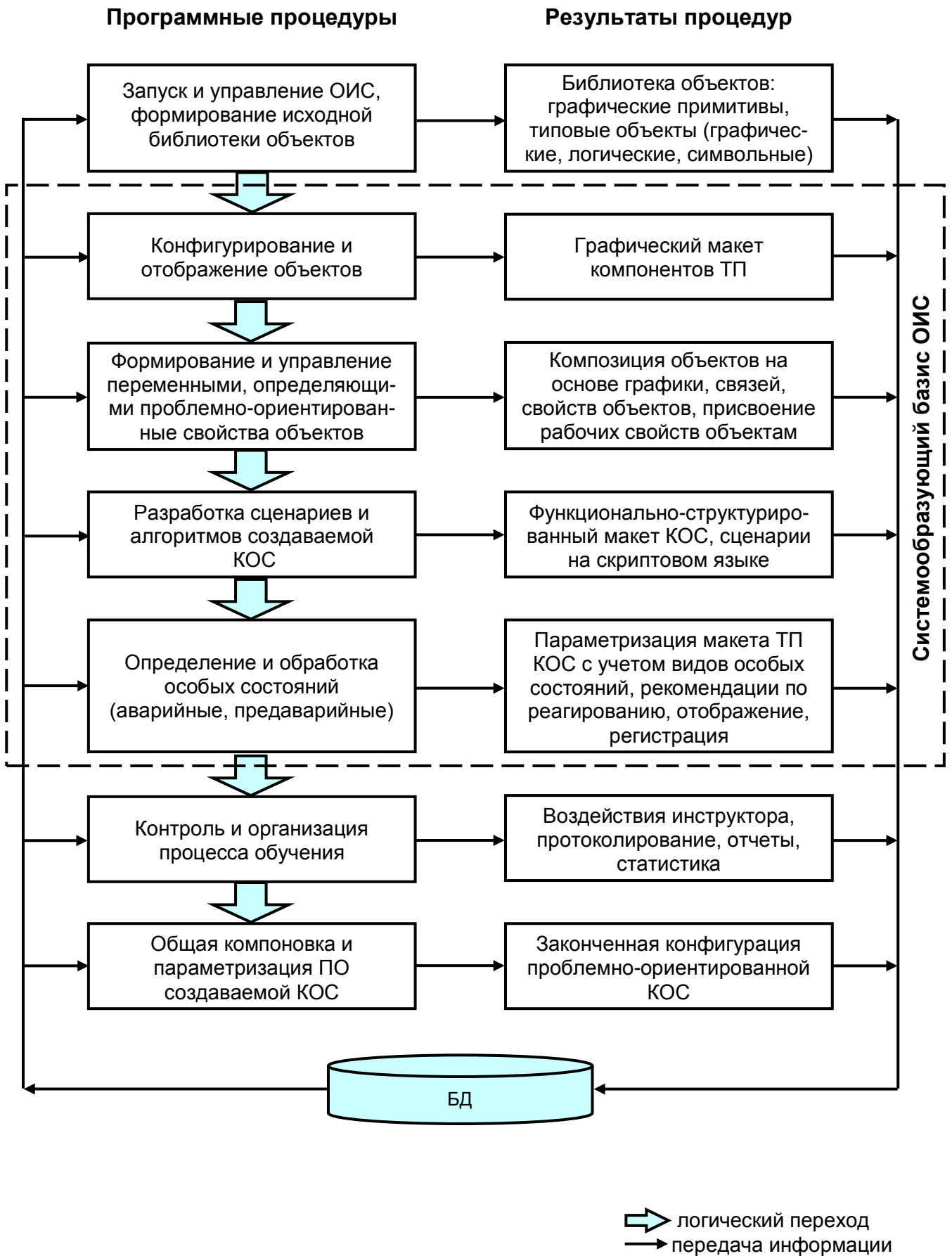


Рис. 2. Функционально-логическая структура ОИС

Типичная структура сценария и содержание его основных компонентов, сформированные на основе обобщения опыта практических разработок и внедрения конкретных КОС, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика начальных условий	Правила действий обучаемых	Структурно-логическая организация реализации ситуационно-обучающей задачи
<ul style="list-style-type: none"> - предыстория (количество законченных этапов задачи или задач цикла обучения), - стартовое состояние информационной системы и всех компонентов, - целевая установка (характер имитационно-ситуативной задачи и критерии её решения), - характеристики обучаемого контингента (профессиональная ориентация и подготовка, ситуационно-функциональные полномочия), - принятые показатели оценки этапов реализации сценария и окончания заданной ситуационно-имитационной задачи, - предоставляемые участникам стартовые установки (материалы) по изучаемой проблеме. 	<ul style="list-style-type: none"> - регламент (расписание) реализации ситуационно-имитационной обучающей задачи, - жесткие предписания, подлежащие точному соблюдению, - действия, ограниченные заданным диапазоном вариаций, - действия, определяемые при оперативном ситуативном анализе в темпе процесса обучения на основе модификации предусмотренных правил, - правила и формы взаимодействия с администратором обучающей системы. 	<ul style="list-style-type: none"> - условие запуска задачи, - контроль прохождения этапов, - завершение задачи и условия перехода к следующей, - рестарт при срыве, невозможности нормального завершения задания, - настройка (подготовка) информационной базы, - алгоритм и параметры настройки модели среды, - циклограмма решения задачи (этапы, контрольные точки, признаки завершения), - набор ситуационно-имитационных решений, - практикуемые показатели оценки эффективности управления ТП.

В целях обеспечения информационно-функциональной полноты и предметной конкретизации сценария предложена методика его программной реализации, предусматривающая три структурно обусловленные взаимодополняющие части:

– в первой части формируется информационно-методическое описание обучающей задачи, а именно, *что* следует донести до обучаемого и *что* следует контролировать при обучении;

– во второй части подготовки детализированного описания сценария требуется определить, *как* донести информацию до обучаемого и *как* контролировать процесс обучения, чтобы обучающая задача получила конкретное смысловое наполнение численными и графическими данными;

– в третьей части рассматривается *как будет отображаться (выглядеть)* процесс обучения на экране компьютера, в том числе последовательность действий обучаемого. Процесс формирования ПО сценариев представлен на рис. 3.

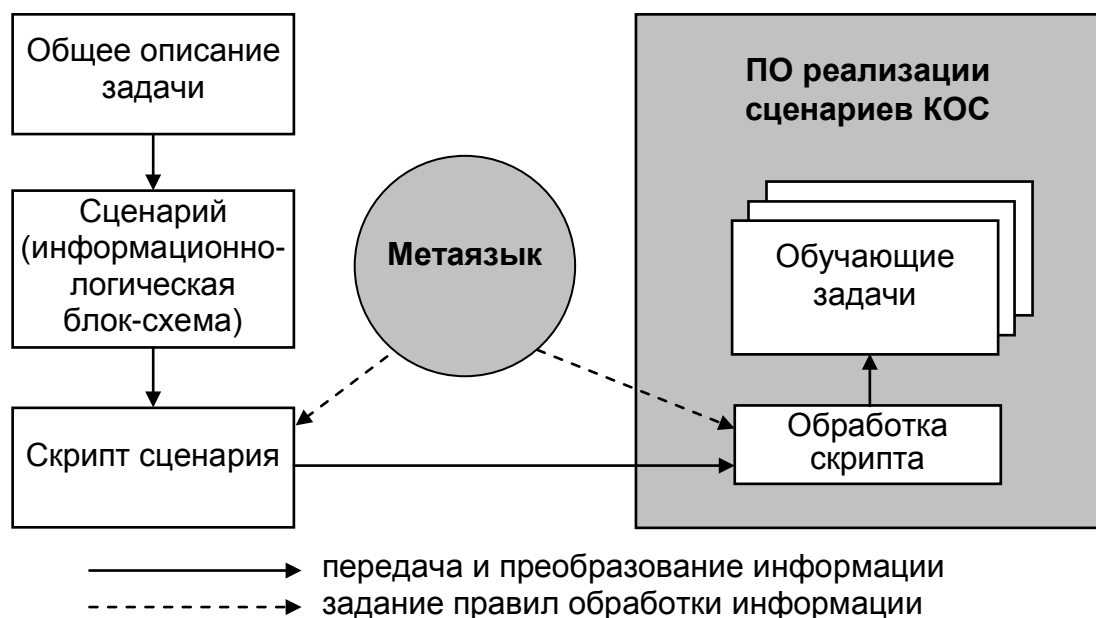


Рис. 3. Формирование ПО сценариев обучающих задач КОС

В работе предложены методические положения для построения интерактивно-диалогового обеспечения КОС на основе визуально-графических технологий и эргономических требований к человеку-машинному интерфейсу, ориентированных на "минимизацию усилий пользователя" при работе с программной системой:

- минимизация операционных траекторий действия пользователя с помощью предоставления в его распоряжение возможных вариантов с четкими критериями предпочтения;
- всякое пользовательское воздействие на операционную ситуацию должно сопровождаться аудиовизуальным оповещением посредством изменения вида экрана, информационного сообщения, звукового сигнала;
- необходимо обозначать предупредительным сообщением пользовательские воздействия, которые могут приводить к необратимым нежелательным последствиям;
- позиции меню, справки, помощь должны строго соответствовать текущей операционной ситуации, т.е. быть контекстно зависимыми;
- должны быть единообразны применяемые элементы оформления (цветовая гамма, шрифты сообщений и т.п.);
- обеспечение возможностей конфигурирования предоставляемых интерфейсных средств в зависимости от целей деятельности пользователя и его подготовки;
- предоставление возможности развития и адекватного настраивания интерфейса для каждого пользователя.

Также определено, что применительно к обучению технологического персонала необходима метафора такого рода, которая не требует от

пользователя (зачастую не очень подготовленного) детального знания и понимания принципов организации функционирования программной среды системы.

Показано, что использование предложенной сюжетной метафоры для ОИС и создаваемых с её применением прикладных программных продуктов в сравнении с известной метафорой Desktop является более логичным, т.к. КОС являются как раз теми приложениями, в которых мотивацию деятельности пользователя следует строить на базе графических моделей реальных ситуационных сюжетов.

Предметная ориентированность КОС обеспечивается системным конфигуратором ОИС на основе использования соответствующих библиотек технологических объектов, конфигурационной базы данных и формируемого пользователем (осуществляющим построение КОС) конфигурационного меню.

В **четвертой главе** приводится описание функционирования разработанных программно-инструментальных модулей ОИС, обеспечивающих решение поставленных в главе 1 задач построения КОС для технологического персонала и формирующих операционную среду системообразующего инструментального базиса ОИС на основе объектно-ориентированной технологии.

Модуль "Отображение графических объектов" предназначен для создания и конфигурирования видеокладов, используемых при моделировании технологических установок и оборудования в процессе построения обучающего ПО, а также обеспечения отображения на экране монитора видеокладов, создаваемых пользователем, как при построении, так и при исполнении созданной КОС.

Возможности модуля обеспечивают высокую информативность человеко-машинного интерфейса, пользователю предоставляются эффективные операционные возможности для создания экранных форм с минимальными затратами труда и времени. При этом используются как наборы стандартных графических примитивов для рисования собственных объектов (производных от исходных), так и предустановленные библиотеки типовых графических, логических и символьных объектов.

Наряду с возможностью использования стандартных графических редакторов (например, PaintBrush, CorelDraw) в рассматриваемой ОИС предложена собственная графическая система (средства рисования), позволяющая создавать как статические изображения (объекты), так и оживлять (анимировать) эти объекты (создавать динамические объекты).

Формирование свойств динамики объекта обеспечивается посредством механизма присвоения отдельных свойств, отражаемых примитивами, переменным (тегам), используемым при построении модели ТП для КОС. В этом случае при построении системы задание цвета объекта (например,

прямоугольника) будет не статическим, а меняющимся в зависимости от изменения текущего значения тега в режиме исполнения под влиянием динамики объекта.

В процессе построения программного обеспечения КОС (при создании видеокладов, формировании трендов и аварийных сообщений изучаемого ТП) пользователь ОИС использует теги (переменные), являющиеся связующим звеном между источником данных и пользователями этих данных. В ОИС предусмотрен специальный модуль для создания и редактирования тегов с характеризующими их атрибутами (имя, комментарий, диапазон значений, единица измерения, скорость изменения и др.).

Создание каждого видеоклада в модуле осуществляется с помощью графического редактора в сопряжении с конфигурационной базой данных, хранящей основные конфигурационные логические настройки, которыми оперирует ОИС.

В результате взаимодействия графического редактора с конфигурационной базой данных (КБД) производится инициализация системным конфигуратором ОИС дерева программных модулей, обеспечивающих реализацию логической процедуры построения КОС (рис. 4).

Модуль "Управление переменными, определяющими свойства объектов" является основой конфигурационной процедуры ОИС, которая в процессе построения КОС оперирует текущими значениями переменных. Управление переменными осуществляется конфигуратором ОИС на основе настроечных параметров из конфигурационного файла КБД. В результате работы этого модуля формируются компоненты структурной композиции объектов, в которой согласно функциональной нагрузке объектов в создаваемых КОС формируются связи и другие необходимые свойства объектов.

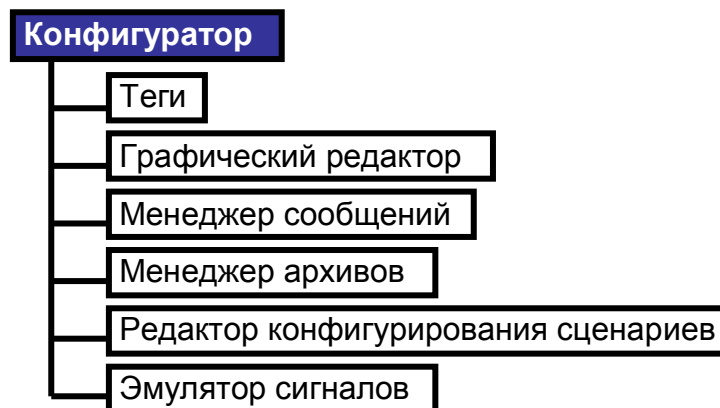


Рис. 4. Дерево модулей конфигуратора

В процессе функционирования программного модуля "Разработка алгоритмов создаваемых программных продуктов" реализация процедур формирования алгоритмов в разрабатываемых КОС обеспечивается с помощью специализированного механизма интеллектуализации процедуры построения

сценариев на основе предложенного в работе специального макроязыка, ориентированного на решение этих задач в ОИС. Макроязык позволяет пользователю полностью описывать свойства объектов (технологических установок), а также характеризовать реакции среды на различные воздействия со стороны оператора. Принцип данного языка, созданного для использования в ОИС, основывается на представлении эмулятора (выполняемой программы) на макроязыке, как некотором инструменте моделирования взаимодействия объектов. С помощью этого макроязыка осуществляется описание объектов, их взаимодействий, законов, по которым изменяются те или иные параметры.

Важным фактором новизны разработанного визуально-графического инструментального обеспечения ОИС является предоставление пользователю возможности практически "рисовать" объект, используя содержимое библиотек объектов, а не описывать его в виде текста на каком-либо стандартном языке программирования.

В любой создаваемой КОС (особенно в компьютерном тренажере) используемые модели должны отображать как технологические процессы, развивающиеся в штатном режиме устойчивого функционирования технологического комплекса, так и нестационарные, переходные и аварийные ситуации. При построении компьютерных тренажеров, принимая во внимание дефицит времени на подготовку и принятие решений в аварийных (особых) ситуациях, очень важно обеспечивать адекватное представление этих ситуаций. Программный модуль "Формирование и обработка особых состояний изучаемого ТП" в составе ОИС обеспечивает идентификацию и обработку информации об особых состояниях технологических моделей, лежащих в основе прикладного программного обеспечения для КОС. При этом разработанный специальный программный модуль – "Редактор аварийных сообщений" позволяет устанавливать несколько уровней действия и условия формирования предупредительных и аварийных сигналов о нарушении технологических параметров (температуры, давления, производительности).

Программное обеспечение ОИС, в зависимости от организации разработки с её помощью КОС для обучения технологического персонала, может использоваться как в автономном (однопользовательском) режиме, так и в многопользовательском режиме обучения. Для однопользовательского режима работы с ОИС при построении КОС необходима конфигурация АРМ разработчика на базе персонального компьютера с Windows 2000/XP типичной комплектации в части оперативной памяти и жестких дисков, и адекватной требованиям подключения широкого спектра устройств информационного обеспечения. При необходимости многопользовательского применения ОИС могут использоваться стандартные сетевые конфигурации с серверами, объединяющими АРМы разработчиков в единую информационно-функциональную систему для решения

задач построения КОС.

В **пятой главе** рассмотрены примеры практической реализации КОС, подтверждающие адекватность целям диссертационной работы разработанного методического базиса ОИС и его программно-инструментального воплощения.

Основные концептуальные положения разработанных автором методов и инструментально-методических средств ОИС успешно использованы при разработке нескольких компьютерных тренажеров-имитаторов (КТИ) и автоматизированных обучающих систем (АОС), которые нашли применение в реальных процессах обучения персонала нефтегазовых объектов в технологических процессах бурения скважин, подготовки и транспортировки газа.

Так, разработанный автором компьютерный тренажер-имитатор используется для компьютерного обучения персонала навыкам эксплуатации установки осушки газа (УОГ) на станции подземного хранения газа.

В основе модели УОГ лежит моделирование блока абсорберов с многоконтурной структурой управления технологическими параметрами, изменения которых могут осуществляться обучаемыми.

Назначение блока абсорберов состоит в обеспечении осушки сырого газа в заданном количестве $Q_{г}$ до уровня влажности $w_{зад}$, соответствующей заданной точке росы.

Структуру модели процесса обучения оператора УОГ характеризуют следующие её элементы:

1. Целевая функция: $F_{ц} = \Phi (w_{вх}, T_{г}, P_{г}, Q_{гs}, Q_{дs})$
 при $Q_{гs} = \sum Q_i$, $Q_{дs} = \sum Q_{дi}$, где: $w_{вх}$, $T_{г}$, $P_{г}$ – параметры газа; Q_i – расход газа через i -й абсорбер; $Q_{дi}$ – расход абсорбента (ДЭГа) через i -й абсорбер; $Q_{гs}$ – суммарный расход газа через абсорберы; $Q_{дs}$ – суммарный расход ДЭГа через абсорберы; N – количество включенных абсорберов; $i = \overline{1, N}$.

2. Критерий поиска решения: $w_j \Rightarrow w_{зад}$, где w_j – влажность, соответствующая j -й попытке решения, $j = \overline{1, M}$, где M – допустимое число попыток.

3. Модель ТП: $w_{вых} = \Psi (w_{вх}, T_{г}, P_{г}, Q_{гs}, Q_{дs})$,
 где: $w_{вых}$ – влажность газа на выходе из абсорберов.

4. Управляемые параметры: $Q_i, Q_{дi}, T_{д}$.

5. Контролируемые параметры: $w_{вых}, T_{г}, P_{г}, Q_{is} = \sum Q_i$; $T_{д}, Q_{дs} = \sum Q_{дi}$,
 где: $T_{д}$ – температура абсорбента.

6. Анализ качества получаемого решения: $w_{зад} - w_{вых} \geq \epsilon_w$,
 где ϵ_w – допустимая погрешность.

При удовлетворении критерия качества (6) учебно-тренировочное задание выполнено корректно, иначе требуется следующая попытка.

В КТИ для обучения персонала УОГ человеко-машинный интерфейс осуществляется через диалоговые окна на фоне постоянно присутствующего рабочего окна "Обзор" (рис. 5.).

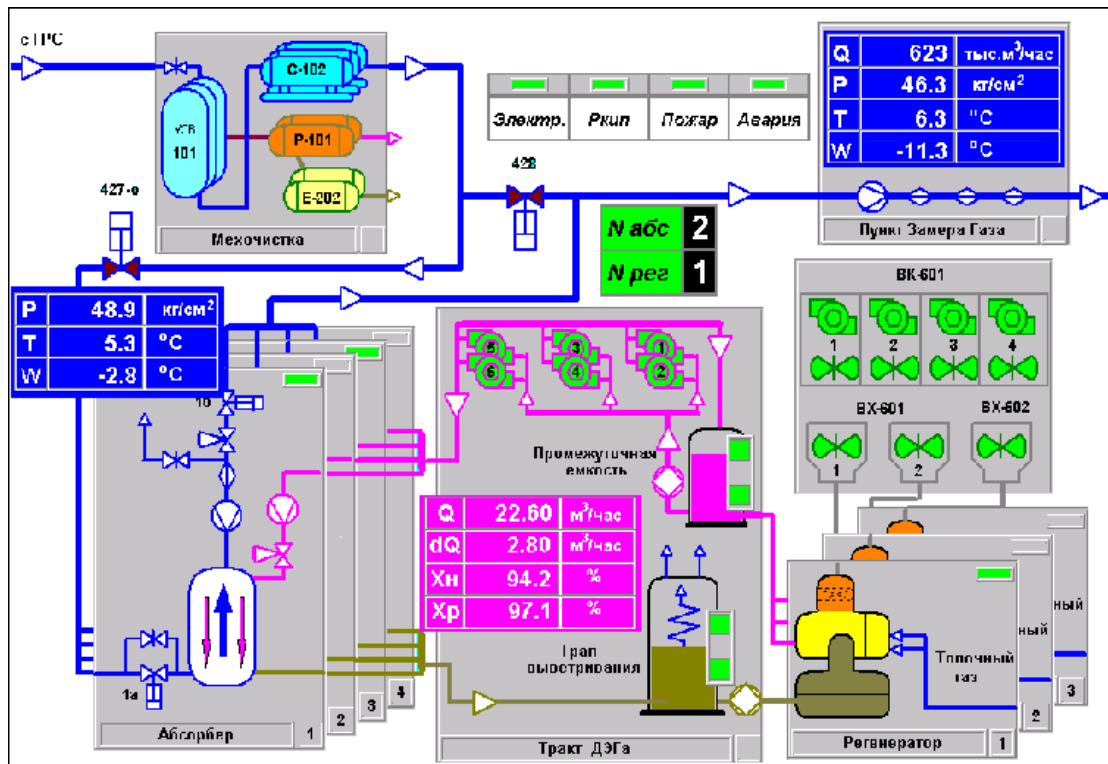


Рис. 5. Окно "Обзор"

В работе представлен также компьютерный тренажер-имитатор "Обнаружение и ликвидация газо-нефте-водо-проявлений при бурении скважин", который применяется в процессе обучения персонала навыкам предотвращения возможных выбросов газовых и жидких материалов из подземных пластов повышенного давления при бурении скважины.

Модель процесса обучения оператора станции бурения включает следующие структурно-функциональные элементы:

1. Целевая функция: $F_{ц} = \Phi (P_{ти}, P_{ки}, \rho_{вых}, G, H, P_{гр})$,

где: $P_{ти}$ – давление подаваемого бурового раствора; $P_{ки}$ – давление в затрубном пространстве; $\rho_{вых}$ – плотность бурового раствора на выходе; G – вес на крюке подаваемых труб; H – глубина скважины; $P_{гр}$ – давление гидроразрыва пласта.

2. Критерии поиска решения: $P_{заб} - P_{пл} \leq \delta P, \quad \Delta Q = 0$ (при $P_{др} = 0$),

где: $P_{пл}$ – пластовое давление; δP – допустимое превышение $P_{пл}$; $P_{др}$ – противодействие дросселя; ΔQ – разница в расходе бурового раствора.

3. Модель ТП: $P_{заб} = \Psi (Q, H, D, d, \rho, P_{др}, Z)$,

где: Q – расход бурового раствора; D – диаметр обсадной колонны; d – диаметр буровой трубы; Z – высота столба флюида.

4. Управляемые параметры: $Q, \rho, P_{др}$.

5. Контролируемые параметры: $P_{заб}, P_{ки}, P_{ти}, \rho_k$, где ρ_k – плотность бурового раствора для корректного решения.

6. Анализ качества получаемого решения:

$$P_{пл} < P_{заб} < P_{гр}, \quad P_{ти} < P_{ти макс}, \quad P_{ки} < P_{ки макс}.$$

При удовлетворении показателей качества решение УТЗ корректно, в противном случае требуется следующая попытка.

Анализ эффективности разработанного программно-инструментального аппарата ОИС, выполненный на основе практики его применения, показал, что по сравнению с разработкой КОС на основе использования программно-инструментальных средств общего назначения, разработка с помощью ОИС обеспечивает существенное ускорение создания КОС при повышении их качества и снижении требований к квалификационному уровню пользователей ОИС.

В **заключении** приводятся основные результаты диссертационной работы.

В **приложениях** приведены: описание функционирования модуля "Отображение графических объектов" из состава системообразующего программно-инструментального базиса ОИС; документы, подтверждающие практическое применение результатов диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В результате выполнения диссертационной работы получены следующие основные результаты:

1. На основе анализа современных тенденций применения и создания средств компьютерного обучения определены требования к развитию компьютерных обучающих систем технологического персонала и программно-инструментальных средств для построения КОС.

2. Разработаны требования и методические положения по формированию и программной реализации предметных сценариев обучения; предложена классификация основных типов сценариев предметных КОС и разработаны принципы интерактивного интерфейсного обеспечения обучающих сценариев КОС.

3. Разработаны основы методического базиса и концептуальная макроструктура операционно-инструментальной среды для построения компьютерных обучающих систем, основанная на сочетании универсальных и специализированных программно-инструментальных компонентов, обеспечивающих необходимую операционную эффективность ОИС.

4. Определены основные методические принципы формирования функционально-модульной структуры ОИС, в т.ч.:

- применение визуально-графического подхода на принципах объектно-ориентированного программирования;
- формирование алгоритмов с помощью разработанного специализированного механизма сценариев;
- применение разработанного макроязыка высокого уровня для реализации графического инструментария "рисования" объектов при моделировании технологического процесса;

- построение эргономически эффективных пользовательских интерфейсов в рамках сюжетной метафоры.

5. Разработаны программно-инструментальные средства системообразующего базиса ОИС, обеспечивающие интеллектуализацию процедур построения современных обучающих систем и компьютерных тренажеров технологического персонала, в которых:

- инструментом программной реализации модели технологического объекта является эмулятор объекта, настройка которого осуществляется посредством описания его функциональных свойств на специально разработанном языке в текстовом файле или с помощью графической оболочки;

- для разработки алгоритмов, используемых в сценариях и моделях технологических процессов, применяется специальный механизм построения обучающих сценариев;

- предложен макроязык, с помощью которого осуществляется описание объектов, их взаимодействия, условия контроля параметров, а написание макрокоманд автоматизировано на основе использования содержимого объектно-ориентированной библиотеки и принципа программного "рисования" объектов.

6. На основе разработанного инструментально-методического аппарата реализован и внедрен ряд компьютерных обучающих систем для технологического персонала на нефтегазовых объектах, что подтверждает эффективность предложенных методов и инструментальных средств, обеспечивающих сокращение времени разработки, повышение её качества и снижение уровня требований к квалификации пользовательского персонала.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Скрипников Д.А. Принципы построения интерфейсов в компьютерных интерактивных системах. // Автозаправочный комплекс. – 2000. – № 1.
2. Беляев А.И., Клейнер Г.Б., Скрипников А.В., Скрипников Д.А. Имитационно-игровая компьютерная система принятия экономических решений. // Газовая промышленность. – 2004. – № 2.
3. Гореликов Н.И., Скрипников Д.А., Скрипников А.В. Тенденции развития и применения программно-компьютерных средств автоматизации технологических процессов и тренажерных систем обучения производственного персонала. // Датчики и системы. – 2001. – № 1.
4. Прохоров Н.Л., Белоногов А.Д., Скрипников Д.А. Построение системы автоматизированного управления подготовкой газа на станции подземного хранения газа. // Экономика и производство. – 2000. – № 2.
5. Скрипников Д.А., Скрипников А.В. Построение системы и системообразующих сценариев имитационно-компьютерного обучения технологического персонала. // Датчики и системы. – 2003. – № 12.

6. Белоногов А.Д., Скрипников Д.А., Скрипников А.В. Выбор программно-технических компонентов надежной автоматизированной системы АЗК. // Автозаправочный комплекс. – 2001. – № 4-6.
7. Зоря Е.И., Скрипников Д.А., Цагарели Д.В. Комплексная защита конфиденциальной информации. Требования, реализация, эффективность. // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 1998. – № 1.
8. Зоря Е.И., Скрипников Д.А., Цагарели Д.В. Профессионально-прикладные применения мультимедиа в нефтепространстве. // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 1998. – № 5.
9. Скрипников Д.А., Скрипников А.В., Зоря Е.И. Автоматизация технологических процессов на предприятиях нефтепродуктообеспечения. // Топливный регион. – 2003. – № 6. – С. 11-13.
10. Балобин А.А., Скрипников Д.А. Развитие программно-методических средств компьютерного тренинга диспетчерского персонала ГТК. // Газовая промышленность. – 2005. – № 5.
11. Клейнер Г.Б., Беляев А.И., Скрипников Д.А. Формирование информационно-методической базы для организации проведения переподготовки персонала. // Газовая промышленность. – 2005. – № 4.
12. Скрипников Д.А. Построение эффективных сценариев при компьютерном обучении технологического персонала. // Газовая промышленность. – 2005. – № 6.
13. Скрипников Д.А. Функционально-методические основы развития средств компьютерного обучения технологического персонала. // Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ. – 2005, вып. 2.
14. Красовский В.Е., Скрипников Д.А. Интерфейсное обеспечение в компьютерных тренажерах. // Научная сессия МИФИ-2006. Сборник научных трудов, т. 12. Информатика и процессы управления. Компьютерные системы и технологии. – М.: Изд. МИФИ, 2006. – 164 с.
15. Прохоров Н.Л., Красовский В.Е., Скрипников Д.А. Тенденции развития инструментальных средств создания компьютерных тренажеров технологического персонала. // Приборы. – 2006. – №3.