

На правах рукописи

ДМИТРИЕВА Валентина Викторовна

РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ «ЭЛЕКТРОФИЗИКА»

Специальность 05.13.01 – системный анализ, управление и
обработка информации (в информационных системах)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Автор:



Москва 2012 г.

Работа выполнена
в Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ»

- Научный руководитель: член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор
Диденко Андрей Николаевич
- Официальные оппоненты: Московский государственный горный университет профессор кафедры
«Системы автоматизированного проектирования», доктор технических наук
Петров Андрей Евгеньевич
- Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» кандидат
технических наук, руководитель группы «Интернет»
Храмцов Павел Брониславович
- Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт системного анализа РАН

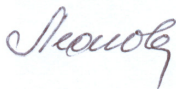
Защита состоится «30» мая 2012 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.130.03 при Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» по адресу 115409, г. Москва, Каширское шоссе, дом 31.

Телефон: +7(499) 323-96-26, +7(499)324-84-98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».

Автореферат разослан: «26» апреля 2012 г.

*Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент*



Леонова Н.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Необходимость компьютеризации в образовании признана приоритетным направлением развития образовательной системы Российской Федерации, одобренным на заседании Правительства Российской Федерации 9 декабря 2004 г. (протокол № 47, раздел I) и неоднократно отмечено в выступлениях Президента России. Разработана федеральная программа «Развитие единой образовательной информационной среды» (ФЦП РЕОС), однако где и как применять современные информационные технологии, каким образом оценить степень их целесообразности, а также возможность избежать негативных последствий является наиболее сложной частью решения этой задачи. Несмотря на большое количество публикаций и создание множества программных систем для организации поддержки обучения (количество которых стремительно растет), значительного влияния на традиционный процесс обучения они не оказывают.

Работы по включению компьютерных технологий в образовательный процесс ведутся уже более сорока лет. Тем не менее, в последнее время появился ряд новых факторов, которые начинают оказывать все большее влияние на требования, предъявляемые к разрабатываемым информационно-образовательным средам. К их числу относится, прежде всего, создание национальных исследовательских университетов, реализующих уровневую подготовку специалистов. Здесь необходимо использовать информационные технологии для обеспечения как учебно-методической, так и научной составляющей подготовки. Поэтому в состав такой среды должны быть введены модули, поддерживающие проведение научных исследований и реального проектирования. Далее, поскольку исследовательские университеты предоставляют возможность получения качественного образования и для удаленных территорий, обязательным является наличие развитой дистанционной формы обучения. Подготовка магистров, как правило, осуществляется в области высокотехнологичных разработок, что обуславливает возможность исследования сложных объектов методами информационных технологий. И, наконец, информационно-образовательные среды должны содержать средства оценивания текущих компетенций большого количества обучаемых, которые предназначены для

информационной поддержки профессиональной деятельности преподавателей, осуществляющих учебный процесс и исследовательскую деятельность студентов.

Перечисленные факторы указывают на необходимость проведения новых исследований в области разработки распределенных информационных научно-образовательных сред, удовлетворяющих перечисленным выше требованиям. Этим определяется **актуальность** диссертационной работы.

С зарождения электрофизики как направления технической физики, большинство актуальных задач, связанных с разработкой и эксплуатацией электрофизических установок (измерение параметров пучков в ускорителях, контроль и управление ускорителями и т.д.) были связаны с использованием компьютерных технологий. Развитие этого научно-технического направления, а также подготовка специалистов связаны с востребованностью в данной предметной области.

Круг применения таких установок чрезвычайно широк как в научных исследованиях, так и в промышленности. Эти установки составляют основу быстро развивающейся высокотехнологичной отрасли здравоохранения – ядерной медицины. Эффективность функционирования ядерно-медицинского оборудования требует привлечения высококвалифицированного персонала.

Стремительный рост количества студентов уже сейчас оказывает значительное влияние на развитие образования, а в будущем, по мнению многих исследователей, это влияние будет определяющим.

Результаты, полученные в диссертации, основаны на работах ведущих отечественных и зарубежных специалистов в направлениях электрофизики, разработки мощных импульсных ускорителей, системного анализа и автоматизированных обучающих систем, в числе которых: А.Н.Диденко, Г.А.Месяц, А.А.Глазков, В.Л.Саксаганский, А.Д.Модяев, Н.М.Леонова, В.М.Козлов, Lewis I., Smith I.D., Lotfi Asker Zadeh и другие. Однако применение работ перечисленных авторов потребовало существенной адаптации к решаемым автором задачам и их дальнейшего развития.

В основе диссертации находятся работы, полученные с участием автора при выполнении НИР для Российского Федерального Ядерного Центра - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики Институт Ядерной и Радиационной фи-

зики (РФЯЦ-ВНИИЭФ ИЯРФ) г. Саров и работы по совершенствованию учебного процесса и формированию модели специалиста на выпускающей кафедре «Электрофизические установки» Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (НИЯУ МИФИ).

Целью диссертационной работы является разработка новых принципов и методов построения распределенных информационных научно-образовательных сред и создание программного комплекса, обеспечивающие обучение и проведение проектно-исследовательских работ в области электрофизики.

Для достижения указанной цели решаются следующие задачи:

1. Выбор структуры, состава и перечня функциональных задач, решаемых распределенной информационной научно-образовательной средой.

2. Разработка математических моделей электрофизических установок и процессов, обеспечивающих обучение и проектно-исследовательскую деятельность.

3. Создание виртуальных лабораторий по вакуумной и мощной импульсной технике, поддерживающих интерактивный режим взаимодействия с пользователями.

4. Разработка алгоритмов оценивания компетенций обучаемых методами адаптивного тестирования.

5. Программно-аппаратная реализация распределенной информационной научно-образовательной среды «Электрофизика», средств удаленного доступа и дистанционного обучения на основе системы Moodle.

Объектом исследования являются методы и средства информационной поддержки процессов обучения и проектно-исследовательской деятельности в области электрофизики.

Предметом исследования являются распределенные информационные научно-образовательные среды университетов.

Методы исследования. В работе использованы понятия и методы системного анализа, вычислительной математики, теории графов, теории вероятностей и математической статистики.

Научная новизна заключается в том, что в результате проведенных исследований:

1. Предложена и обоснована новая эшелонно-иерархическая структура распределенной информационной среды, поддерживаю-

щей основные направления подготовки специалистов и магистров, включая учебную и проектно-исследовательскую деятельность.

2. Разработаны новые модели электрофизических установок и процессов, обеспечивающих подготовку специалистов и магистров по данному направлению, вплоть до выпускных работ.

3. Предложены и обоснованы алгоритмы адаптивного тестирования для оценивания текущего уровня знаний обучаемых, использующие два уровня сложности исходных тестов.

4. Разработаны методики интерактивного взаимодействия пользователей с распределенной информационной средой, расширяющие диапазон выполняемых работ до проектно-исследовательской деятельности.

Практическая ценность работы определяется тем, что:

1. В рамках распределенной информационной научно-образовательной среды созданы виртуальные лаборатории, обеспечивающие выполнение как проектно-исследовательских разработок РФЯЦ-ВНИИЭФ ИЯРФ, так и учебно-исследовательских работ для студентов физико-технических специальностей.

2. Созданный информационный ресурс сервера accel.ru используется в НИЯУ МИФИ при выполнении компьютерных практикумов по Информатике и программированию, Вакуумной технике, Мощной импульсной технике.

3. Разработанные и размещенные на сайте accel.ru методические материалы используются в ряде отечественных и зарубежных университетов.

4. Опытная эксплуатация среды дистанционного обучения подтвердила эффективность выполнения проектно-исследовательских работ по электрофизике. В результате ее использования объем изучаемого материала увеличен на 30%.

На защиту выносятся следующие результаты работы:

1. Методика построения распределенных информационных научно-образовательных сред, поддерживающих учебную и проектно-исследовательскую деятельность обучаемых.

2. Модели электрофизических установок и процессов, обеспечивающие изучение дисциплин при выполнении лабораторных практикумов по вакуумной и мощной импульсной технике.

3. Алгоритмы интерактивного взаимодействия с пользователями и адаптивного оценивания уровней компетенции обучаемых.

4. Программно-аппаратный комплекс распределенной информационной научно-образовательной среды «Электрофизика».

Достоверность научных положений, выводов и практических рекомендаций подтверждена экспериментальными исследованиями, практикой опытной эксплуатации и внедрением в учебный процесс НИЯУ МИФИ и проектно-исследовательскую деятельность РФЯЦ-ВНИИЭФ ИЯРФ.

Апробация диссертации.

Основные результаты работ обсуждались на Всероссийских и международных конференциях:

1. Научная сессия МИФИ-2007, XI выставка-конференция.
2. Научная сессия МИФИ-2008, XII выставка-конференция.
3. Научная сессия МИФИ-2009, XIII выставка-конференция.
4. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Информационные технологии на базе свободно-программного обеспечения – 2010.
5. Научная сессия НИЯУ МИФИ-2011.
6. Научная сессия НИЯУ МИФИ-2012.

Сведения о внедрении.

Основные результаты работы, подтвержденные двумя актами о внедрении, использовались:

- в учебном процессе НИЯУ МИФИ;
- при разработке мощных импульсных ускорителей в РФЯЦ-ВНИИЭФ ИЯРФ (г. Саров).

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ, в том числе пять статей в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК.

Структура диссертации.

Диссертация содержит 165 страниц и состоит из введения, четырех глав, заключения и трех приложений. В списках использованных источников указано 147 наименований. Работа иллюстрирована 80 рисунками и четырьмя таблицами.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость выполненной работы.

В первой главе диссертации дан обзор имеющейся литературы по теме исследования и рассмотрены основные этапы внедрения информационных технологий на кафедре Электрофизических установок. Отмечена актуальность использования компьютерной техники с самого зарождения ускорительной техники, как важной инструментальной составляющей электрофизики и в ряде случаев стимулирующих развитие информационных технологий. Представлены наиболее важные задачи и их специфика, связанные с подготовкой специалистов по ускорителям, которые удалось решить благодаря достижениям в сфере современных информационных технологий, в рамках распределенной информационной научно-образовательной среды «Электрофизика».

Рассмотрены базовые принципы и предложена новая структура распределенной информационной научно-образовательной среды «Электрофизика». Среда «Электрофизика» может рассматриваться как трехмерная пространственно-временная иерархическая структура. Базовые элементы верхнего уровня - циклы, набор которых может быть определен как эшелон - относительно независимые, взаимодействующие между собой учебно-научные подсистемы, подчиняющиеся верхней иерархии (эшелон вышестоящего уровня). Следующий уровень эшелонов – дисциплины, реализуемые в циклах и т.п. Эшелонная иерархическая структура имеет временной вектор (сдвиг по времени).

Особенностью эшелонной структуры является представление подсистемам всех уровней определенной свободы в выборе собственных решений, что повышает эффективность функционирования системы. Естественные противоречия в принятии решений разрешаются путем вмешательства эшелона вышестоящего уровня. При этом система, естественно, не теряет своей целостности благодаря взаимозависимости эшелонов.

На рис. 1 представлена иерархическая предметно-ориентированная модель разрабатываемой среды, задающая пять соподчиненных уровней структуры (эшелонов).

1-й уровень – это шесть учебно-научных циклов, определяющие основные научные направления и направления подготовки специалистов по ускорительной тематике:

- Ускорители заряженных частиц (УЗЧ);
- Информационные системы ускорителей (ИСУ);

- Техника сверхвысоких частот (Техника СВЧ);
- Вакуумная техника (ВТ);
- Электронные системы ускорителей (ЭСУ);
- Физическая электроника (ФЭ).

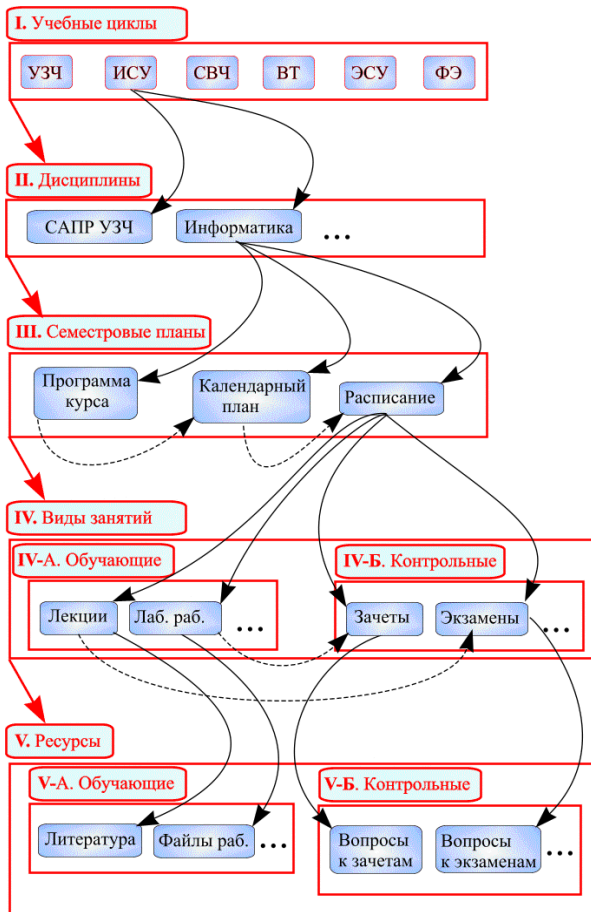


Рис. 1. Иерархическая эшелонная структура среды «Электрофизика»
(на примере цикла ИСУ)

Представлены формальные оценки успешности освоения обучаемым различных направлений подготовки и возможности перехода его на следующий уровень.

$$P_X = [P_0(1) + P(1 \div n) + P(1 \div k)][P_0(2) + P_B(1 \div n) + P_3(1 \div k) + P_X(1 \div k)],$$

где коэффициент доступа в среду выполнения: $P_0(1)$ - в среду практика (по минимальной оценке 0/1 – техника информационной безопасности права доступа к привилегии, расположение информационных ресурсов и т.п.);

$$P_B^0(1 \div n) = \sum_{i=1}^n P_B^0(i);$$

коэффициент допуска к выполнению темы X по минимальной оценке остаточных знаний n базовых курсов (0/1); коэффициент количественной оценки выполнения: $P_0(2)$ – коэффициент освоения среды приложения (0÷100);

$$P_B(1 \div n) = \sum_{i=1}^n P_B(i);$$

коэффициент восстановления остаточных знаний по базовым курсам;

$$P_X(1 \div k) = \sum_{i=1}^k P_X(i);$$

коэффициент восстановления знаний по изученной теме (0÷100).

Средняя оценка по сданной теме:

$$\overline{P}_X = \frac{P_0(2) + P_X(1 \div k) + P_B(1 \div n) + P(1 \div k)}{1 + n + 2k}.$$

Разработана процедура адаптивного тестирования уровня знаний обучаемого с использованием тестовых заданий двух уровней сложности (рис. 2), которая позволяет, по сравнению с классической схемой тестирования, улучшить получаемые оценки.

Здесь величина $P_L^k(i)$ отражает реальный (скрытый, латентный) уровень знаний k -го обучаемого по текущему i -му - разделу (подразделу) изучаемой дисциплины. Параметр $L_T(i, r)$ отражает набор тестовых заданий с уровнем сложности r . При этом выбор необходимого значения уровня сложности определяется в соответствии со степенью успешности изучения k -м обучаемым предыдущего раздела дисциплины $r^k(i-1)$, что и отражает его текущий рейтинг. По результатам текущего тестирования определяется оценка уровня знания обучаемого $P_T^k(i, r(i-1))$. На ее основе классификатор формирует новое значение рейтинга обучаемого $r^k(i)$, которое будет использовано при оценке уровня знаний обучаемого по следующему разделу (подразделу) изучаемой дисциплины.

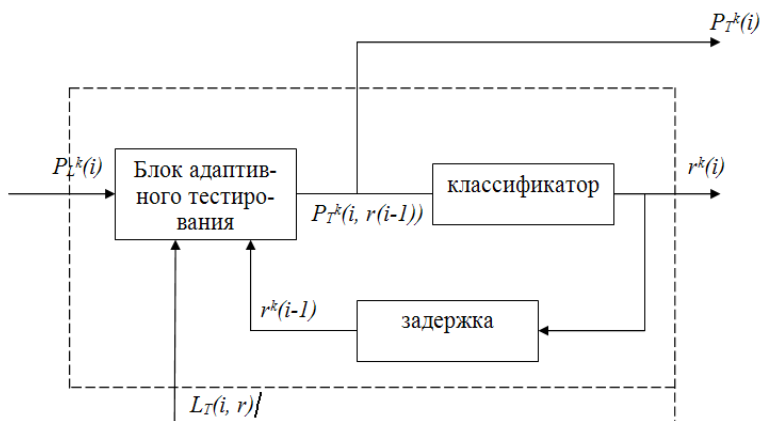


Рис. 2. Структурная схема измерительного устройства с адаптивным тестированием

Во второй главе диссертации описаны мотивации к созданию специализированных виртуальных лабораторий в среде «Электрофизика» и разработанные математические модели.

Создание специализированных компьютерных практикумов по основным электрофизическим циклам - важная и наиболее сложная часть среды «Электрофизика».

Имеется ряд причин, осложняющих проведение полномасштабных натуральных экспериментов на реальных электрофизических устройствах в рамках учебных лабораторий. Эти причины связаны со следующими особенностями устройств: большое многообразие типов ускорителей; громоздкость оборудования; радиационная опасность; высокая мощность и сверхвысокое напряжение; потребность в уникальном (дорогостоящем) оборудовании; длительное время, требуемое для проведения экспериментов.

Компьютерное моделирование и имитация работы отдельных компонент, и целых электрофизических установок является перспективным и в ряде случаев единственным возможным способом решения данной задачи.

Возможности виртуальной экспериментальной установки (которую можно собирать, изменять внутренние параметры, запускать ее в рабочее состояние, обрабатывать и анализировать результаты экспериментов) связаны с интенсивным развитием информацион-

ных технологий. Высокая производительность современных компьютеров и широкий спектр инструментальных программных средств, позволяющих с высокой степенью точности имитировать реальные физические процессы, осуществлять их визуализацию и работу в интерактивном режиме.

Анализ существующего программного обеспечения показал сложность существующих разработок и невозможность их использования в учебном процессе, так как они рассчитаны на использование специалистами в данной области и предназначены, в первую очередь, для анализа и/или синтеза при реальном проектировании.

Математические модели устройств должны быть экономичными и эффективными, так, чтобы можно было обеспечить работу в интерактивном режиме и исключить ситуацию, когда пользователь находится в ожидании завершения работы компьютера (*computers fast as engineer can think*). С другой стороны эти модели должны довольно детально и точно описывать моделируемые физические процессы. Модель виртуальной лаборатории «Электрофизика» может быть представлена в виде взаимосвязанных функциональных блоков (рис. 3), которые по мере необходимости могут изменяться независимо друг от друга.

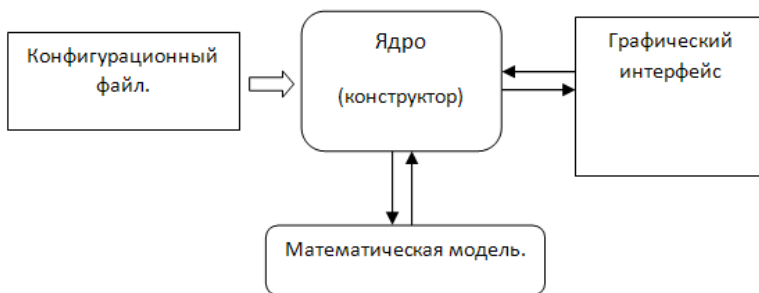


Рис. 3. Модель виртуальной лаборатории

Единственным требованием при внесении изменений является соблюдение принятых межблочных интерфейсов.

Наиболее консервативными составляющими системы (практически независимыми от операционной среды выполнения) являются конфигурационный файл, определяющий структуру установки и его математическое описание (математическая модель). Все ос-

тальные компоненты структуры сильно зависят от уровня информационной технологии и инструментальных средств их разработки.

Вакуумная система является непременным атрибутом любого ускорителя. В связи с этим учебная лаборатория «Вакуумная техника» работает со дня основания кафедры ЭФУ. Это чисто экспериментальная лаборатория, в которой студенты изучают различные средства откачки вакуумных систем, измерения вакуума, методы поиска течей, разновидности течеискания и т.п. Они работают с реальными форвакуумными насосами, разбирают, промывают, собирают и подключают диффузионные насосы, откачивают небольшие учебные вакуумные объемы, устанавливают различные типы вакуумных уплотнений.

Безусловно, в рамках учебной лаборатории, невозможно пройти полный технологический цикл сборки, откачки и исследования динамики процесса работы системы, а также определить парциальный состав газа внутри откачиваемого объема. Реальные вакуумные системы ускорителей могут иметь большую протяжённость, очень сложную структуру, а процедура их откачки (включая прогрев системы) может занимать многие сутки.

В связи с этим, в диссертации была разработана виртуальная лаборатория VVL-2011, моделирующая все компоненты процедуры откачки, а также сборку системы любой сложности и размера. Виртуальная лаборатория явилась логическим продолжением существующего практикума по вакуумной технике.

Математическое моделирование вакуумных систем основано на хорошо известных и традиционно используемых при проектировании вакуумных систем математических моделях дополненных рядом полуаналитических, табличных и экспериментальных данных описывающие процессы откачки, потоки газоотделения и натекания, с учетом особенностей моделей отдельных элементов (насосов, соединительных трубопроводов, вакуумметров и т.п.), являющиеся составной частью разработанной модели.

На рис. 4 представлен обобщенный алгоритм математического моделирования процедуры откачки вакуумной системы (работа в интерактивном режиме).

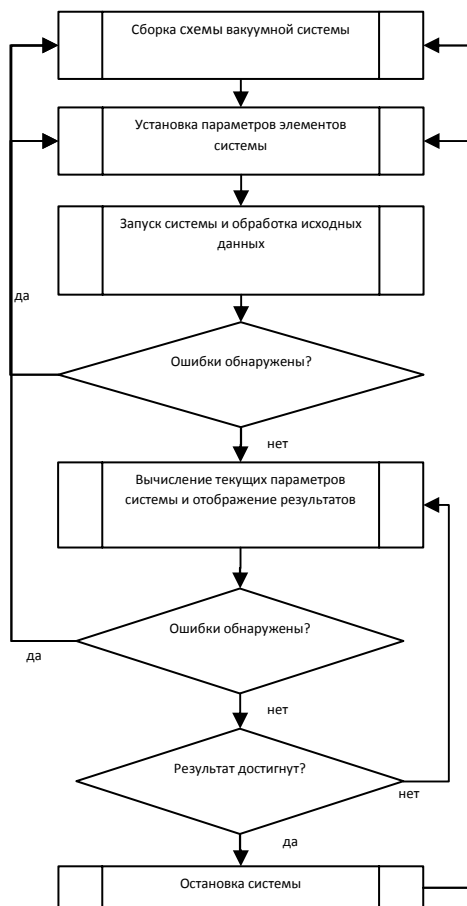


Рис. 4. Обобщенный алгоритм откачки вакуумной системы

Адекватность предложенных моделей подтверждена экспериментальными испытаниями, выполненными ведущими специалистами и преподавателями цикла Вакуумной лаборатории кафедры, имеющих богатый опыт работы с вакуумными системами.

Процесс разработки и технической эксплуатации устройств мощной импульсной техники (МИТ), являющийся важнейшей частью ЭФУ, значительно облегчается при использовании компьютерных программ, моделирующих работу этих устройств. В вирту-

альной лаборатории учебно-научной среды «Электрофизика» представлены основные типы устройств МИТ, а именно:

✓ базовые элементы МИТ, такие как емкостные и индуктивные накопители большой мощности, неоднородные линии передач с распределенными параметрами (ЛРП) с меняющимся по длине волновым сопротивлением и т.д.

✓ устройства ЭФУ универсального назначения – линейные модуляторы и генераторы высоковольтных импульсов с жестким коммутатором, на базе ЛРП и импульсных трансформаторов;

✓ генераторы мощных импульсов нано- и пикосекундного диапазона для получения сильноточных пучков электронов высоких энергий.

Среди математических моделей устройств МИТ, рассмотренных в диссертации, особое место занимают математические модели ЛРП, используемые как формирующие устройства для получения коротких (нс) сверхмощных импульсов напряжения (до 10^6 В) и токов (до 10^3 А). Являясь основой сильноточных импульсных ускорителей, их моделирование представляет серьезную математическую задачу, связанную с решением эволюционных уравнений в частных производных, так называемых телеграфных уравнений. Расчёт и моделирование подобного вида устройств имеют ряд специфических особенностей, не позволяющих использовать традиционные методы теории цепей и получивших в последнее время широкое распространение пакетов прикладных программ по схемотехнике. Для их расчета, в частности, в специализированном пакете САПР, был применен модифицированный метод характеристик, предполагающий решение телеграфных уравнений для отрезков ЛРП с потерями в проводнике и диэлектрике.

Однако метод характеристик, в ряде случаев, представляется избыточным. Для задач экспресс-диагностики подсистем МИТ, связанных с выявлением наличия паразитных параметров на выходе ЛРП, вполне достаточно компактной и быстрой математической модели для решения телеграфных, уравнений, основанной на преобразовании Лапласа

$$\begin{cases} \frac{d\bar{U}}{dx} = -pL\bar{I}; \\ \frac{d\bar{I}}{dx} = -pC\bar{U}, \end{cases}$$

где p – оператор Лапласа, L и C погонная индуктивность и емкость отрезка линии, \bar{U} и \bar{I} функции-изображения напряжения и тока соответственно.

При анализе литературы, посвященной применению преобразования Лапласа к расчетам электрических цепей, авторы обычно ограничиваются обсуждением общих результатов и решениями для простейших случаев (например, чисто активной или чисто реактивной нагрузки линии). Такие модели не позволяют учитывать влияние паразитных параметров в устройствах МИТ. Поэтому в диссертации разработана модель линии, нагрузкой которой может быть любая электрическая цепь первого порядка.

В явном виде получены уравнения для различных типов нагрузок, описывающих различные виды паразитных явлений, встречающихся в ускоряющих диодах сильноточных импульсных ускорителей.

Помимо экспресс-диагностики паразитных параметров ЛРП, такая математическая модель идеально подходит для виртуальных лабораторий, связанных с изучением переходных процессов и формированием импульсов в ЛРП, поскольку в этом случае в качестве нагрузок достаточно рассмотреть простейшие цепи первого порядка.

Наличие в виртуальной лаборатории МИТ библиотеки компьютерных программ, моделирующих функционирование ЛРП в различных рабочих режимах, позволяет сделать интерактивный выбор математической модели, наиболее подходящей для решения поставленной задачи. Каждая математическая модель имеет настраиваемый графический интерфейс для ввода и редактирования параметров системы, запуска модели на счет и анализ полученных результатов (рис. 5).

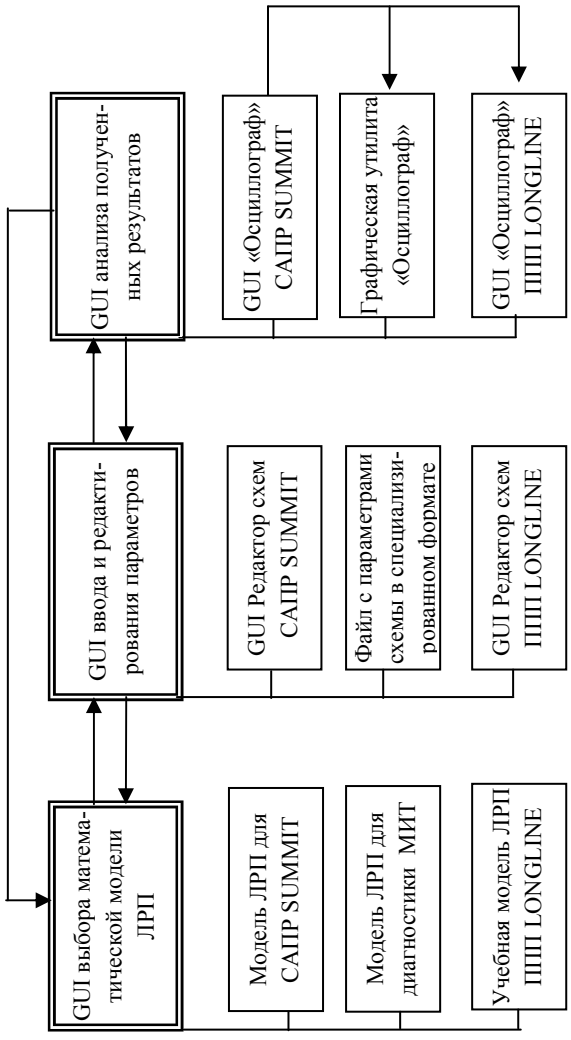


Рис. 5. Работа с математическими моделями ЛРП в интерактивном режиме

В третьей главе рассмотрены структура разработанного программного обеспечения и выбор основных инструментальных средств и операционной среды.

С учётом особенностей устройств электрофизики и динамики развития современных информационных технологий сформулированы основные требования к программным продуктам, моделирующим электрофизические устройства.

Разработанные пакеты имеют простой входной язык, не требующий от пользователя знаний элементов программирования, а также необходимости адаптации к операционной системе компьютера. Интерфейс пакетов максимально приближен к технике физического эксперимента, имеет средства визуализации и возможность сборки установки (содержит основные элементы управления установкой (пульт управления), выбор параметров элементов и их регулировку).

При управлении виртуальной установкой предусмотрены средства контроля за ее состоянием и ошибками «действий оператора» (при ошибках срабатывает сигнализация), а также средства отображения результатов экспериментов.

Время адаптации пользователя к программному продукту сведено к минимуму (по уже имеющемуся опыту составляет 5-30 мин, в зависимости от сложности моделируемой установки.).

Программное обеспечение ориентировано на наиболее распространённые программно-аппаратные платформы и операционные среды, позволяющее сравнительно легко адаптироваться к быстро изменяющимся аппаратным и программным платформам, т.е. обладает свойством кроссплатформенности.

С учетом перечисленного, структура интерфейсов всех разработанных виртуальных лабораторий единообразна. Имеются две основные панели экспериментатора: первая – сборщик схемы и выбор параметров элементов (рис. 6) и вторая – измерительная, для просмотра результата эксперимента (рис.7).

Виртуальная вакуумная лаборатория

File Help

Параметры вакуумной системы

Материал: Низкоуглеродистая

Начало прогрева камеры, с: 30000

Длительность прогрева камеры, с: 10000

Температура прогрева, °С: 500

Полное время откачки, с: 60000

Параметры системы после откачки

Остаточное давление, p [Па]: 0.000744311

Q/S= 7.12199e-09

Откачать

НВР-1

V=2.5m3

Svr(Svr)=1.66116

4.2639e-10

0.00018

Параметры диффузионного насоса

Время включения, t [с]: 6000

Быстрота действия, S [л/с]: 100

Остаточное давление, p [Па]: 1e-06

Диаметр впускного патрубка, d [мм]: 100

Предельное выпускное давление, P_{пред} [Па]: 10

Длина тракта откачки, l [м]: 0.1

Диаметр тракта откачки, d [м]: 0.05

Параметры низковакуумного насоса

Название насоса: НВР-1

Быстрота действия, S [л/с]: 10

Остаточное давление, P_{пред} [Па]: 0.01

Диаметр впускного патрубка, d [мм]: 8

Длина тракта откачки, l [м]: 0.1

Диаметр тракта откачки, d [м]: 0.05

Рис. 6. Сборщик схемы вакуумной системы

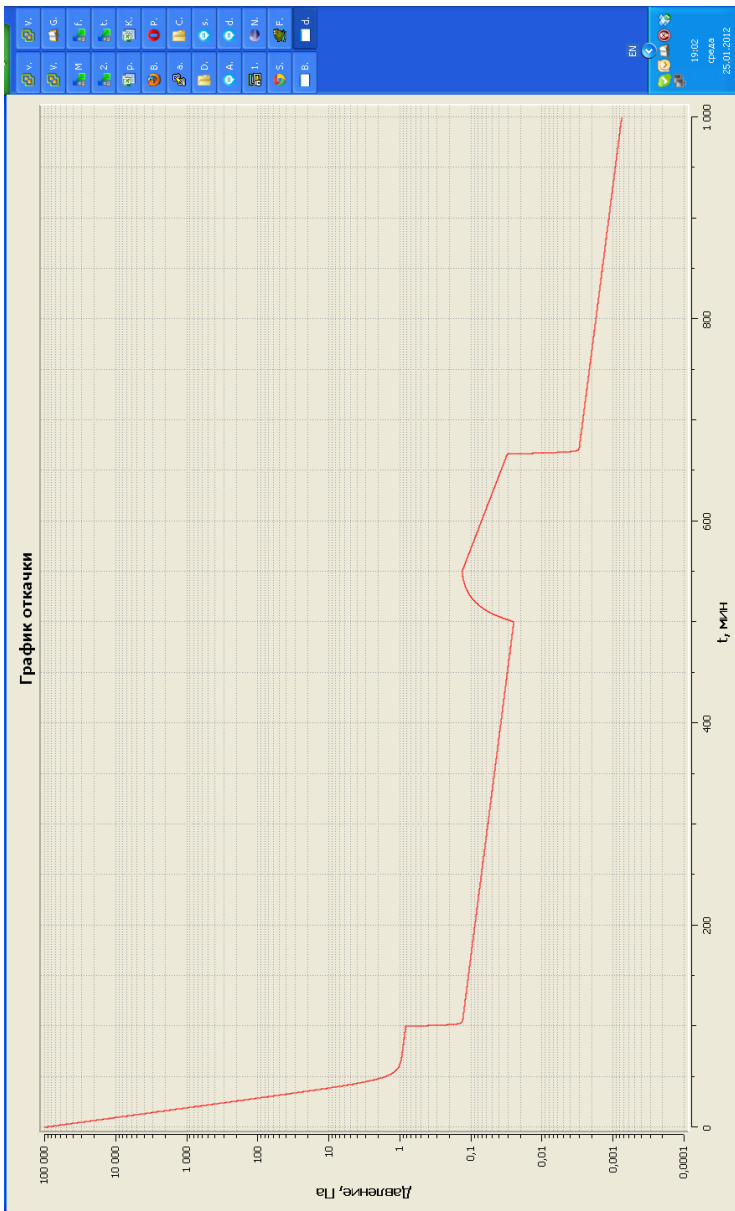


Рис. 7. Окно контроля откачки

В четвертой главе рассматривается программно-техническая реализация распределенной информационной научно-образовательной среды «Электрофизика».

Основными информационно-вычислительными ресурсами глобального доступа к среде «Электрофизика» в настоящее время являются серверы и глобальная сеть Интернет (рис. 8).

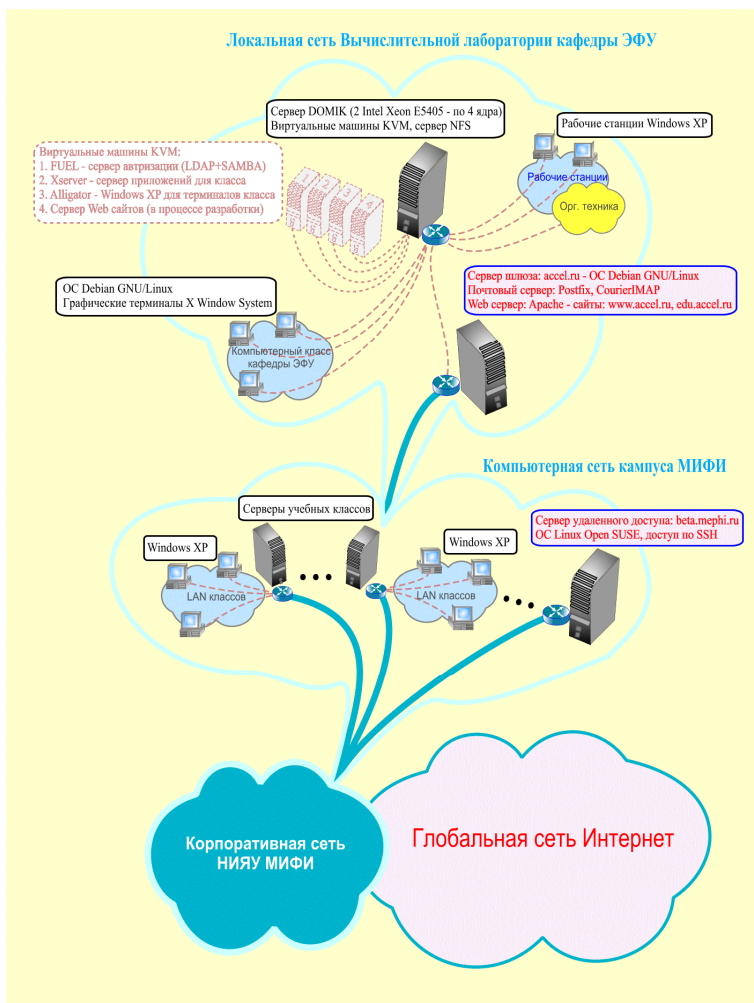


Рис. 8. Уровни доступа к ресурсам среды «Электрофизика»

- Web-сервер с сайтом Вычислительной лаборатории www.accel.ru, под управлением операционной системы Debian GNU/Linux;

- Сервер удаленного доступа beta.mephi.ru, на котором используется ОС Linux OpenSUSE (версия 10.3).

Имеется четыре уровня доступа (см. рис. 8) к основным ресурсам среды:

1. доступ из локальной сети кафедрального компьютерного класса;

2. доступ из компьютерной сети кампуса МИФИ, включающей компьютеры кафедральных учебно-исследовательских лабораторий, общеуниверситетские компьютерные классы, ПК студенческих общежитий и т.п.;

3. доступ из корпоративной сети НИЯУ МИФИ для студентов и сотрудников филиалов на всей территории Российской Федерации;

4. доступ через глобальную сеть Интернет для преподавателей и студентов, обучающихся в рамках учебных циклов кафедры.

Каждый уровень доступа предполагает комплекс программно-аппаратных и административных мероприятий по защите, как от преднамеренных, так и от непреднамеренных воздействий.

Важной частью программно-аппаратной среды «Электрофизика» является включенная в ее состав система дистанционного обучения.

Перспектива увеличения количества используемых серверов и множественность сервисов информационно-вычислительного ресурса кафедры ЭФУ порождают проблему единого централизованного доступа к ним. В представленной работе для реализации этой цели, в экспериментальном режиме использовалась виртуальная обучающая система Moodle (moodle.org).

На начальном этапе использования удаленных ресурсов для обучения система Moodle прошла успешную апробацию в курсе Автоматизация проектирования ЭФУ, в частности, на практикуме по решению задач электрофизики в системе MatLab.

Средства удалённого доступа к учебным информационным ресурсам кафедры и раньше применялись в учебном процессе, но с ограниченными возможностями. Появление инструментальной системы Moodle стало удачным дополнением к традиционным видам занятий, не исключая непосредственного общения с преподавателем при сдаче работ.

Объем лабораторных работ по электрофизическому практикуму в системе Moodle был выполнен студенческой группой за более короткий срок и с лучшими показателями усвоения материала, что позволяет увеличить объем и глубину проработки изучаемого курса.

В заключении формулируются основные результаты:

1. Разработана модель информационной среды «Электрофизика», которая с позиций системного анализа рассматривается как эшелонная многоуровневая иерархическая структура. Среда представлена в виде взаимодействующих между собой подсистем, формируемых учебно-научными циклами. Модель отражает процесс подготовки специалистов в области ускорительной техники с учетом проектно-исследовательской деятельности, обладает открытостью, расширяемостью и управляемостью.

2. Созданы алгоритмы выполнения основных элементов учебного процесса, использующие информационные технологии. Предусматривается возможность как автономной работы студентов, так и с использованием консультаций с преподавателем на основе формируемых оценок выполнения различных этапов учебного процесса.

3. Разработана процедура адаптивного тестирования уровня знаний обучаемых с использованием двух уровней сложности тестовых заданий, что позволяет улучшить получаемые оценки по сравнению с классической схемой тестирования.

4. Создано программное обеспечение на базе современных инструментальных средств, обеспечивающее работу пакетов прикладных программ в различных операционных средах с возможностями средств дистанционного обучения.

5. Разработан интерактивный интерфейс, который максимально приближен к технике физического эксперимента, содержит средства визуализации элементов, имеет возможность виртуальной сборки электрофизической установки, запуска и исследования рабочих характеристик.

6. Разработана модель вакуумной лаборатории VVL-2011, реализующая работу виртуальной части лаборатории. Математические модели, имитирующие работу отдельных элементов вакуумных систем, включают полный набор основных функциональных устройств и позволяют решать задачи исследования и проектирования вакуумных систем. Практикум позволяет изучить полный технологический цикл получения высокого вакуума с учетом натекания и газоотделения в системе.

7. Создана новая имитационная модель лаборатории по мощной импульсной технике. Лаборатория включает три вида практикумов, которые предназначены для изучения базовых элементов импульсной техники, исследования работы длинных линий и импульсных трансформаторов, изучения подсистем электрофизических установок и импульсных генераторов высокого напряжения.

8. В рамках информационной научно-образовательной среды «Электрофизика» реализован удаленный доступ и режим дистанционного обучения, что позволило повысить эффективность обучения и значительно расширить объем изучаемого материала.

9. На базе разработанных программно-аппаратных средств проведен многофакторный анализ эффективности использования средств удаленного доступа и дистанционного обучения, пакетов прикладных программ, а также методик оценки успешности обучения для различных категорий обучаемых.

10. Создан учебно-методический сайт кафедры «Электрофизика», который используется в НИЯУ МИФИ, включая территориально обособленные подразделения, и получил широкое распространение в ряде отечественных и зарубежных университетов при подготовке специалистов и магистров по физико-техническим специальностям.

Приложения содержат:

Приложение 1. Основные расчетные соотношения, полученные для анализа работы основных элементов устройств мощной импульсной техники.

Приложение 2. Инструкция для работы студентов и преподавателей в виртуальной обучающей среде Moodle.

Приложение 3. Примеры задач, рассмотренные в практикуме САПР ЭФУ, реализованные в среде Moodle.

Основные публикации по теме диссертации

Список в изданиях, внесенных в перечень ВАК Минобрнауки РФ

1. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, А.М.Коршунов, А.А.Фадеев. Обеспечение информационной безопасности сетевого учебно-научного центра по электрофизике // Безопасность информационных технологий. 2009. Т. 3. С.83-90.

2. Герман Аверьянов, Валерий Будкин, Валентина Дмитриева. Сетевой учебно-научный центр по электрофизике // Открытые системы. 2009. № 9. С.46-50.

3. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева. Обеспечение безопасности сетевого учебно-научного центра по электрофизике // Безопасность информационных технологий. 2010. Т. 1. С.39-40.

4. Г.П.Аверьянов, В.В.Дмитриева, А.Д.Модяев. Информационно-вычислительная среда «Электрофизика» // Спецтехника и связь. 2011. № 2. С.55-61.

5. Валентина Дмитриева, Валерий Будкин, Герман Аверьянов. Виртуальная электрофизическая лаборатория // Открытые системы. 2011. № 3. С.56-58.

Публикации в других изданиях

6. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, Р.В.Ющиков. Компьютерный практикум «MatLab и электронные таблицы в электрофизике» // Научная сессия МИФИ-2008. XII выставка-конференция. Телекоммуникации и новые информационные технологии в образовании. С.35.

7. Г.П.Аверьянов, А.А.Алексеев, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, И.О.Шевченко. Использование форм дистанционного обучения в практикумах по электрофизике и информатике // Научная сессия МИФИ-2009. XIII выставка-конференция. Телекоммуникации и новые информационные технологии в образовании. С.35-36.

8. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева. Об информационных технологиях в обучении электрофизике – 60 лет кафедре ЭФУ // Научная сессия МИФИ-2009. XIII выставка-конференция. Телекоммуникации и новые информационные технологии в образовании. С.37-38.

9. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева. Обеспечение информационной безопасности сетевого учебно-научного центра по электрофизике // Инфофорум. Бизнес и Безопасность в России. 2010. Т. 56. С.89-90.

10. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева. Структура и программно-техническая реализация учебно-научной среды «Электрофизика» // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2010. С.160-171.

11. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева. Автоматизация проектирования. Компьютерный практикум. Часть 1. Решение задач электрофизики в системе MATLAB. М.: МИФИ, 2010. 112 с.

12. Г.П.Аверьянов, В.В.Дмитриева. Современная информатика. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 480 с.

13. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.А.Воронцов, В.В.Дмитриева. САПР в электрофизике. Часть 1. Основы автоматизации проектирования. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 164 с.

14. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, И.А.Кунов. Информационно-вычислительный ресурс поддержки удаленного доступа и дистанционного обучения на кафедре электрофизических установок // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2011. С.145-146.

15. Г.П.Аверьянов, М.Васильев В.В.Дмитриева, Н.С.Кольцов, В.А.Попов, В.Л.Шатохин. О новом поколении компьютерных лабораторных практикумов по электрофизике // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2011. С.152-153.

16. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, Е.О. Зуев. Модернизации ППП SUMMIT по расчёту систем формирования высоковольтных импульсов // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2011. С.154.

17. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, И.О.Шевченко. Виртуальная вакуумная лаборатория (VVL-2012) // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2012. Т.2. С.151.

18. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, Е.О.Зуев, И.О.Шевченко. Некоторые аспекты новой версии ППП по проектированию устройств мощной импульсной техники // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2012. Т.2. С.151.

19. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, В.Л.Шатохин, И.О.Шевченко. О разработке учебно-научной информационной среды «Электрофизика» // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2012. ХУІ конференция Телекоммуникации и новые информационные технологии в образовании. С.15-16.

20. Г.П.Аверьянов, В.А.Будкин, В.В.Дмитриева, И.О.Шевченко. Мультимедийный лабораторный комплекс «Электрофизика» // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2012. ХУІ конференция Телекоммуникации и новые информационные технологии в образовании. С.17-18.

Подписано в печать 25.04.2012. Объем 1,75 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 106
Типография НИЯУ МИФИ. 115409, Москва, Каширское ш., 31