

На правах рукописи

Харуби Науфел

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

Специальность: 05. 13. 12 – Системы автоматизации проектирования
(промышленность)

А в т о р е ф е р а т
Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт Петербург - 2010

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете “ЛЭТИ” им. В. И. Ульянова (Ленина)

Научный руководитель –
доктор технических наук, Профессор Дмитриевич Геннадий Данилович

Официальные оппоненты :
доктор технических наук Лузин Сергей Юрьевич
кандидат технических наук Паянский-Гвоздев Валерий Михайлович

Ведущая организация – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий механики и оптики .

Защита диссертации состоится “ _____ ” _____ 2010г. в _____ часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.238.02 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета “ЛЭТИ” им. В. И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан “ _____ ” _____ 2010 г.

Ученый секретарь совета по защите
докторских и кандидатских диссертаций

Н. М. Сафьянников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность исследования:

Современный этап развития САПР характеризуется динамичным расширением предметных областей их применения. В широком круге задач, охватываемых проблемой дальнейшего развития автоматизированного проектирования, существенную роль играет создание новых проблемно-ориентированных систем проектирования сложных объектов заданного целевого направления.

В последние годы появилась и получила развитие новая отрасль создания и разработки измерительных средств. Это в первую очередь связано с активным развитием компьютерных технологий применительно к технологиям измерений. Основными аппаратными средствами в измерительных технологиях стали так называемые DAQ - boards (Data Acquisition Boards - платы сбора данных) - измерительные модули, встраиваемые непосредственно в компьютер. Данные модули работают в составе виртуальных измерительных систем (ВИС) под управлением интегрированных программных оболочек для сбора, обработки и визуального представления измерительной информации.

Процесс проектирования ВИС на основе технологий фирмы National Instruments включает следующие этапы:

- подбор аппаратных модулей (DAQ), исходя из функциональных требований и требований к точности и быстродействию системы;
- выбор драйверов и совместимых программных модулей виртуальных приборов из библиотек среды LabVIEW;
- разработка специализированных программных модулей в среде LabVIEW;
- интеграция аппаратных и программных модулей, формирование лицевых виртуальных панелей измерительных систем и построение законченного Real Time Module (модуля реального времени) измерительной системы.

Реализация данного процесса в инженерной практике требует значительных временных затрат и высокой квалификации проектировщика, вследствие большой номенклатуры выпускаемых аппаратных модулей и проблемы совместимости аппаратного и программного обеспечений проектируемой системы. Сокращение трудоемкости проектирования может быть достигнуто за счет применения методов автоматизированного проектирования и создания специализированной САПР виртуальных приборов (ВП).

Работа по формированию адаптируемых к определённым изменениям компонентов САПР ведётся в нескольких направлениях: разработка удобных пользовательских интерфейсов, создания инвариантных средств управления информационными ресурсами, совершенствование матема-

тических моделей объектов проектирования и подсистем оптимизации, разработка средств интеграции и интеллектуализации САПР.

Как существующие, так и перспективные потребности развития ВИС ставят задачу разработки общесистемного программного обеспечения в виде ядра САПР, предоставляющего развитые инструментальные диалоговые средства всем группам пользователей САПР:

1. инженерам-пользователям (система должна оперативно приспосабливаться к уровню их квалификации и иметь гибкий диалоговый интерфейс, допускающий динамичную модификацию операционной модели диалога)

2. администраторам САПР, сопровождающим систему в проектной организации (система должна быть развивающийся в функциональном направлении и иметь открытый инструментальный аппарат для разработки и модификации сценария диалога гибкой структуры).

Разработка в качестве ядра ВИС системы автоматизированного проектирования виртуальных приборов (ВП) с открытой архитектурой программного и информационного обеспечения САПР уделяется недостаточное внимание. В основе реализации этой концепции лежит строгий онтологический подход к построению средств информационного обеспечения САПР ВП.

В данной работе под онтологией подразумевается модель представления знаний предметной области в виде набора понятий этой предметной области и существующих между ними отношений, которая может быть использована в качестве основы определённой базы знаний.

Указанные обстоятельства и определили основное направление выполненных в диссертации исследований, тематика которых тесно связана с планом госбюджетной НИР по теме «Разработка цифровой системы измерений и управления испытательным оборудованием при проведении механических и климатических испытаний» (договор № 6814/САПР-72», 2009 г.). НИР ЛЭТИ им.В.И.Ульянова(Ленина). Исследования проводились на кафедре САПР в 2004-2010г.г.в рамках НИР по теме «Теоретические основы и методы проектирования программно-аппаратных комплексов испытаний технических объектов», выполняемой в рамках программы фундаментальных научных исследований ОНИТ РАН «Фундаментальные проблемы разработки новых структурных решений и элементной базы в телекоммуникационных системах»;

С учётом вышесказанного вопросы разработки информационного обеспечения САПР виртуальных приборов и построения на её основе виртуальной измерительной системы является актуальными для теории и практики САПР и представляют значительный практический и теоретический интерес.

Цель работы Целью диссертации является исследования вопросов разработки информационного обеспечения САПР виртуальных приборов,

направленных на создания инструментальных средств построения виртуальных измерительных систем.

Достижения указанной цели предполагает решения следующих задач:

1. Исследование семантического описания объектов системы.
2. Исследование методов и технологий онтологического моделирования виртуальных приборов.
3. Исследование и разработка онтологии предметной области ВП.
4. Разработка открытой архитектуры САПР виртуальных приборов.
5. Разработка специализированной базы данных (БД) и базы знаний (БЗ) виртуальных приборов.

Основные методы исследования В ходе диссертационного исследования были использованы модели и методы теории множеств, положения теории искусственного интеллекта, логики предикатов первого порядка, дескриптивной логики, методы теорий САПР,

Новые научные результаты

1. Разработка открытой архитектуры САПР виртуальных приборов, отличающейся от известных наличием инвариантной информационной части, обеспечивающей системе возможность развития и адаптации к новым задачам проектирования.
2. На основе анализа предметной среды и операционных компонентов проектирования впервые разработана онтология предметной области виртуальных приборов.
3. Впервые разработана база данных и база знаний виртуальных приборов на основе онтологического подхода.

На основании полученных результатов разработана САПР ВП, предназначенная, в первую очередь, для специалистов, занимающихся разработкой виртуальных измерительных систем.

Научные положения, выносимые на защиту

1. Архитектура САПР виртуальных приборов.
2. Онтология предметной области виртуальных приборов.
3. Специализированная база данных и база знаний виртуальных приборов.

Практическая значимость.

1. Применение разработанной САПР ВП на этапах научно-исследовательских работ позволяет сократить сроки разработки и повысить качество проектируемых виртуальных измерительных систем.
2. Применение разработанной системы в учебном процессе обеспечивает поддержку дисциплин учебного плана, связанных с изучением онтологического инжиниринга при подготовке магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника».

3. Разработанные база данных и база знаний могут быть использованы в составе широкого класса САПР для решения задачи совместимости компонентов сложных технических систем.

Разработанная САПР ВП внедрена в учебный процесс по дисциплине «Онтологический инжиниринг», читаемой в рамках магистерской программы «Компьютерные технологии инжиниринга» на кафедре «Системы автоматизированного проектирования», что подтверждено соответствующим актом внедрения.

Реализация и внедрение результатов работы.

Теоретические и практические результаты используются в научно-исследовательской работе НИР по теме 6814/САПР-72 «Разработка цифровой системы измерений и управления испытательным оборудованием при проведении механических и климатических испытаний». Также в НИР по теме «Теоретические основы и методы проектирования программно-аппаратных комплексом испытаний технологических объектов», выполняемой в рамках программы фундаментальных научных исследований ОНИТ РАН «Фундаментальные проблемы разработки новых структурных решений и элементной базы в телекоммуникационных системах»;

Основные результаты работы используются при подготовке магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника» (специализация 230100.68-16 «Информационное и программное обеспечения САПР»). Применение разработанной системы в учебном процессе обеспечивает поддержку дисциплин «Онтологический инжиниринг» и «Информационные технологии в проектировании и производстве» учебного плана подготовки магистров. Разработанная САПР ВП внедрена в учебную практику в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) на кафедре «Системы автоматизированного проектирования».

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии 2010».
- 59-я, 60-я и 61-я научно-технические конференции профессорско-преподавательского состава Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина).

Публикации Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 4 статьях, среди которых 2 публикации в

ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных в действующем перечне ВАК и 2 в международных журналах.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, с выводами и заключения. Основная часть работы изложена на 145 страницах машинописного текста. Содержит 32 рисунка списка литературы, включающего 52 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведено краткое содержание работы.

В первой главе приводится описание проблемы автоматизации проектирования виртуальных измерительных систем. Выполнен сравнительный анализ трех способов построения ВИС:

- Использование специализированных внешних контроллеров, подключаемых к компьютеру и обеспечивающих полный цикл измерений;
- Применение автономных модульных приборов, обеспечивающих проведение одного из видов измерений или генерации сигналов;
- Использование модульных приборов универсальных промышленных платформ с открытой архитектурой (платформа PXI фирмы National Instruments).

В качестве базовой технологии реализации ВИС выбрана технология модульных приборов с открытой архитектурой на основе платформы PXI и среды программирования LabVIEW.

Технология модульных приборов фирмы National Instruments (NI), основана на использовании компактного, высокопроизводительного оборудования, функционального программного обеспечения и встроенных систем синхронизации и тактирования, обеспечивающих проведение гибких, точных и высокопроизводительных измерений и тестов. Фирма NI предлагает модульные приборы для проведения измерений, выполненные в форматах PXI, PCI, PCMCIA, USB и т.д. и работающие в диапазоне частот сигналов от постоянного тока до радиочастот. Наиболее надежной и многофункциональной является промышленная платформа PXI, позволяющая реализовать практически любую автоматизированную тестовую или измерительную систему. Для управления измерительными приборами и отображения измеренных значений используется программная среда LabVIEW, работающая в среде Windows различных версий.

Проведено детальное рассмотрение алгоритма проектирования модульных приборов на основе платформы PXI и среды

программирования LabVIEW и предложена структура системы автоматизированного проектирования ВИС, использующую в качестве информационного обеспечения базу данных входящих в состав САПР ВП. аппаратных и программных модулей виртуальных приборов.

Во второй главе представлены вопросы выбора архитектуры и реализации программного обеспечения САПР ВП, включающего в себя управляющую подсистему и ряд обслуживающих и проектирующих подсистем.

Управляющая подсистема САПР ВП может быть реализована в виде интегрированной диалоговой среды проектирования ВП и должна выполнять следующие функции:

- формирование диалогового интерфейса пользователя с САПР;
- вызов подсистемы ведения базы данных виртуальных приборов;
- вызов подсистемы выбора аппаратных и программных модулей виртуальных приборов;
- вызов подсистемы интеграции аппаратных и программных модулей виртуальных приборов;
- вызов подсистемы формирования спецификации ВИС;
- передачу сообщений и файлов данных между подсистемами.

Приведена структурная схема подсистемы, которая включает следующие модули:

- интерфейсный диалоговый модуль;
- модуль вызова подсистемы ведения онтология ВП;
- модуль вызова подсистемы выбора аппаратных и программных модулей виртуальных приборов;
- модуль вызовы подсистемы интеграции аппаратных и программных модулей виртуальных приборов;
- модуль вызова подсистемы формирования спецификации ВИС;
- модуль управления файлами данных.

В этой главе также предложена блок-схема проектирующей подсистемы выбора аппаратных и программных модулей. Подсистема выбора аппаратных и программных модулей виртуальных приборов предназначена для синтеза структуры аппаратно-программного комплекса. Источником информации для решения данной проектной задачи является база данных и базы знаний виртуальных приборов. В качестве критериев для отбора необходимых модулей выступают требования технического задания.

Рассмотрены возможные подходы к реализации информационного обеспечения системы на основе базы данных и базы знаний виртуальных приборов и определены источники информации для заполнения базы знаний. Наиболее сложной проектной задачей при проектировании ВИС является процедура синтеза структуры измерительной системы. Данная процедура была формализована, как задача принятия решения. Показано,

что частным случаем этой задачи является задача совместимости компонентов.

Предложена следующая формулировка задачи совместимости компонентов (ЗСК) системы:

$$\text{ЗСК} = \langle A, C, W, L, P \rangle$$

где A — множество всех возможных альтернатив проектного решения;

$C = (C1, C2, \dots, Cn)$ — множество всех возможных компонентов, на базе которых формируется структура системы;

W — подмножество всех *правильных* (работоспособных) альтернатив проектного решения ($W \in A$);

$L = (L1, L2, \dots, Lm)$ — подмножество *рабочих* компонентов системы, входящих в состав работоспособного варианта системы ($L \in K$);

P — решающее правило для выбора из множества A подмножества W правильных проектных решений и из множества C подмножества рабочих компонентов L .

В качестве подхода к решению указанной задачи в исследовании рассматриваются активно развивающиеся в настоящее время семантические технологии. В рамках семантических технологий разрабатываются подходы, стандарты и методы, которые обеспечивают возможность явного представления семантики информации. Явное представление семантики информации должно способствовать созданию программных систем, позволяющих обрабатывать информацию на семантическом уровне. В зависимости от области применения и решаемой задачи подходы к представлению семантики и ее обработке могут варьироваться, но их объединяет наличие модели знаний, которая описывает семантику отдельных элементов информации и связи между ними.

На сегодняшний день в рамках семантических технологий наиболее активно исследуется и развивается онтологический подход к представлению знаний предметной области, на основании которого разрабатываются интеллектуальные информационные системы, и в том числе САПР.

Онтология предметной области реализуется в виде некоторой сетевой структуры, в которой семантика каждого понятия определяется через его отношения с другими понятиями. Причем во множестве отношений существует отношение типа «родитель-ребенок», упорядочивающее понятия предметной области в иерархию – таксономию понятий. К отношениям того типа относятся отношения «целое-часть» (part-of), «класс-подкласс» (is-a) и т.п. В диссертации приведен обзор типов онтологий и языков описания онтологий. Онтология является специфическим видом базы знаний.

Онтологическая модель предметной области задает семантику понятий, которые используются для описания информационных объектов

системы. Такие описания называются семантическими метаданными, они позволяют: 1) устранить лексическую многозначность терминов, используемых для описания информационных объектов; 2) определять соответствие между различными информационными объектами, используя онтологию. Метаданные могут описывать объект с разных точек зрения: структуры, контекста и контента. Описание контента наиболее важно для тех ИС, которые реализуют функции полнотекстовой обработки информации о проектируемом объекте.

В третьей главе посвящена исследованию инструментальных средств САПР ВП. Разработана и реализована БД САПР ВП, обеспечивающая информационную поддержку процесса выбора аппаратных и программных модулей виртуальных приборов.

Применение предложенной в работе модели хранения данных и использования развитых средств управления данными обеспечивают унифицированные процедуры обслуживания БД, упрощают процедуру её расширения и модификации.

Адаптационные возможности САПР ВП расширяются за счет реализации ключевого компонента информационного обеспечения САПР ВП – базы знаний. Рассмотрены особенности использования инженерных знаний в САПР ВП. Предложен выбор информационной базы основы для построения семантических моделей данной предметной области. Выделены особенности формирования семантических моделей ВП. Проведен анализ способов представления знаний. Предложена организация семантической модели ВП. Рассмотрены основные типы связей, которые применяются при построении онтологии.

Основное внимание уделено семантическим аспектам реализации процедуры логического вывода. Обосновано использование дескриптивной логики (ДЛ) класса *SHIQ* в качестве логического формализма представления онтологической модели, а языка *OWL DL* – в качестве языка записи онтологии для ее хранения и передачи. На основании выбранных средств представления знаний дано формальное определение онтологии, используемое для описания предлагаемой структуры семантических метаданных и предлагаемых методов по работе с семантикой объектов системы.

- 1) Идентификация задания. Инженер по знаниям должен очертить круг вопросов, которые должна поддерживать онтология, и виды фактов, которые будут доступными применительно к каждому конкретному экземпляру задачи.
- 2) Сбор относящихся к предметной области знаний. Инженер по знаниям может уже быть экспертом в рассматриваемой предметной области или ему может потребоваться общаться с настоящими экспертами для выявления всего, что они знают и для исключения противоречий и неточностей.

- 3) Определение словаря, то есть выделение концептов - базовых понятий данной предметной области.
- 4) Толкование важных понятий в рамках вербальной модели.
- 5) Определение отношений и взаимодействий базовых понятий.
- 6) Формирование таксономической иерархии.
- 7) Регистрация общих знаний о предметной области в формальном виде. Рассмотреть возможность повторного использования существующих онтологий и стандартизированных словарей.
- 8) Проверка согласованности онтологии.
- 9) Составление описания конкретного экземпляра задачи.
- 10) Передача запросов процедуре логического вывода и получение ответов.
- 11) Отладка онтологии.

На основе данного подхода онтологического инжиниринга и с применением аппарата логики предикатов первого порядка, разработана онтология для решения задачи совместимости аппаратных и программных модулей фирмы NI

Разработаны и применены следующие правила логического вывода:
Цифровой сигнал на каждой клемме равен либо 1, либо 0 (но не имеет оба значения одновременно):

$$\forall p \text{ Signal}(p)=1 \vee \text{Signal}(p)=0,$$

$$1 \neq 0$$

Тип сигнала на каждом выводе может быть либо аналоговый, либо цифровой (но не имеет оба значения одновременно):

$$\forall p \text{ SignalType}(p)=\text{ANALOG} \vee \text{SignalType}(p)=\text{DIGITAL},$$

$$\text{ANALOG} \neq \text{DIGITAL}$$

Каждый вывод модуля может быть либо входом, либо выходом (но не имеет оба значения одновременно):

$$\forall p \text{ PlugType}(p)=\text{INPUT} \vee \text{PlugType}(p)=\text{OUTPUT},$$

$$\text{INPUT} \neq \text{OUTPUT}$$

Если два вывода соединены, то на них присутствует один и тот же сигнал:

$$\forall p_1, p_2 \text{ Connected}(p_1, p_2) \Rightarrow \text{Signal}(p_1)=\text{Signal}(p_2)$$

Предикат *Connected* является коммутативным и транзитивным:

$$\forall p_1, p_2 \text{ Connected}(p_1, p_2) \Leftrightarrow \text{Connected}(p_2, p_1),$$

$$\forall p_1, p_2, p_3 \text{ Connected}(p_1, p_2) \wedge \text{Connected}(p_2, p_3) \Rightarrow \text{Connected}(p_1, p_3)$$

Отношение *IsPartOf* является транзитивным и рефлексивным:

$$\forall x, y, z \text{ IsPartOf}(x, y) \wedge \text{IsPartOf}(y, z) \Rightarrow \text{IsPartOf}(x, z),$$

$$\forall x \text{ IsPartOf}(x, x)$$

Каждый элемент множества *s* является частью объекта *IsBunchOf(s)*.

$$\forall x, s \text{ IsMemberOf}(x, s) \Rightarrow \text{IsPartOf}(x, \text{IsBunchOf}(s))$$

Объект $IsBunchOf(s)$ является частью любого объекта, который включает все элементы множества s в качестве части.

$$\forall y [\forall x IsMemberOf(x,s) \Rightarrow IsPartOf(x,y)] \Rightarrow IsPartOf(IsBunchOf(s),y)$$

Отношение $Disjoint$ определено следующим образом:

$$\forall s Disjoint(s) \Leftrightarrow (\forall c1, c2$$

$$IsMemberOf(c1,s) \wedge IsMemberOf(c2,s) \wedge (c1 \neq c2) \Rightarrow [\forall x, y IsMemberOf(x,c1) \wedge IsMemberOf(y,c2) \Rightarrow x \neq y])$$

Отношение $ExhaustiveDecomposition$ определено следующим образом:

$$\forall s, c ExhaustiveDecomposition(s,c) \Leftrightarrow (\forall x IsMemberOf(x,c) \Leftrightarrow \exists c1$$

$$IsMemberOf(c1,s) \wedge IsMemberOf(x,c1))$$

Совместимость двух выводов определяется следующими правилами:

$$\forall p1, p2 PlugsCompatibility(p1,p2)=True \vee PlugsCompatibility(p1,p2)=False, True \neq False,$$

$$\forall p1, p2 PlugsCompatibility(p1,p2)=True \Leftrightarrow \exists m1, m2 IsPlug(p1, m1) \wedge IsPlug(p2, m2) \wedge IsMemberOf(m1, Modules_Sets) \wedge IsMemberOf(m2, LabView_IO_Modules) \wedge$$

$$(SignalType(p1)=SignalType(p2)) \wedge (PlugType(p1) \neq PlugType(p2))$$

Предикат $PlugsCompatibility$ является коммутативным и транзитивным:

$$\forall p1, p2 PlugsCompatibility(p1,p2) \Leftrightarrow PlugsCompatibility(p2,p1)$$

Совместимость аппаратного модуля с программным модулем или наоборот определяется следующими правилами.

$$\forall m1, m2 ModulesCompatibility(m1,m2)=True \vee ModulesCompatibility(m1,m2)=False,$$

$$\forall m1, m2 IsMemberOf(m1, Modules_Sets) \wedge IsMemberOf(m2, LabView_IO_Modules) \Rightarrow (ModulesCompatibility(m1,m2)=True \Leftrightarrow \exists p1, p2 (In(p1, m1) \vee Out(p1, m1)) \wedge (In(p2, m2) \vee Out(p2, m2)) \wedge$$

$$(PlugsCompatibility(p1,p2)=True) \wedge$$

$$(OneOrMoreOfIsIN(getSupportedBuses(m2), getSupportedBuses(m1))=True) \wedge$$

$$(FreqBand(m1) \leq FreqBand(m2)) \wedge (RefreshFreq(m1)=RefreshFreq(m2)))$$

Предикат $ModulesCompatibility$ является коммутативным:

$$\forall m1, m2 ModulesCompatibility(m1,m2) \Leftrightarrow ModulesCompatibility(m2,m1)$$

В заключении данной главы отмечен универсальный характер предложенных средств БД и БЗ, обеспечивающих расширяемость и быструю адаптацию компонентов САПР ВП к изменяющейся конкретной окраске предметности области.

В четвертой главе рассматриваются вопросы реализации онтологии в среде Protégé. Программное обеспечение САПР ВП с использованием разработанной онтологии реализовано на языке Java.

Система реализует объектную модель системы управления онтологией, описанной на языке OWL DL, и позволяет:

- получать доступ к онтологиям с использованием технологий Jena;
- хранить файлы с описаниями онтологий в файловой системе;
- выполнять запросы к онтологии, использующие логический вывод.

Объектная модель онтологии содержит классы-сущности, представляющие элементы онтологии, класс для трансляции OWL-данных во внутреннее представление сервера и управляющий класс, реализующий программный интерфейс доступа к функциям сервера онтологий.

В качестве классов-сущностей были выделены: атомарное понятие, экземпляр, отношение, атрибут, целочисленное значение и строковое значение. Для первых четырех типов сущностей в онтологии заданы лексические метки, а для двух оставшихся типов лексическими метками являются их значения, представленные в текстовом виде. Лексические метки составляют словарь онтологии.

В качестве системы логического вывода (СЛВ) для дескриптивной логики была выбрана свободно распространяемая система PELLEТ версии 2.0.0-RC3. Система PELLEТ реализует логический вывод для дескриптивной логики класса $ALCQHI_{R+}(D^-)$, которая расширяет атрибутивный язык (AL) такими возможностями как произвольное отрицание (C), транзитивные отношения ($_{R+}$), инверсные отношения (I), иерархия отношений (H), количественные ограничения на отношения (Q) и некоторые конкретные домены (D^-). В качестве конкретных доменов поддерживаются строки и числа. Дескриптивная логика класса $ALCQHI_{R+}(D^-)$ по выразительности является подклассом $SHIQ$, не поддерживая лишь перечисляемые типы (nominals). На сегодняшний день система PELLEТ реализует наиболее выразительную дескриптивную логику с использованием высокопроизводительного алгоритма (tableau-based algorithm) логического вывода, который используется для обработки онтологий, описанных на языке OWL DL.

Для взаимодействия с СЛВ PELLEТ был выбран протокол DIG, так как он был специально разработан для взаимодействия с различными СЛВ, основанными на ДЛ. Использование этого протокола устраняет зависимость от PELLEТ и при появлении новых СЛВ позволяет использовать их.

В заключении главы отмечено, что разработанные средства информационного обеспечения САПР обеспечивают единое информационное пространство цикла проектирования.

В пятой главе исследованы перспективные направления применения САПР ВП. В качестве примера рассмотрена методика автоматизированного проектирования устройства управления вибростендами, которое представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для испытаний элементов, аппаратуры и

других изделий, которые в процессе транспортирования или эксплуатации могут подвергаться воздействию случайной вибрации или вибрации гармонического происхождения.

Проанализированы три подхода к построению ВИС управления вибростендами. Основное внимание уделено третьему подходу, базирующемуся на применении САПР ВП, который совместно с открытой архитектурой ВП, рассмотренной в первой и второй главах диссертационной работы обладает рядом очевидных преимуществ:

1. Модульный подход к построению измерительной системы из стандартных встраиваемых в универсальное шасси измерительных блоков (возможность конфигурирования системы под конкретную измерительную задачу);
2. Использование полномасштабных встраиваемых промышленных компьютерных систем на основе Intel, работающих под управлением операционных систем семейства Windows или систем реального времени;
3. Единая для всех аппаратных модулей графическая (визуальная) среда разработки алгоритмов измерений и построения диалоговых интерфейсов с пользователями (среда LabVIEW);
4. Наличие большого количества библиотек драйверов и готовых виртуальных приборов различного назначения (генераторы, осциллографы, мультиметры, частотомеры и т.д.) для всей номенклатуры плат, входящих в состав измерительной платформы;
5. Возможность построения распределённых измерительных систем на базе стандартных сетевых технологий, включая беспроводные сети, и технологий сети Internet;
6. Наличие открытого интерфейса с открытыми приложениями (MS Word, MS Excel) для формирования протоколов испытаний и других отчётных документов соответствии с требованиями ГОСТ;
7. Интеграция с универсальными базами данных (MS Access, MS SQL-Server) для накопления и обработки результатов испытаний;
8. Доступная для пользователя технология построения лицевых панелей виртуальных приборов и диалоговых средств для управления испытаниями (среда LabVIEW).

Перечисленные преимущества позволяют использовать САПР ВП для построения ВИС, включающей в себя набор измерительных и генерирующих модулей для испытаний на основе полунатурного моделирования в условиях, приближенных к реальному применению на подвижных объектах. Представлена архитектура перспективной ВИС, характеризующаяся наличием инструментальных средств дружественного пользовательского интерфейса и содержащая измерительные и генерирующие аппаратно-программные модули. В состав

спроектированной ВИС входит база знаний и база данных для хранения и манипулирования характеристиками приборов по результатам испытаний, включая натуральные испытания, и генерирующие модули формирования возмущающих воздействий, построенные на основе аппаратно-программных средств и оборудования фирмы National Instruments.

На конкретном примере продемонстрировано функционирование представленной в диссертации САПР виртуальных приборов на этапе выбора состава совместимых аппаратных модулей и средствами базы данных и базы знаний САПР ВП получена совокупность соответствующих программных модулей системы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В ходе диссертационного исследования получены следующие основные результаты:

1. Разработана открытая архитектура САПР виртуальных приборов, отличающаяся от известных наличием инвариантной информационной части, обеспечивающей системе возможность развития и адаптации к новым задачам проектирования.
2. На основе анализа предметной среды и операционных компонентов проектирования впервые разработана онтология предметной области виртуальных приборов.
3. Впервые разработана база данных и база знаний виртуальных приборов на основе онтологического подхода.
4. На основании полученных результатов разработана САПР ВП, предназначенная, в первую очередь, для специалистов, занимающихся разработкой виртуальных измерительных систем.
5. Впервые формализована на основе онтологического подхода задача совместимости аппаратных и программных модулей ВП.
6. Разработано математическое и информационное обеспечения САПР виртуальных приборов, включающие в себя подсистему логического вывода, которая предназначена для формирования умозаключений о составе виртуальных приборов, а также о совместимости модулей этих приборов на основе онтологии.
7. Рассмотрена реализация САПР виртуальных приборов как системы автоматизированного проектирования устройства управления вибростендами предназначенного для испытаний элементов, аппаратуры и других изделий, которые в процессе транспортирования и эксплуатации могут подвергаться воздействию случайной вибрации или вибрации гармонического происхождения.
8. На основании полученных в работе результатов разработана и внедрена в учебную и инженерную практику САПР виртуальных приборов.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Харуби, Н Проблемы совместимости оборудования в сложных технических системах [Текст] / Н. Харуби, Г.Д. Дмитриевич // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Тамбов: -2009.- №18.-с.191-195.
2. Харуби, Н Автоматизация проектирования виртуальных приборов системах [Текст] / Н. Харуби // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И.Вернадского. Тамбов: -2009.- №20.-с.161-165.

Другие статьи и материалы конференций:

1. Kharoubi N. Equipment Compatibility Problems in Complex Engineering Systems. [Текст] / N.A Kharoubi , I. V. Gerasimov , A.I. Laristov // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. Korea: -2009- №.2.-с.348-352.
2. Kharoubi N. Ontological Engineering Process For Computerized System Subject Areas.[Текст] / N.A Kharoubi , I. V. Gerasimov , G.D DMITREVICH // IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security. Korea: -2009- №.4.-с.315-318.