

**Ларистов Дмитрий Александрович**

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО И  
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЙ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ  
САПР СО ВСТРОЕННЫМ ИНТЕРНЕТ-БРАУЗЕРОМ**

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, проф. Анисимов Владимир Иванович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук Сольнищев Ремир Иосифович

кандидат технических наук Барсуков Юрий Владимирович

Ведущая организация: Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г. 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, г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, д. 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г.

Ученый секретарь совета

по защите докторских

и кандидатских диссертаций

Н. М. Сафьяников

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

### Актуальность исследования

Одной из основных задач в области информационных технологий и моделирования систем является внедрение в системы автоматизированного проектирования Интернет-технологий для обеспечения доступа к информационным ресурсам распределенных баз данных и организации дистанционного взаимодействия распределенных коллективов пользователей САПР.

Главными направлениями работ в этой области являются: исследование методов внедрения в системы моделирования Интернет-технологий для обеспечения доступа к информационным ресурсам распределенных справочных баз данных и баз данных компонентов в сети Интернет; разработка методов организации дистанционного взаимодействия распределенных коллективов пользователей систем автоматизированного проектирования путем включения в состав систем моделирования средств доступа к централизованному банку данных процесса проектирования и архивам проектных решений.

Решение перечисленных задач базируется на необходимости обеспечения доступа пользователей САПР к Интернет-ресурсам. При этом возможны следующие подходы:

Создание нового поколения платформенно-независимых распределенных систем автоматизированного проектирования в виде Web-приложений с использованием языков C# и Java на основе активных серверных страниц ASP и JSP, а также технологий работы с серверными сценариями PHP. При таком подходе отдельные подсистемы САПР выполнены в форме WEB-приложений и распределены между Web-сервером и клиентской рабочей станцией. Обмен данными и синхронизация запуска подсистем осуществляется на основе стандартных протоколов сети Интернет через WEB-браузер клиента.

Использование традиционных архитектур для построения САПР на основе процедурных или объектно-ориентированных языков программирования (C++, Visual C++, C#, Visual Basic, Delphi и т.д.), имеющих мощные средства для работы с матрицами, списками, очередями и другими объектами. Для доступа к Интернет-ресурсам в этом случае предлагается использовать стандартный Web-браузер Microsoft Internet Explorer, который вставляется в программу как объект и открывается в окне программы с помощью метода Navigate. Прикладная программа моделирования в рамках такой архитектуры строится как загрузочный модуль и полностью выполняется на клиентской машине, при этом приложение получает возможность полномасштабного доступа в Интернет.

Адаптация функционирования существующих промышленных САПР на основе реинжиниринга (рефакторинга) архитектуры системы с разнесением готовых модулей системы между клиентом и сервером так, чтобы добиться оптимальной производительности в условиях низкоскоростных ка-

налов Интернета и лимитированных ресурсов Web-серверов. Реализация подобной распределенной архитектуры САПР возможна на основе создания специального WEB-приложения, обеспечивающего запуск и синхронизацию подсистем на стороне клиента и на стороне сервера, а также пересылку данных между клиентскими и серверными подсистемами.

Первый из рассмотренных подходов требует значительных исследований по эффективности реализации численных методов моделирования на основе платформенно-независимых языков программирования и требует разработки принципиально новых архитектур построения САПР. Реализация данного подхода возможна в рамках масштабного проекта, выполняемого большим коллективом системных аналитиков, математиков и программистов.

Второй подход позволяет использовать большой опыт построения САПР на основе традиционных архитектур и при условии открытого кода системы выполнить разработку Web-ориентированной САПР в ограниченные сроки с небольшим количеством участников проекта. Еще одним преимуществом данного подхода является возможность обеспечить доступ пользователей САПР к Интернет-ресурсам из привычной диалоговой среды, в которой выполняется процесс автоматизированного проектирования.

Реализация третьего подхода целесообразна, когда код программного обеспечения САПР закрыт и имеются готовые загрузочные модули системы, обменивающиеся данными с помощью файлов. При таком подходе необходимо провести тщательное исследование имеющейся архитектуры системы с целью определения состава отдельных подсистем и способов передачи данных между ними. Очевидно, что в случае использования в системе динамически связываемых библиотек DLL и передачи данных через общие области памяти решение задачи распределения модулей между WEB-сервером и клиентом может быть значительно усложнено, а в ряде случаев и совсем невозможно. По трудоемкости реализации данный подход сравним со вторым подходом, и может быть выполнен небольшим коллективом разработчиков.

Учитывая имеющийся задел в области разработки систем схемотехнического проектирования и результаты анализа подходов к внедрению в системы автоматизированного проектирования Интернет-технологий, в диссертации предлагается выбрать в качестве основного подход, ориентированный на использовании встроенного в систему автоматизированного проектирования Интернет-браузера для обеспечения доступа к информационным ресурсам распределенных баз данных и организации дистанционного взаимодействия коллективов пользователей САПР.

### **Цели и задачи исследования**

**Цель работы** - исследование и разработка программного и информационного обеспечения схмотехнических САПР со встроенными средствами связи с Интернетом для обеспечения доступа к информационным ресурсам удаленных баз данных и организации дистанционного взаимодействия распределенных коллективов пользователей САПР.

Для достижения поставленной цели исследования **необходимо решить следующие задачи:**

1. Провести сравнительный анализ методов построения архитектур Web-ориентированных прикладных программных систем и разработать архитектуру схмотехнической САПР со встроенным Интернет-браузером;
2. Выполнить анализ и систематизацию информационного обеспечения схмотехнических САПР и определить состав локальных проектных данных, размещаемых на рабочей станции САПР, и централизованных данных, доступных на Web-сервере Интернет-ресурсов САПР;
3. Разработать инфологические и даталогические модели данных (схемы базы данных) для централизованного хранения информации о параметрах моделей схемных компонентов и подсистемы коллективной работы над проектами на основе централизованной базы проектных данных с Web-интерфейсом.
4. Разработать программное и информационное обеспечения схмотехнической САПР со встроенным Интернет-браузером.

### **Основные методы исследования**

Для решения поставленных задач в диссертационной работе используются методы математического моделирования схемных компонентов, положения теории баз данных и теории построения САПР, методы объектно-ориентированного проектирования и программирования.

### **Достоверность научных результатов**

Подтверждается корректностью использования математического аппарата, теорией моделирования электронных схем, теорией реляционных баз данных, теорией объектно-ориентированного программирования, а так же результатами тестирования разработанного информационного и программного обеспечения в сети Интернет.

### **Новые научные результаты**

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов заключается в следующем:

1. Разработана архитектура Web-ориентированной схмотехнической САПР, отличающаяся от известных использованием шаблона Middleware для связи между рабочей станцией и Web-сервером Интернет-ресурсов, где в

- качестве агентов (посредников) выступают стандартный Web-браузер и Web-приложение для доступа к централизованным базам данных.
2. Выполнено распределение баз данных информационной подсистемы схмотехнической САПР на два уровня: локальные базы данных и централизованные базы проектных данных. При этом локальные базы данных размещены на рабочей станции САПР, а централизованные базы данных помещены на Web-сервер Интернет-ресурсов САПР.
  3. Предложены обобщенные ER-модели данных, отражающие объекты и связи между ними для организации информационного обеспечения Web-ориентированных САПР, включающие централизованные проектные данные, используемые распределенным коллективом пользователей САПР;
  4. Разработаны централизованные база данных моделей схемных компонентов и база данных рабочих проектов, включающие подсистемы управления данными с WEB-интерфейсом и подсистему регистрации и контроля доступа пользователей САПР;
  5. Разработано программное и информационное обеспечения Web-ориентированной схмотехнической САПР со встроенным Интернет-браузером, отличающиеся от известных наличием инвариантных средств для обеспечения доступа к информационным ресурсам распределенных баз данных и организации дистанционного взаимодействия коллективов пользователей САПР.

#### **Научные положения, выносимые на защиту**

1. Архитектура Web-ориентированной схмотехнической САПР со встроенным браузером, базирующаяся на использовании шаблона Middleware для связи между рабочей станцией и Web-сервером Интернет-ресурсов САПР.
2. Структура информационного обеспечения Web-ориентированной схмотехнической САПР со встроенным браузером, включающая локальные и централизованные базы проектных данных и подсистему регистрации и контроля доступа пользователей САПР.
3. Обобщенные ER-модели данных, отражающие объекты и связи между ними для организации информационного обеспечения схмотехнических САПР, включающие централизованные проектные данные, используемые распределенным коллективом пользователей САПР.

#### **Практическая ценность**

Значение результатов диссертационной работы для практического применения заключается в следующем:

1. Разработанная архитектура Web-ориентированной схмотехнической САПР со встроенным браузером обеспечивает доступ пользователей САПР к Интернет-ресурсам из единой диалоговой среды, в которой

- выполняется процесс автоматизированного проектирования электронных схем;
2. Распределенная структура информационного обеспечения, предложенная в диссертации, позволяет использовать централизованную базу данных моделей схемных компонентов и базу данных рабочих проектов, включающие подсистему управления данными с WEB-интерфейсом и подсистему регистрации и контроля доступа пользователей САПР;
  3. Обобщенные ER- модели данных, отражающие объекты и связи между ними для организации информационного обеспечения схемотехнических САПР, являются универсальными и могут быть использованы при построении информационного обеспечения САПР объектов различной физической природы;
  4. Разработанное программное обеспечение схемотехнической САПР со встроенным браузером содержат инвариантное Web-ориентированное ядро, которое может быть основой для построения систем синтеза цифровых схем, систем конструкторского проектирования и САПР сложных технических объектов различного назначения.

### **Практическая реализация и внедрение результатов работы**

Разработанная в ходе исследования архитектура Web-ориентированной схемотехнической САПР была реализована в среде разработки ПО Visual Studio 2005 и БД MS SQL-server 2005. Основой для разработки Web-приложения САПР послужила среда ASP.NET, функционирующая на платформе .Net Framework и предлагающая объектно-ориентированную модель программирования, включающую управляемую событиями и основанную на элементах управления структуру. Практическим результатом работы является Web-ориентированная схемотехническая САПР Web-Simulation of Electronic Circuits (Web-SimulaEC), обеспечивающей моделирование линейных электронных схем, включающих RCL-компоненты, все виды зависимых источников, биполярные транзисторы, полевые транзисторы и операционные усилители.

### **Результаты диссертационной работы использовались:**

В работе по планам госбюджетных НИР по теме: «Разработка моделей и методов интеллектуального анализа и поиска научно-технической информации» (шифр САПР-44 тем. плана СПбГЭТУ 2009 г.).

Основные результаты работы используются при подготовке инженеров по специальностям 230104 «Системы автоматизации проектирования» и магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника» (специализация 230100.68-16 «Информационное и программное обеспечения САПР»). Применение разработанной системы в учебном процессе обеспечивает поддержку дисциплины «Моделирование непрерывных систем» учебного плана подготовки магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника», а так же дисциплины «Проблемно-ориентированных диа-

логовые системы» учебного плана подготовки инженеров по специальности 230104 «Системы автоматизации проектирования».

Результаты диссертационной работы используются в учебной практике Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) на кафедре «Системы автоматизированного проектирования» для подготовки магистров и бакалавров по направлению «Информатика и вычислительная техника».

### **Апробация работы**

Основные теоретические результаты диссертационной работы докладывались на конференциях:

1. 9-ая конференция молодых ученых “Навигация и управление движением”. – СПб., 13 – 15.03 2007;
2. 5-ая международная конференция “Приборостроение в экологии и безопасности человека”. – СПб., ГУАП, 31.01 – 02.02 2007;
3. 13,14,15-ая международные конференции “ Современное образование: содержание, технологии, качество ”. – СПб., СПбГЭТУ, 2007, 2008, 2009 гг.;
4. Конференции профессорско-преподавательского состава СПбГЭТУ, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет 2008, 2009, 2010 гг.

### **Публикации**

Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 8 статьях и докладах, среди которых 2 публикации в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных в действующем перечне ВАК. Доклады доложены и получили одобрение на 4 международных, всероссийских и межвузовских научно-практических конференциях перечисленных в конце автореферата.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 49 наименований. Работа изложена на 119 страницах, содержит 27 рисунков и 5 таблиц.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна, практическая ценность результатов. Кратко описано содержание глав диссертации.

**В первой главе** проводится сравнительный анализ методов построения архитектур прикладных программных систем и в качестве основного метода



выбирается подход на основе шаблонов проектирования. Рассматриваются традиционные архитектуры схемотехнических САПР и разрабатывается архитектура Web-ориентированной схемотехнической САПР.

При построении САПР необходимо рассмотреть различные аспекты понятия архитектуры САПР. В частности, можно выделять такие подмножества, как системная архитектура (архитектура систем – System Architecture) и программная архитектура (архитектура программного обеспечения – Software Architecture).

При разработке программной архитектуры широко используется объектно-ориентированный подход к проектированию (ООП), который базируется на ряде важных структурных принципов, используемых при разработке информационных систем и прежде всего их программного обеспечения (ПО).

В настоящее время успешно применяется подход разработки программной архитектуры на основе шаблонов (паттернов). Данный подход использует в качестве архитектурных решений для приложений библиотеку типовых архитектур, оптимально ориентированных на выполнение приложениями определенных функций.

Рассматриваются традиционные системные архитектуры схемотехнических САПР. В качестве базовой анализируется архитектура широко известной системы Design Lab. Традиционная архитектура рассматриваемой САПР построена по модульному принципу, в соответствии с которым каждая подсистема реализована в виде автономного программного модуля; передача данных между подсистемами осуществляется с помощью файлов; порядок вызова подсистем заранее определен и осуществляется пользователем в процессе диалога с управляющей подсистемой. Характерной особенностью архитектуры является возможность автономного использования проектирующей подсистемы (модуль PSpice) при условии подготовки описания схемы в виде текстового файла на входном языке подсистемы. Так же допускается автономное использование подсистемы графического отображения результатов (модуль Probe) в случае подготовки входного файла отображаемых результатов в определенном формате.

Следует отметить, что подобный архитектурный шаблон используется при построении большинства известных промышленных САПР. При переходе к распределенным Web-ориентированным САПР данная архитектура требует существенной переработки, обусловленной следующими факторами:

- распределение подсистем между рабочей станцией и Web-сервером;
- использование централизованных проектных данных, размещаемых на Web-сервере;
- обеспечение коллективного доступа к проектным данным;
- необходимость регистрации и контроля доступа пользователей САПР к проектным данным;
- обеспечение обмена данными между рабочей станцией и Web-сервером.

Учет вышеперечисленных факторов требует пересмотра традиционных архитектур построения САПР и создания нового класса архитектур, ориентированных на функционирование системы в сети Internet.

На основе анализа рассмотренных выше подходов к организации архитектур программных систем и требований системного подхода, разработана обобщенная системная архитектура схмотехнической САПР, ориентированная на работу в сети Internet.

При построении архитектуры для организации системы и отдельных подсистем был использован подход на основе паттернов (шаблонов).

Основными решениями при построении данной архитектуры являются:

- Использование шаблона клиент-сервер при построении системной распределенной архитектуры. В качестве клиента выступает рабочая станция САПР, на которой функционирует большая часть подсистем САПР. Серверная часть системы представлена Web-сервером интернет ресурсов САПР. Средой для обмена информацией между клиентом и сервером служит сеть Internet.

- Использование шаблона распределенных систем для организации информационной подсистемы. В рамках шаблона выполнено разделение баз данных информационной подсистемы на два уровня: локальные базы данных и централизованные базы данных САПР. При этом локальные базы данных размещены на рабочей станции САПР, а централизованные базы данных помещены на Web-сервер Интернет-ресурсов САПР.

- Применение шаблона Middleware для связи между рабочей станцией и Web-сервером Интернет-ресурсов, где в качестве агентов (посредников) выступают стандартный Web-браузер и Web-приложение для доступа к централизованным базам данных.

В состав системы входят следующие компоненты:

Управляющая интерфейсная подсистема, предназначенная для формирования маршрута проектирования (последовательности вызова подсистем) и обмена информацией между проектировщиком и системой;

Подсистема ввода описания схемы – для ввода описания проектируемой схемы (именно из этой подсистемы необходим доступ к Web-серверу Интернет-ресурсов);

Моделирующая подсистема, обеспечивающая моделирование проектируемой схемы и вычисление ее основных характеристик;

Подсистема вывода результатов проектирования в табличной и графической форме;

Локальная база данных проекта, содержащая текущие проектные данные;

Встроенный браузер для доступа в Internet и загрузки Web-приложения;

Подсистема регистрации и контроля доступа пользователей САПР на Web-сервере Интернет-ресурсов;

База данных пользователей САПР, содержит данные об именах и паролях пользователей САПР и их правах доступа к проектной информации;

Web-приложение доступа к БД, обеспечивающее обмен информацией со стороны WEB-сервера между централизованной БД и рабочей станцией;

Централизованная база данных проекта, содержащая общее хранилище информации, используемой коллективом пользователей САПР;

СУБД – подсистема, необходимая для ведения централизованной БД и базы данных пользователей (позволяет добавлять, удалять, редактировать содержимое БД и выполнять операции по разграничению доступа, копированию и восстановлению данных).

Предложенная системная архитектура САПР содержит в составе интерфейсных средств встроенный Web-браузер, что позволяет организовать удаленное взаимодействие САПР с распределенными БД путем использования Web-приложения на основе активных серверных страниц ASP или технологии PHP. При таком подходе для построения проектирующей подсистемы, включающей сложные алгоритмы построения математической модели объекта или процесса и алгоритмы, имитирующие поведение модели в различных условиях внешней среды, возможно использование традиционных процедурных или объектно-ориентированных языков программирования (C++, Visual C++, C#, Visual Basic, Delphi и т.д.), имеющих мощные средства для работы с матрицами, списками, очередями и другими объектами. Кроме того, существуют многочисленные библиотеки программ для научно-технических расчетов и библиотеки классов, реализованные на процедурных языках программирования, применение которых в программах моделирования значительно сокращает трудоемкость разработки. Учет этих факторов приводит к необходимости использования традиционных программных архитектур и шаблонов для построения проектирующих подсистем.

**Во второй главе** рассматриваются вопросы организации информационного обеспечения Web-ориентированных схмотехнических САПР. Совокупность данных, используемых всеми компонентами САПР, составляет информационный фонд САПР. Основная функция информационного обеспечения (ИО) САПР - ведение информационного фонда, т. е. обеспечение создания, поддержки и организации доступа к данным. Таким образом, информационное обеспечение САПР есть совокупность информационного фонда и средств его ведения.

Основными задачами при построении информационного обеспечения Web-ориентированных схмотехнических САПР являются:

- Определение состава информационного фонда с учетом функционального назначения используемой информации.
- Распределение компонентов информационного фонда между рабочей станцией и Web-сервером Интернет ресурсов САПР.
- Разработка инфологических моделей данных на семантическом уровне для определения структуры компонентов информационного фонда.
- Переход от инфологических моделей к даталогическим моделям и формирование структур хранения данных.

- Выбор инструментальных средств для организации хранения компонент информационного фонда на основе технологий баз данных.
- Определение оптимальных методов доступа к данным, учитывая распределенный характер их размещения в сети Интернет.
- Разработка систем управления базами данных схмотехнических САПР.

Рассмотрен содержательный аспект организации информационного фонда схмотехнических САПР. В соответствии с функциональным назначением компонентов информационного фонда можно выделить следующий перечень баз данных.

Базы данных, непосредственно используемые в процессе функционирования САПР.

▪ База данных сеанса проектирования (**БДСП**) – содержит исходное описание схемы; входные и результирующие данные, необходимые при выполнении программных модулей. Следует отметить, что содержимое БДСП соответствует электронной схеме, моделируемой в рамках текущего сеанса проектирования, и полностью обновляется при переходе к моделированию другой схемы. Исходное описание схемы и результаты моделирования могут быть сохранены в файлах для последующего использования в рамках нового сеанса проектирования или переданы на долговременное хранение в архив проектных решений.

▪ База данных моделей компонентов (**БДМК**) - информация о структуре моделей схемных компонентов, входящих в состав проектируемой схемы, и значениях параметров их моделей. Данная информация является общей для всех проектов, выполняемых в САПР, и изменяется достаточно редко (только при добавлении новых схемных компонентов и их моделей).

Перечисленные базы данных (библиотеки данных) в той или иной форме присутствуют практически во всех современных схмотехнических САПР. В дополнение к ним в состав САПР необходимо включить базы данных, ориентированные на хранение проектных документов и окончательных результатов проектирования. Эти базы данных непосредственно не связаны с проектирующими подсистемами САПР и могут использоваться автономно в рамках подсистемы хранения проектных данных. К таким базам данных относятся:

▪ База данных нормативно-справочной проектной документации (**БДНСПД**) - справочные данные о материалах, элементах схем, унифицированных узлах и конструкциях; государственные и отраслевые стандарты; руководящие материалы и указания. Хранящиеся в БДНСПД сведения используются во всех проектах, выполняющихся в САПР, и имеют малую частоту обновления.

▪ База данных рабочих проектов (**БДРП**) – входные данные, результаты моделирования и текущая проектная документация, отражающая состояние и ход выполнения проекта. Хранящиеся данные должны быть привязаны к конкретным проектам и обновляться в процессе выполнения очередного се-

анса проектирования. Процессом пополнения БДРП управляет инженер-схемотехник, используя в качестве источников данные из БДСП и файлы документов, полученные с помощью внешних приложений (Word, Excel и др.).

▪ База данных архива проектных решений (**БДАПР**) – законченные и типовые проектные решения, выполненные в САПР. Информация из БДРП, подлежащая долговременному хранению, передается в БДАПР. При этом должна быть реализована возможность поиска и извлечения данных, относящихся к конкретному проекту.

Следует отметить, что базы данных, ориентированные на хранение документов, практически отсутствуют в составе современных схемотехнических САПР. Не решены полностью проблемы формирования архивов проектных решений и систем поддержки коллективной работы над проектами. Встречаются отдельные реализации фирменных электронных справочников по схемным компонентам в сети Internet, однако их содержимое относится, как правило, к изделиям одного производителя. Таким образом, в процессе автоматизированного проектирования пользователь САПР вынужден обращаться к разнородным источникам информации и использовать традиционные справочники на бумажном носителе для поиска и отбора технической информации и кроме того самостоятельно обеспечивать формирование и хранение проектных данных, полученных в результате взаимодействия с САПР.

Для решения перечисленных проблем в диссертации предлагается использовать централизованную базу данных моделей компонентов и подсистему хранения проектных данных, размещаемые на Web-сервере Интернет-ресурсов САПР и обеспечить к ним доступ из рабочих станций САПР. Взаимодействие пользователей с Web-сервером Интернет-ресурсов САПР выполняется с помощью встроенного браузера и серверных Web-приложений доступа к базам данных. При этом пользователям необходимо выполнить процедуру авторизации на сервере.

На основе анализа содержания баз данных в диссертации предлагается использовать следующие подходы к реализации информационного обеспечения рассматриваемых САПР, которые нашли отражение в таблице.

Таблица

№ п/п	Наименование БД	Назначение БД	Способ хранения информации	Способ ведения	Способ доступа
1	<b>БДСП (рабочая станция САПР)</b>	Файлы промежуточных и конечных результатов проектирования и файлы с описанием схемы.	Двоичные и текстовые файлы операционной системы.	Файлы создаются, модифицируются и удаляются программными модулями САПР.	Открытие файлов и считывание данных программными модулями САПР.
2	<b>БДМК (Web-сервер)</b>	Информация о структуре моделей схемных компонентов и значениях их параметров.	Таблицы реляционной БД.	Система управления БД.	Web-приложение доступа к БД, Интернет-браузер.
3	<b>БДРП (Web-сервер)</b>	Файлы промежуточных и конечных результатов проектирования и файлы с описанием схемы. Текущая проектная документация, отражающая состояние и ход выполнения проекта.	Картотека файлов в виде таблиц реляционной БД, двоичные и текстовые файлы операционной системы, файлы документов в формате внешних приложений.	Система управления БД. Обмен файлами через Интернет по протоколу FTP.	Web-приложение доступа к БД, Интернет-браузер.
4	<b>БДАПР (Web-сервер)</b>	Законченные и типовые проектные решения, выполненные в САПР.	Таблицы реляционной БД. Файлы исходных и результирующих данных САПР, файлы документов в формате внешних приложений.	Система управления БД. Обмен файлами через Интернет по протоколу FTP.	Web-приложение доступа к БД, Интернет-браузер.
5	<b>БДНСПД (Web-сервер)</b>	Справочные данные о материалах, элементах схем, унифицированных узлах и конструкциях; государственные и отраслевые стандарты, руководящие материалы.	HTML-файлы, файлы документов в формате внешних приложений.	Обмен файлами через Интернет по протоколу FTP.	Web-сайт нормативно-справочных документов, Интернет-браузер.

**В третьей главе** диссертационной работы разработаны обобщенные ER-модели данных, отражающие объекты и связи между ними для организации информационного обеспечения схмотехнических САПР, которые являются универсальными и могут быть использованы при построении информационного обеспечения САПР объектов различного назначения.

Показано, что в сложных технических системах объекты предметной области могут иметь несколько уровней представления. При использовании системного подхода к проектированию представления о проектируемой системе расчленяют на иерархические уровни. На верхнем уровне используют наименее детализированное представление, отражающее только самые общие черты и особенности проектируемой системы. На следующих уровнях степень подробности описания возрастает, при этом рассматривают уже отдельные блоки системы, но с учетом воздействий на каждый из них его соседей. На каждом из уровней представления схемный компонент может иметь различное семантическое описание, что приведет к расщеплению сущностей ER-модели на несколько иерархических уровней. Другим аспектом, способствующим появлению иерархии в ER-моделях технических систем является наличие иерархических связей в проектных документах, относящихся к одному проекту.

Таким образом, сущность может быть расщеплена на два или более взаимно исключающих подтипов сущности, каждый из которых включает общие атрибуты и/или связи. Эти общие атрибуты и/или связи явно определяются один раз на более высоком уровне. В принципе, подтипизация может продолжаться на более низких уровнях, но опыт использования ER-модели при проектировании баз данных показывает, что в большинстве случаев оказывается достаточно двух-трех уровней. На основе иерархии сущностей построены обобщенные ER-модели для базы данных схемных компонентов и базы данных рабочих проектов.

Структура файлов БДСП полностью определяется программными модулями системы и подробно рассмотрена в главе 4 диссертации. Для сохранения этих файлов на рабочей станции пользователь может воспользоваться стандартными файловыми менеджерами. В случае передачи этих файлов на сервер Интернет-ресурсов САПР в базу данных рабочих проектов необходимо в проводнике выполнить соединение со службой FTP Web-сервера, пройти процедуру регистрации и после отправки файлов занести соответствующую информацию в таблицы БДРП.

Для реализации БДРП в диссертации предлагается использовать комбинированный подход хранения данных, который предполагает:

- непосредственное хранение файлов проектных документов в формате внешних приложений и файлов, полученных в результате проектирования объекта в САПР, на устройстве внешней памяти;

- хранение реквизитов файлов, характеризующих их принадлежность определенному проекту, иерархическую вложенность, историю изменений и т.д., в таблицах реляционной базы данных.

Данный подход широко применяется в системах электронного документооборота. Каждый документ в системе электронного документооборота имеет набор однозначно характеризующих его реквизитов (часто этот набор называют карточкой документа). Карточка может включать тип документа (например, принципиальная схема), имя автора, даты формирования и изменения документа, отдел, в котором должен храниться документ и многое другое. Хранение и поиск проектных документов осуществляется также в соответствии с реквизитами, указанными в карточке. Для хранения файлов данных САПР необходимо добавить в базу данных соответствующие карточки.

В третьей главе так же обосновывается выбор среды для реализации информационного обеспечения Web-ориентированной схмотехнической САПР. В качестве такой среды был выбран Microsoft SQL Server 2005 – это семейство продуктов, удовлетворяющих требованиям хранения данных самых больших систем обработки данных и коммерческих Web-сайтов, одновременно являющихся легкими в использовании службами для индивидуального использования и малого бизнеса. Рассматриваются технологии доступа к данным в среде Microsoft SQL Server 2005 на основе адаптеров данных. Адаптеры данных являются неотъемлемой частью управляемых поставщиков ADO.NET, которые представляют собой набор объектов, используемых для связи между источником данных и набором данных.

**В четвертой главе** представлено информационное и программное обеспечение Web-ориентированной схмотехнической САПР Web-Simulation of Electronic Circuits (Web-SimulaEC), обеспечивающей моделирование линейных электронных схем, включающих RCL-компоненты, все виды зависимых источников, биполярные транзисторы, полевые транзисторы и операционные усилители. Информационное обеспечение системы Web-SimulaEC включает централизованную базу данных моделей схемных компонентов и базу данных рабочих проектов; подсистему управления базами данных с Web-интерфейсом; подсистему регистрации и контроля доступа пользователей САПР. На рабочей станции САПР используется локальная база данных сеанса проектирования.

Для реализации данной САПР были использованы универсальные среды разработки ПО Visual Studio 2005 и БД MS SQL-server 2005. Основой для разработки Web-приложений САПР послужила среда ASP.NET, функционирующая на платформе .Net Framework и предлагающая объектно-ориентированную модель программирования, включающую управляемую событиями и основанную на элементах управления структуру, которая обеспечивает инкапсуляцию и повторное использование кода.



Подробно описываются структура программного обеспечения системы Web-SimulaEC, основные алгоритмы обработки данных и примеры применения системы в инженерной практике.

**В заключении** сформулированы основные научные и практические результаты, полученные на основе проведенных в диссертационной работе исследований.

### **Основные результаты работы**

1. Предложена архитектура Web-ориентированной схемотехнической САПР со встроенным браузером, которая обеспечивает доступ пользователей САПР к Интернет-ресурсам из единой диалоговой среды и позволяет организовать коллективную работу над проектом.
2. Разработана распределенная структура информационного обеспечения схемотехнических САПР, включающая: централизованные базы данных моделей схемных компонентов и базу данных рабочих проектов; подсистему управления базами данных с Web-интерфейсом; подсистему регистрации и контроля доступа пользователей САПР.
3. Разработаны обобщенные ER-модели данных, отражающие объекты и связи между ними для организации информационного обеспечения схемотехнических САПР, которые являются универсальными и могут быть использованы при построении информационного обеспечения САПР объектов различного назначения.
4. Разработана оригинальная архитектура системы управления централизованными базами проектных данных, базирующаяся на технологии «клиент-сервер» и обеспечивающая интерфейс с системами схемотехнического проектирования.
5. Разработано программное обеспечение схемотехнической САПР со встроенным браузером, содержащее инвариантное Web-ориентированное ядро, которое может служить основой для построения систем синтеза цифровых схем, систем конструкторского проектирования и САПР сложных технических объектов различного назначения.
6. На основе полученных в работе результатов разработана и внедрена в учебную и инженерную практику Web-ориентированная схемотехническая САПР Web-Simulation of Electronic Circuits (Web-SimulaEC), обеспечивающей моделирование линейных электронных схем, включающих RCL-компоненты, все виды зависимых источников, биполярные транзисторы, полевые транзисторы и операционные усилители.

**Список опубликованных работ по теме диссертации**

*Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:*

***Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:***

1. Ларистов Д.А. Метод репликации данных [Текст] / Гусев А.Е., Ларистов Д.А. // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии» – 2006. – №2 – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», – С. 24-28.

2. Ларистов Д.А. Архитектура схмотехнических САПР со встроенным браузером [Текст] / Гридин В.Н., Анисимов В.И., Ларистов Д.А. // Автоматизация в промышленности – 2009. – №11. – С. 52-55.

***Другие статьи и материалы конференций:***

3. Ларистов Д.А. Построение встроенного WEB-интерфейса в системах автоматизации проектирования [Текст] / Анисимов Д.А., Ларистов Д.А. // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), сер. «Информатика, управление и компьютерные технологии» – 2007. – №2 – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», – С. 63-66.

4. Ларистов Д.А. Использование WEB-интерфейса в прикладных программных системах экологического мониторинга [Текст] / Анисимов Д.А., Ларистов Д.А. // Труды 5-ой международной конференции “Приборостроение в экологии и безопасности человека”.– СПб., ГУАП, 31.01 – 02.02 2007. – С. 286–288.

5. Ларистов Д.А. Доступ к Web-ресурсам в САПР систем навигации и управления [Текст] / Анисимов Д.А., Ларистов Д.А. // Труды IX конференции молодых ученых “Навигация и управление движением”.– СПб., 13 – 15.03 2007. – С. 9.

6. Ларистов Д.А. Сравнительная оценка Java-технологий [Текст] / Анисимов Д.А., Ларистов Д.А. // Материалы XIII международной конференции “Современное образование: содержание, технологии, качество”. Том 1. – СПб., СПбГЭТУ, 19.04.2008. – С. 134-136.

7. Ларистов Д.А. Применение WEB-технологий при построении систем автоматизированного проектирования [Текст] / Ларистов Д.А. // Материалы XIV международной конференции “Современное образование: содержание, технологии, качество”. Том 1. – СПб., СПбГЭТУ, 23.04.2008. – С. 225.

8. Ларистов Д.А. Архитектура Web-ориентированных систем автоматизированного проектирования [Текст] / Ларистов Д.А. // Материалы XV международной конференции “Современное образование: содержание, технологии, качество”. Том 1. – СПб., СПбГЭТУ, 22.04.2009. – С. 122-124.