

На правах рукописи

Мохаммед Хуссейн Ахмед Аль-Шами

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ
БАЗЫ ДАННЫХ СЕАНСА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ
СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ САПР

Специальность: 05.13.12 - Системы автоматизации проектирования
(промышленность)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2014

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ)» на кафедре систем автоматизированного проектирования (САПР).

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор кафедры САПР СПбГЭТУ, Анисимов Владимир Иванович.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, технический директор и руководитель обособленного подразделения САПР Санкт-Петербургского филиала ООО «Эремекс» Лузин Сергей Юрьевич;

кандидат технических наук, инженер-конструктор 1 категории ООО «НПЦ “Гранит”» Крупенко Денис Александрович.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

Защита состоится 23 апреля 2014 г. в 15-00 на заседании диссертационного совета Д 212.238.02 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5, ауд. 1154.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина).

Автореферат разослан 19 февраля 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.238.02
к.т.н., доцент

_____ /Н.М. Сафьянников/

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Развитие и массовое применение глобальных сетевых технологий в различных областях способствовали внедрению Интернет-среды в инфраструктуру современных промышленных предприятий, разрабатывающих и производящих радиоэлектронную аппаратуру. С другой стороны, существующая система локального использования инструментальных систем на каждом рабочем месте достаточно дорога для предприятия, негибка, требует значительных затрат на приобретение большого количества лицензий и временных затрат на инсталляцию и настройку программного обеспечения. При таком подходе затрудняется также организация коллективной работы над проектами и передача проектных данных между подразделениями предприятия.

В этой связи возникает задача эффективного использования САПР в новых условиях, дающих значительные преимущества для организации удаленного автоматизированного процесса проектирования распределенным коллективом разработчиков. Кроме того, достаточно большое число современных предприятий работают в нескольких отделениях, а иногда и на разных континентах. Сотрудники таких предприятий, используя Интернет-технологии, могут всегда оставаться в рабочем процессе, иметь доступ к корпоративной информации, принимать решения, выполнять свою повседневную работу без каких-либо ограничений.

В области разработки и применения технологий автоматизированного проектирования в инженерной практике в настоящее время наметились две тенденции. Первая связана с созданием и внедрением нового класса Web-ориентированных САПР, имеющих распределенную структуру и обеспечивающих выполнение основных проектных операций на корпоративном Web-сервере САПР и управление ходом проектирования с клиентской рабочей станции посредством интернет-браузера.

Вторая перспективная тенденция базируется на переносе локальных приложений САПР и средств хранения проектных данных в корпоративную сеть и организации процесса автоматизированного проектирования на основе распределенных вычислений. Общей проблемой при реализации перечисленных подходов является реорганизация информационного обеспечения САПР на основе технологий баз данных в соответствии с требованиями, предъявляемыми новой Интернет-средой выполнения проектных процедур.

Главными направлениями работ в этой области являются: исследование и анализ существующих способов организации информационного обеспечения САПР; разработка новых моделей и методов хранения проектных данных на основе технологий БД; создание эффективных инструментальных средств для централизованного хранения и организации удаленного доступа к информационным ресурсам САПР в сети Интернет.

При этом основным компонентом, информационного обеспечения, требующим значительной перестройки, является база данных сеанса проектирования (БДСП) САПР, которая должна обеспечить выполнение ряда новых операций в условиях Интернет-среды, а именно:

- обеспечить оперативный доступ из рабочей станции к централизованным библиотекам схемных компонентов;
- предоставить возможность сохранения на Web-сервере текущих проектных данных, полученных в результате моделирования, и последующего их использования в рамках следующего сеанса проектирования;
- сформировать единый архив проектных решений, доступный для всех пользователей САПР;
- обеспечить автономный режим работы вне САПР с целью дополнительной обработки проектных данных и получения требуемой документации (спецификации, карты режимов и др.);
- выполнить протоколирование сеансов доступа пользователей САПР к базам данных и изменений, вносимых в проектные данные.

Таким образом, актуальность темы определяется необходимостью исследования и разработки новых подходов и методов построения информационного обеспечения процесса автоматизированного проектирования на основе технологий баз данных для повышения эффективности использования САПР в сети Интернет.

Предметом исследования является информационное обеспечение Web-ориентированных САПР, построенное на основе технологий баз данных.

Объектом исследования диссертационной работы является организация получения и хранения проектных данных, созданных с помощью схемотехнических САПР в среде Интернет.

Цели и задачи исследования

Цель работы - исследование и разработка информационного обеспечения схемотехнических САПР для организации базы данных сеанса проектирования, ориентированной на централизованное хранение и распределенный доступ к проектным данным в сети Интернет.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие ***основные научные и практические задачи***:

1. Выполнить анализ и систематизацию информационного обеспечения современных схемотехнических САПР и определить состав и структуру локальных проектных данных, получаемых в рамках сеанса проектирования;
2. Выработать требования к реорганизации информационного обеспечения схемотехнических САПР с учетом переноса проектных данных в Интернет-среду;
3. Провести сравнительный анализ методов построения информационного обеспечения Web-ориентированных прикладных программных систем и разработать архитектуру базы данных сеанса

проектирования для схмотехнических САПР, эксплуатируемых в сети Интернет;

4. Разработать инфологические и даталогические модели данных (схемы базы данных) для централизованного хранения информации о сеансе проектирования и организации подсистемы коллективной работы над проектами на основе приложения базы данных с Web-интерфейсом.

5. Реализовать полученную схему данных в среде защищенной универсальной СУБД и разработать Web-ориентированную подсистему ведения БДСП, позволяющую повысить эффективность использования большинства современных схмотехнических САПР в сети Интернет.

Основные методы исследования: В ходе диссертационного исследования были использованы модели и методы математического моделирования схемных компонентов, методы теории САПР, методы построения Web-ориентированных схмотехнических САПР, теория баз данных. Экспериментальные разработки информационного и программного обеспечения САПР выполнялись на основе СУБД Oracle 9i и MSVisualStudio2010.

Достоверность научных результатов

Подтверждается основными положениями общей теории САПР, теории моделирования, корректностью применяемого математического аппарата, и результатами, полученными при тестировании созданной Web-ориентированной базы данных сеанса проектирования DB-Session в среде СУБД Oracle 9i и MSVisualStudio 2010.

Новые научные результаты

1. Показано, что для обеспечения информационных потребностей Web-ориентированных схмотехнических САПР, необходимо построение виртуальной машины баз данных, содержащей БДСП и работающей под управлением соответствующих облачных служб.

2. Разработана универсальная открытая архитектура Web-ориентированной БДСП, включающая хранилище проектных файлов и таблицы реляционной БД. Определен состав и структура серверного управляющего Web-приложения БДСП.

3. Исследована и разработана усложненная иерархическая ER-модель “сущность-связь” для схемных компонентов с выделением супертипов и подтипов сущностей, которая может использоваться при проектировании баз данных сложных технических объектов различного назначения.

4. Предложена методика учета математических зависимостей между параметрами моделей схемных компонентов различного уровня на основе дополнения “классической” ER-диаграммы специальным графическим символом, используемым в блок-схемах программ и алгоритмов для обозначения типового процесса.

5. Разработан подход к реализации математических зависимостей в БДСП на основе механизма хранимых процедур, позволяющий вынести из программного кода системы соответствующие вычисления и обеспечить

выполнение принципа открытости БД.

6. Разработана методика реализации информационного обеспечения Web-ориентированных схмотехнических САПР на основе базы данных сеанса проектирования, обеспечивающей возможность организации сеансов коллективной работы над проектом в сети Интернет.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Универсальная открытая архитектура Web-ориентированной базы данных сеанса проектирования схмотехнических САПР.

2. Полная обобщенная ER-диаграмма предметной области для БДСП, учитывающая иерархическую структуру проектов в схмотехнических САПР, наличие математических зависимостей между отношениями и возможность организации сеансов коллективной работы над проектом в сети Интернет.

3. Методика реализации информационного обеспечения Web-ориентированных схмотехнических САПР на основе базы данных сеанса проектирования.

Практическая ценность

1. Разработанная универсальная открытая архитектура Web-ориентированной БДСП может служить основой для построения информационного обеспечения Web-ориентированных схмотехнических САПР.

2. Усложненная иерархическая ER-модель “сущность-связь” для схемных компонентов с выделением супертипов и подтипов сущностей может быть распространена на семантическое описание сложных технических объектов различного назначения.

3. Применение разработанной БДСП в инженерной практике повышает эффективность использования САПР в сети Интернет и дает возможность хранения на Web-сервере текущих проектных данных, полученных в рамках сеанса проектирования, и последующего их использования в рамках следующего сеанса проектирования.

4. Разработанное информационное обеспечение схмотехнических САПР содержит инвариантное Web-ориентированное ядро, которое может быть основой для построения широкого класса Web-ориентированных систем.

Реализация и внедрение результатов

На основе полученных результатов разработана Web-ориентированная база данных сеанса проектирования DB-Session для схмотехнических САПР. Использование БДСП DB-Session в инженерной практике позволяет обеспечить: коллективную работу пользователей САПР в сети Интернет над общим проектом; архивное хранение проектов; повторное применение результатов проектирования при разработке новых схем; автономное использование проектных данных для выпуска документации.

Результаты диссертационной работы использовались в госбюджетных НИР по теме «Разработка моделей и методов анализа и синтеза интеллектуальных систем поддержки принятия решений для управления

сложными распределенными объектами» (шифр САПР-47 тем.плана СПбГЭТУ 2011 г.) и по теме «Математико-логические основы построения сред виртуальных инструментов» (шифр САПР-49 тем. плана СПбГЭТУ 2012-2013 гг.)

Результаты диссертации используются в учебном процессе кафедры САПР Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) для изучения методики построения программного обеспечения Web-ориентированных систем автоматизированного схемотехнического проектирования при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника».

Апробация работы

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- международные научно-технические конференции 2012-2013 гг. «Информационные технологии и математическое моделирование систем». - М.: ЦИТП РАН.
- XVI-ая международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM 2013). – СПб.
- XIX-ая международная конференция «Современное образование: содержание, технологии, качество». – СПб., СПбГЭТУ.
- 60, 61, 63-ая научно-технические конференции профессорско-преподавательского состава СПбСГЭТУ.

Публикации

Основное теоретическое и практическое содержание диссертации опубликовано в 7 научных работах, в числе которых 3 статьи в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК к опубликованию основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, 4 работы – в материалах международных конференций.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 70 наименований. Основная часть диссертации изложена на 116 страницах машинописного текста и содержит 38 рисунков и 12 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 структуры информационного обеспечения современных схемотехнических САПР и рассматриваются вопросы использования технологий баз данных для хранения информационного фонда САПР.

Совокупность данных, используемых всеми подсистемами САПР, составляет информационный фонд (ИФ) 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.

С точки зрения организации хранения информационного фонда и способов управления информацией предложен универсальный способ ведения информационного фонда САПР на основе *специализированных и универсальных СУБД*. Данный способ является наиболее общим и позволяет: произвести структурирование данных в виде удобном для проектировщика; выделить коллективно-используемые данные и сформировать централизованный информационный фонд САПР; обеспечить поиск нормативно-справочной и проектной документации. Кроме того, при таком способе хранения данных обеспечивается централизованное копирование и восстановление данных, разграничение доступа к данным, возможность доступа к данным в сети Интернет. Универсальность данного подхода позволяет использовать СУБД для хранения практических всех составляющих информационного фонда САПР.

В диссертации показано, что в зависимости от назначения информации можно выделить следующие блоки ИФ схемотехнических САПР:

Блок А - Исходные данные, включающие: информацию о структуре проектируемой схемы и ее внешних выводах; параметры определяющие задание на моделирование схемы и условия выполнения проектных операций и процедур.

Блок В - Информация о структуре моделей схемных компонентов, входящих в состав схемы и значениях параметров их моделей.

Блок С - Выходные данные, являющиеся результатом выполнения проектной процедуры или операции (результаты расчетов). Эти данные обновляются для каждой проектируемой схемы.

Перечисленные составляющие ИФ присутствуют во всех схемотехнических САПР при этом структура данных, способ их организации и способ доступа к блокам информационного фонда могут значительно отличаться в различных системах. При переходе к организации ИФ на основе технологий баз данных, необходимо проанализировать составляющие информационного обеспечения наиболее распространенных схемотехнических САПР и на основе анализа разработать обобщенные модели данных для всех блоков ИФ.

Большинство современных радиоэлектронных САПР используют в процессе работы файловую организацию информационного обеспечения. При

таком подходе в рамках сеанса проектирования образуется некоторая совокупность файлов различного назначения. Для перехода к организации ИО на основе технологии БД необходимо проанализировать назначение, содержание и внутреннюю структуру используемых файлов и сформировать требования к их хранению в составе БДСП.

В диссертации исследована структура информационного обеспечения наиболее известных схемотехнических САПР: DesignLab фирмы MicroSim (Cadence) и Система Micro-Cap фирмы SpectrumSoftware.

В процессе ввода принципиальной схемы и моделирования в системе DesignLab создается поименованная совокупность согласованных файлов, относящихся к проектируемому электронному узлу, и объединенных под общим логическим именем. Такая совокупность файлов образует рабочее пространство **Workspace<Name>** и представляет собой *частное проектное решение* или *проект*. В дальнейшем для краткости будем использовать для обозначения рабочего пространства **Workspace<Name>** термин **Проект-<Name>**.

В процессе ввода описания схемы в системе Micro-Cap используются различные библиотеки моделей схемных компонентов, которые представлены в виде текстовых файлов с расширением **lib**. После процедуры ввода имеется возможность сохранить описание схемы в текстовом формате, при этом образуется файл **<name>.cir**. Результаты моделирования сохраняются в двух файлах: текстовый файл результатов **<name>.ano** (формируется для каждой проектируемой схемы и может быть сохранен); текстовый файл **mcap.dat** (содержит результаты моделирования во внутреннем формате системы и используется для построения графиков).

Таким образом, наиболее общей формой хранения данных в схемотехнических САПР является проект (рабочее пространство), который имеет иерархическую структуру и определяет состав файлов, относящихся непосредственно к проектируемой схеме и ссылки на общесистемные файлы. В этом случае задача создания БДСП сводится к организации централизованного хранения файлов проекта на Web-сервере информационных ресурсов САПР и обеспечению защищенного доступа пользователей к проектным данным.

Во второй главе проведен анализ архитектур распределенных схемотехнических САПР, сформированы требования к построению БДСП и предложена архитектура Web-ориентированной базы данных сеанса проектирования.

Перемещение производственных систем (CAD, CAE, PLM,...), используемых в процессе проектирования, разработки технологий и производства радиоэлектронной аппаратуры, в Интернет-среду может развиваться в следующих направлениях:

- создание нового класса распределенных прикладных систем на основе Web-технологий;
- перенос в Интернет существующих приложений и средств хранения

данных с использованием облачных технологий.

Показано, что применительно к схемотехническим САПР каждое из направлений имеет значительные различия и особенности. Однако общим для решения данной проблемы является процесс перестройки информационного обеспечения САПР на платформу баз данных. При этом в рамках каждого направления накладываются определенные ограничения и требования к построению базы данных и реализации специализированной СУБД.

Наиболее эффективным является реализация интегрированных систем автоматизированного проектирования на основе Web-сервисов, позволяющих приложениям взаимодействовать друг с другом независимо от платформы, на которой они развернуты, а также от языка программирования. Web-сервисы базируются на XML-стандарте и являются слабосвязанными компонентами программного обеспечения, доступными для пользователя через стандартные интерфейсы и Интернет-протоколы. При таком подходе возможна интеграция разнородных систем, автоматизирующих различные этапы проектирования сложных технических объектов и имеющих принципиально различные математические модели объектов проектирования и методы их описания. Основная проблема при реализации данного подхода заключается в разработке интерфейсов и взаимодействий на основе XML, объединяя любой тип приложения с другим приложением, и предоставляя свободу изменения и развития с течением времени до тех пор, пока поддерживается соответствующий интерфейс.

Выбор соответствующего подхода при переходе к Web-ориентированным технологиям автоматизированного проектирования во многом зависит от имеющегося прототипа САПР, который планируется перенести в Интернет-среду. При этом основные трудности возникают в случае необходимости модернизации проектирующего ядра САПР, т.к. оно содержит реализацию основных математических методов моделирования и наименее подвержено каким-либо изменениям.

Показано, что одной из главных задач при проектировании информационного обеспечения Web-ориентированных схемотехнических САПР является построение базы данных сеанса проектирования, размещаемой на сервере Интернет-ресурсов САПР. При этом основными требованиями к составу данных и алгоритму функционирования БДСП являются:

- обеспечение сеансов коллективной работы пользователей САПР в сети Интернет над общим проектом, выполняемым в САПР;
- наличие оперативного доступа к библиотекам схемных компонентов и файлам текущего проекта;
- возможность сохранения на Web-сервере Интернет-ресурсов САПР текущих проектных данных, полученных в рамках сеанса проектирования, и последующее их использование в рамках следующего сеанса проектирования;

- хранение в БДСП полной информации о моделях схемных компонентов и формульных зависимостях параметров и характеристик моделей от координат рабочих точек компонентов в проектируемой схеме;
- наличие подсистемы авторизации и разграничения прав пользователей САПР;
- возможность автономного режима работы (вне САПР) с целью дополнительной обработки результатов проектирования и выпуска проектной документации;
- протоколирование сеансов доступа пользователей САПР к базам данных и изменений, вносимых в проектные данные;
- универсальность и открытость БДСП к использованию с различными классами схемотехнических САПР;
- обеспечение защищенности и сохранности проектных данных.

Выше перечисленные требования необходимо учитывать, как на этапе разработки концептуальных моделей данных, так и на этапе формирования общей архитектуры БДСП.

На основе анализа современных подходов и методов построения схемотехнических систем автоматизированного проектирования и состава информационного фонда, рассмотренных выше, автором предлагается обобщенная архитектура Web-ориентированной базы данных сеанса проектирования САПР, представленная на рисунке 1.

В состав системы входят следующие *элементы проектных данных*:

Хранилище проектов, предназначенное для хранения файлов проекта с учетом иерархических связей между файлами. Дополнительно в хранилище размещаются файлы библиотек схемных компонентов, используемых в проектах. Для обеспечения секретности файлов желательно выполнять операцию шифрования файлов перед помещением их в хранилище.

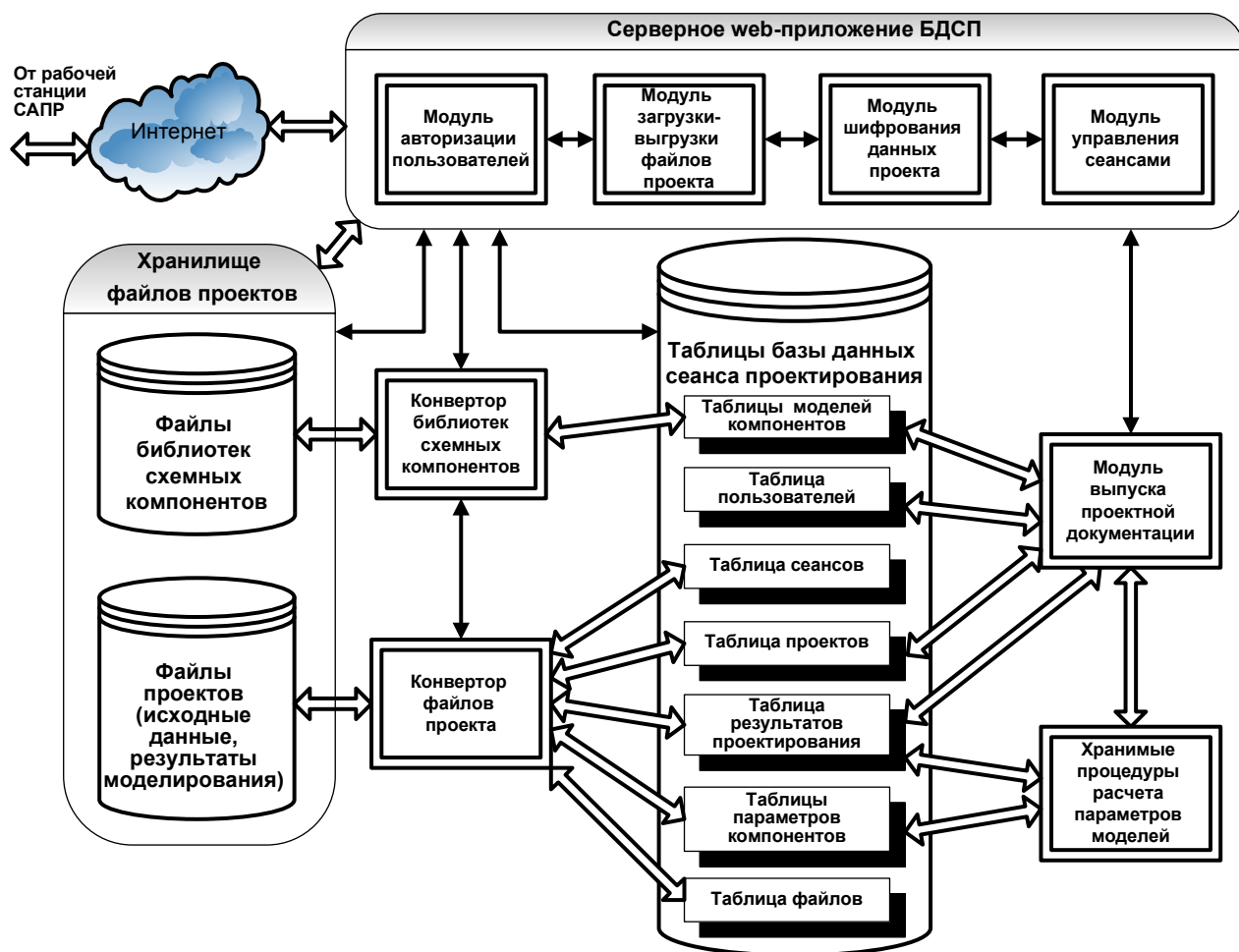


Рисунок 1. Архитектура Web-ориентированной БДСП.

Таблицы база данных сеанса проектирования. БДСП построена на основе реляционной модели данных и содержит связанную совокупность таблиц, ориентированных на хранение информации о следующих объектах, участвующих в автоматизированном проектировании: пользователи САПР; проекты; файлы проекта; сеансы проектирования; результаты проектирования; параметры моделей компонентов в моделируемой схеме; модели компонентов, используемых в схеме.

Основные функции по ведению БДСП выполняет *серверное Web-приложение*, включающее следующие модули:

Модуль авторизации пользователей – предназначен для регистрации и входа пользователя САПР в среду БДСП с определенным набором прав и полномочий.

Модуль загрузки-выгрузки файлов проекта – служит для обмена проектными данными с проектирующей подсистемой и с графическими приложениями САПР, размещенными на рабочей станции.

Модуль управления сеансами – используется для реализации функций управления БДСП, учета работы пользователей над определенными проектами и фиксации событий, связанных с выполнением проектных операций в САПР.

Модуль шифрования данных проекта – обеспечивает секретность и защищенность проектных данных.

Конвертор библиотек схемных компонентов – предназначен для преобразования текстовой информации из файла библиотек в БДСП и обратно.

Конвертор файлов проекта – выполняет необходимые преобразования результатов проектирования в реляционные таблицы базы данных.

Модуль выпуска проектной документации – служит для дополнительной обработки результатов проектирования и выпуска документации в соответствии с требованиями ГОСТ.

Хранимые процедуры расчета параметров – реализуют необходимые вычисления для формирования проектной документации на основании информации о параметрах моделей и режимах работы компонентов в проектируемой схеме.

Особенностью предложенной архитектуры является открытость системы к различным изменениям внешних интерфейсов, связанных с возможностью использовать различные классы Web-ориентированных схмотехнических САПР. Все необходимые изменения структуры данных, связанные с настройкой БДСП на новый тип САПР, сосредоточены в модулях-конверторах и в теле хранимых процедур.

В третьей главе рассматриваются модели данных для Web-ориентированной базы данных сеанса проектирования.

Наибольший интерес вызывают модели данных, используемые на *концептуальном уровне (схемы данных)*. По отношению к ним *внешние модели* называются *подсхемами* и используют те же абстрактные категории, что и концептуальные модели данных.

Кроме концептуального и внешнего уровней абстракции, при проектировании БД рассматривают еще один уровень, который предшествует им. Модель этого уровня отражает информацию о *предметной области* в виде, который не зависит от используемой СУБД. Эти модели называются *инфологическими*, или *семантическими*. Они отражают в естественной и удобной для разработчиков форме информационно-логический уровень абстрагирования, связанный с фиксацией и описанием объектов предметной области, их свойств и их взаимосвязей.

В диссертации для построения семантических моделей данных сеанса проектирования предложено использовать одну из наиболее популярных *семантических моделей данных* – модель «*Сущность-Связь*» (часто ее называют кратко *ER-моделью* от Entity-Relationship). 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 объект проектирования может иметь различное семантическое описание, что приведет к расщеплению сущностей ER-модели на несколько иерархических уровней. При этом возникает иерархия наследования (или иерархия категорий), что представляет собой особый тип объединения сущностей, которые имеют общие характеристики.

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.

Математические зависимости между экземплярами сущностей могут быть учтены в БДСП двумя способами. Первый способ предполагает реализацию соответствующих формул на уровне программных модулей системы. Такой подход используется в большинстве современных САПР и отличается простотой выполнения. Недостатком данного способа является закрытость соответствующего программного кода и невозможность его модификации для учета дополнительных эффектов и зависимостей, вносимых в модели пользователем САПР.

Более гибким подходом является предлагаемая автором реализация формульных зависимостей с помощью механизма *храняемых процедур*. В этом случае все математические вычисления производятся непосредственно в базе данных. Код храняемых процедур содержит инструкции и операторы расширенного подмножества языка SQL и легко трансформируется в соответствии с требованиями пользователя. При таком способе возможна дополнительная обработка результатов моделирования, например, построение различных графических зависимостей (вольт-амперных характеристик и др.), иллюстрирующих поведение компонента в проектируемой схеме.

На основе частных моделей данных для описания схемных компонентов в диссертации была разработана полная обобщенная модель данных для БДСП. При построении полной обобщенной модели данных необходимо учесть информацию о всех объектах предметной области и их связях. К таким объектам, помимо моделей схемных компонентов, относятся: пользователи БДСП (*Users*), проекты (*Projects*), сеансы проектирования (*Sessions*), файлы проектов (*Files*), права пользователей (*Rights*).

Сущности и связи между ними для всех рассмотренных объектов приведены на полной ER-диаграмме, разработанной автором и изображенной на рисунке 2. Основным типом связей между сущностями является связь один ко многим. Исключение составляет связь между сущностями *Cmp_Work_Point_i* и *Cmp_Model_Ln_i*, которая соответствует типу один одному. Такой тип связи объясняется однозначным соответствием координат

рабочих точек и параметров линейных моделей каждому компоненту проектируемой схемы.

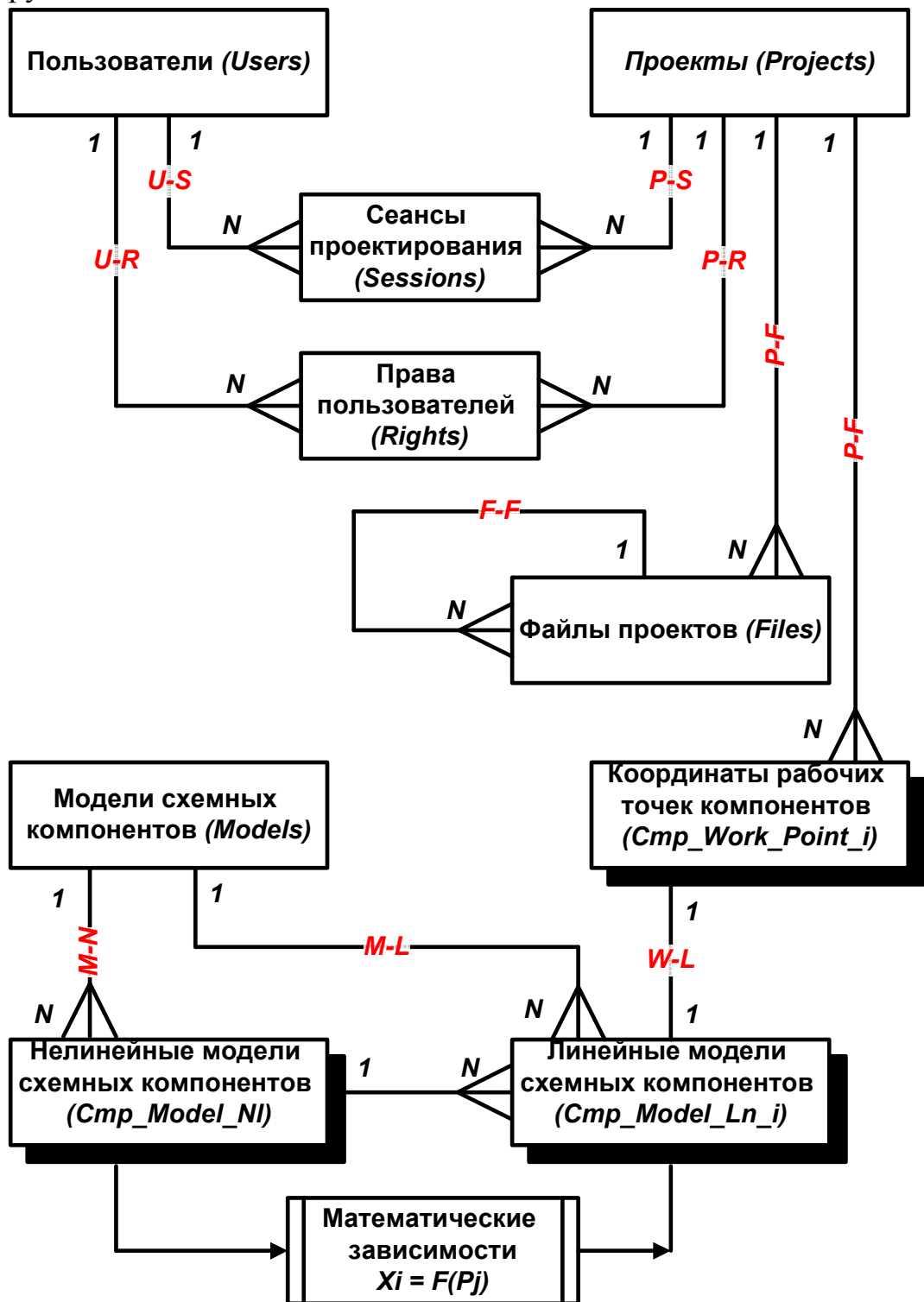


Рисунок2. Полная обобщенная ER-диаграмма для БДСП.

В четвертой главе рассматриваются возможные варианты реализации архитектуры БДСП, основывающиеся на клиент-серверных технологиях. Дается обзор современных универсальных СУБД и делается выбор в пользу промышленной СУБД Oracle 9i.

Автором выполняется построение схемы данных информационного обеспечения Web-ориентированных схмотехнических САПР на основе моделей, предложенных в главе 3. Подробно описываются разработанная структура программного обеспечения БДСП DB-Session, ориентированного на применение совместно с САПР OrCADPSpiceA/D. Даются примеры реализации отдельных модулей Web-приложения. Приводятся тексты разработанных автором хранимых процедур, реализующих математические зависимости между параметрами моделей схемных компонентов.

В заключительной части главы рассмотрен процесс проектирования электронной схемы в среде Web-ориентированной САПР с использованием разработанной БДСК DB-Session.

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

Основные результаты работы

1. Разработаны варианты архитектур Web-ориентированной схмотехнической САПР, построенные на основе клиент-серверных технологий. Показано, что для обеспечения информационных потребностей САПР, необходимо построение Web-ориентированной базы данных сеанса проектирования.

2. Предложена универсальная открытая архитектура Web-ориентированной БДСП, включающая хранилище проектных файлов и таблицы реляционной БД, отличающаяся наличием настраиваемых интерфейсных модулей и использованием механизма хранимых процедур.

3. Исследована и разработана усложненная иерархическая ER-модель “сущность-связь” для схемных компонентов с выделением супертипов и подтипов сущностей, учитывающая наличие математических зависимостей между параметрами моделей компонентов различных уровней.

4. Предложена методика, обеспечивающая выполнения принципа открытости БДСП на основе использования механизма хранимых процедур для реализации математических зависимостей.

5. Разработана и протестирована рабочая версия БДСП DB-Session на основе технологий СУБД Oracle 9i и ASP.NET., обеспечивающая организацию сеансов коллективной работы пользователей над проектом в сети Интернет.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Аль-Шахи Мохаммед. Модель предметной области для базы данных схемных компонентов схмотехнической САПР [Текст] / Анисимов В.И., Гридин В.Н., Ларистов А.И. // Информационные технологии – 2013. – №9 – С. 28-31.

2. Аль-Шахи Мохаммед. Web-ориентированная база данных сеанса проектирования [Текст] / Анисимов В.И., Гридин В.Н., Ларистов А.И.// Информационные технологии и вычислительные системы – 2013. – №3. – С. 40-45.

3. Аль-Шахи Мохаммед. Архитектура базы данных сеанса проектирования для схемотехнических САПР [Текст]// Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – 2014. – №1. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,– 2014. – №1. – С. 27-32.

Другие статьи, материалы конференций и зарегистрированные программы:

4. Аль-Шахи Мохаммед. Организация информационного обеспечения Web-ориентированной САПР[Текст] / Анисимов В.И., Ларистов А.И //Труды международной научно-технической конференции 2012 «Информационные технологии и математическое моделирование систем» – М.: ЦИТП РАН, 2012, – С. 47-49.

5. Аль-Шахи Мохаммед. Использование Web-ориентированной базы данных сеанса проектирования для дистанционного обучения [Текст]// Материалы XIX международной научно-технической конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество». Том 1. – СПб., СПбГЭТУ, 24.04.2013. – С. 147-148.

6. Аль-Шахи Мохаммед. Инфологические модели сложных объектов проектирования для САПР [Текст]//Материалы XVI международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM 2013). – СПб., 23-25.06.2013. – С. 89-91.

7. Аль-Шахи Мохаммед. Реализация Web-ориентированной базы данных сеанса проектирования для схемотехнической САПР[Текст] /Ларистов А.И. //Труды международной научно-технической конференции 2013 «Информационные технологии и математическое моделирование систем» – М.: ЦИТП РАН, 2013, – С. 48-50.