

УДК 004.771

**В.С. Гуров, С.П. Вихров, Д.В. Суворов, Н.В. Вишняков, А.М. Гостин**

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ДОСТУПА К КОМПЛЕКСУ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Описаны основные подходы и особенности реализации удаленного доступа студентов, исследователей, разработчиков к комплексу зондовых, атомно-силовых и электронных микроскопов для диагностики и комплексных испытаний наночастиц, наноструктурированных и наномодифицированных материалов. Представлена структура информационной системы для взаимодействия с удаленными пользователями и последовательность выполнения дистанционного эксперимента.*

**Ключевые слова:** удаленный доступ, дистанционное обучение.

**Введение, актуальность проблемы.** В современных условиях развития нанотехнологий актуальным является обеспечение дистанционного доступа студентов, исследователей, разработчиков к комплексу аналитического оборудования для нанодиагностики. Актуальность этой задачи определяется, с одной стороны, высокой стоимостью оборудования, что сужает круг организаций, имеющих возможность его приобретения, а с другой стороны, возрастающей, в связи с развитием нанотехнологии, потребностью в его использовании. Решение задачи дистанционного доступа обеспечивает в среднесрочной перспективе подготовку и переподготовку высококвалифицированных кадров для nanoиндустрии, увеличение количества научных, инновационно-технологических, внедренческих и коммерческих организаций, использующих уникальное оборудование. Практическая значимость решения этой задачи состоит в том, что удаленный доступ к уникальному оборудованию позволяет расширить круг потенциальных пользователей (в том числе географически) как с точки зрения образования, исследований, развития кадрового потенциала (прямых и косвенных специальностей), так и с точки зрения привлечения субъектов бизнеса к результатам деятельности nanoисследований.

Целью данной работы является разработка концепции дистанционного эксперимента, информационной системы обмена научно-техническими и инженерными данными для осуществления дистанционного доступа, а также создание основ методологии выполнения удаленного реального эксперимента.

### **1. Концепция дистанционного проведения**

**эксперимента.** Дистанционный эксперимент предполагает собой активное участие удаленного пользователя в выполнении эксперимента [1]. Для этого необходимо реализовать следующие базовые элементы удаленного доступа.

1. Доступ пользователя к программному интерфейсу управления устройством (в режиме просмотра или управления в зависимости от целей выполнения эксперимента). Программный интерфейс содержит основные технические параметры выполнения эксперимента, поля вывода первичных данных эксперимента (изображения, графики и диаграммы) и предоставляет доступ к функциям обработки изображений и данных эксперимента.

2. Многокурсное удаленное видеонаблюдение за экспериментом, включающее ракурс общего вида установки, ракурс органов управления установкой, позволяющий наблюдать за действиями оператора, ракурс наблюдения за процессом измерения (наблюдение за движением сканирующей головки для сканирующих микроскопов).

3. Аудиосвязь между оператором и удаленными пользователями.

4. Сохранение данных выполненного эксперимента на компьютере удаленного пользователя.

Представленные элементы создают «эффект присутствия» удаленного пользователя в лаборатории, в которой расположено исследовательское оборудование.

Для реализации представленных базовых элементов удаленного доступа необходима специализированная информационная система. Кроме перечисленных базовых функций, систе-

ма должна обеспечивать также и ряд дополнительных функций.

1. Регистрация удаленных пользователей, прием запросов на использование оборудования, авторизация доступа к информационной системе.

2. Хранение данных выполненных экспериментов в специализированной базе данных.

3. Информационное обеспечение удаленных пользователей, включающее подробное описание возможностей и технических характеристик аналитического оборудования нанодиагностики, входящего в состав комплекса и подключенного к информационной системе.

Для регламентации последовательности действий и взаимодействия оператора и пользователя при выполнении дистанционного эксперимента необходима разработка методологии удаленного эксперимента.

**2. Информационная система для реализации дистанционного эксперимента и обмена научно-техническими и инженерными данными.** Для полнофункциональной поддержки дистанционного выполнения эксперимента и обмена научно-техническими и инженерными данными информационная система должна включать несколько составляющих (рисунок 1):



**Рисунок 1 – Структура информационной системы для реализации дистанционного эксперимента и обмена научно-техническими и инженерными данными (1 – оборудование расположено в той же организации, что и сервер, поддерживающий информационную систему, 2 – оборудование находится в другой организации)**

– нанотехнологический портал;

– базу данных;

– образовательные ресурсы;

– программные эмуляторы для проведения виртуального эксперимента.

Функциями нанотехнологического портала являются:

– информационно-образовательное обеспечение удаленных пользователей, т. е. подробное описание возможностей и технических характеристик аналитического оборудования нанодиагностики, входящего в состав комплекса и подключенного к информационной системе;

– реализация окон дистанционного видеодоступа к лабораторному аналитическому оборудованию для нанодиагностики с возможностью многоакурсного позиционирования;

– реализация видео- и аудиосвязи между операторами и удаленными пользователями;

– обеспечение авторизованного доступа к базе данных экспериментов;

– реализация системы публикации заявок на проведение дистанционного эксперимента с помощью лабораторного аналитического оборудования для нанодиагностики организаций;

– реализация доступа к средствам эмуляции выполнения эксперимента на аналитическом оборудовании для нанодиагностики.

Локальная база данных экспериментов должна содержать следующие данные:

– наименование исследовательского оборудования, его классификация, территориальная принадлежность, технические характеристики;

– данные о проведенных дистанционных экспериментах: дата эксперимента, список удаленных пользователей, объект исследования, параметры исследования;

– результаты выполнения эксперимента в виде специализированных файлов, изображений, видеоряда;

– данные, полученные в результате обработки эксперимента;

– протокол использования информационных ресурсов нанотехнологического портала.

Образовательные ресурсы должны содержать интерактивные учебные материалы по следующей тематике:

– методы исследования и диагностики наноструктур, наноструктурированных и наномодифицированных материалов: сканирующая зондовая и атомно-силовая микроскопия и другие;

– принципы работы сканирующего зондового (атомно-силового), растрового, просвечивающего электронных микроскопов и других видов оборудования, с которыми реализован удаленный доступ;

- материалы по методам обработки полученных изображений;
- материалы по обеспечению удаленного доступа к оборудованию распределенной лаборатории нанодиагностики и выполнению удаленного эксперимента;
- методические рекомендации по выполнению удаленного виртуального эксперимента;
- видеозаписи проведенных удаленных экспериментов.

Программные эмуляторы для проведения виртуального эксперимента представляют собой специализированные программы, поставляемые с оборудованием, предназначенные для обучения пользователя.

Представленная на рисунке 1 структура информационной системы предполагает соединение сервера, содержащего систему, с компьютерами удаленных пользователей через сети Internet и RunNet и предусматривает возможность подключения не только оборудования организации, в которой расположен сервер (ветвь 1 на рисунке 1), но и подключения оборудования другой организации, расположенной, например, в другом городе, через сеть RunNet (ветвь 2 на рисунке 1) [2].

**3. Методология выполнения удаленного эксперимента.** Методология выполнения удаленного реального эксперимента представляет собой последовательность действий оператора, управляющего установкой, и удаленного пользователя, участвующего в выполнении эксперимента.

**3.1. Запрос на использование оборудования.** Перед выполнением удаленного эксперимента пользователю необходимо с помощью информационного портала осуществить запрос на использование оборудования. Для этого необходимо заполнить соответствующие поля электронной формы, содержащие выбор типа оборудования, описание исследуемого образца, цель исследования, сроки выполнения экспериментов, информацию о заказчике, координаты обратной связи (адрес, телефон, e-mail) и другую информацию.

После заполнения и отправки электронных форм в лаборатории удаленного доступа осуществляется рассмотрение заявки и на адрес электронной почты, указанный заказчиком, высылается письмо, содержащее информацию о дальнейших действиях по выполнению удаленного эксперимента.

**3.2. Доставка образцов для исследования.** Если эксперимент преследует научные цели, т. е. исследование образца, имеющегося у исполнителя, то необходима пересылка образца, осуще-

ствляемая с помощью любого из доступных средств доставки. Время пересылки образца необходимо учитывать при составлении графика выполнения экспериментов.

**3.3. Согласование времени выполнения эксперимента.** После получения исполнителем образца окончательно согласовывается время выполнения эксперимента с учетом его длительности и часовых поясов заказчика и исполнителя.

**3.4. Разворачивание серверно-коммуникационной и информационной систем обеспечения дистанционного выполнения эксперимента.** Перед выполнением удаленного реального эксперимента осуществляется подготовка оборудования и разворачивание и настройка серверно-коммуникационной и информационной систем для дистанционного выполнения эксперимента и наблюдения за ним. При этом также осуществляется установка и настройка камер для реализации видеодоступа к исследовательскому оборудованию и микрофона для двусторонней аудиосвязи.

**3.5. Подготовка клиентского компьютера для выполнения удаленного эксперимента.** Оптимальным вариантом реализации удаленного доступа установкам является доступ через сеть Internet в режиме тонкого клиента, т. е. через web-браузер с установленной на компьютер клиента Java Runtime Environment (JRE) для Windows для отображения рабочего стола и программного интерфейса управления оборудованием.

**3.6. Подготовка оборудования, настройка информационной системы и выполнение дистанционного реального эксперимента.** Определяется конкретным типом оборудования и спецификой его использования.

**3.7. Сохранение данных в базе данных.** Данные, полученные в ходе эксперимента (изображения, профили, специализированные базы данных), сохраняются как файлы в специализированной базе данных. Доступ к базе данных осуществляется с помощью интернет-портала (через авторизованный доступ).

**3.8. Завершение соединения. Протоколирование.** После выполнения эксперимента и сохранения данных соединение разрывается и по результатам выполнения реального эксперимента составляется протокол по типовой форме, размещенной на портале информационной системы. Твердая копия протокола подписывается обеими сторонами – участниками эксперимента.

**4. Пример реализации дистанционного доступа.** Рязанский государственный радиотехнический университет в настоящее время

выполняет работу по созданию нанолaborатории с дистанционным доступом. Работа выполняется по заказу Федерального агентства по образованию в рамках федеральной целевой программы (ФЦП) «Развитие инфраструктуры nanoиндустрии в Российской Федерации на 2008 – 2010 годы».

Нанолaborатория РГРТУ с дистанционным (удаленным) доступом создается совместно с ФТИ им. А.Ф. Иоффе в рамках проекта «Обеспечение удаленного доступа студентов, исследователей, разработчиков к комплексу зондовых, атомно-силовых и электронных микроскопов для диагностики и комплексных испытаний наночастиц, наноструктурированных и наномодифицированных материалов». Целью проекта является расширение возможностей использования комплекса уникальных научных исследовательских аналитических установок (зондовых, атомно-силовых и электронных микроскопов) путем обеспечения удаленного доступа студентов, исследователей и разработчиков для дистанционного обучения и экспериментов.

В базовый состав оборудования нанолaborатории войдут сканирующие зондовые микроскопы Solver Pro, Ntegra Aura, научно-учебный комплекс Nanoeducator (рисунок 2), просвечивающий электронный микроскоп JEM 2100-F, ртутный электронный аналитический микроскоп JSM 7001F. Данный комплекс аппаратуры включает основную номенклатуру современных приборов для анализа свойств и структуры наночастиц и наноматериалов.

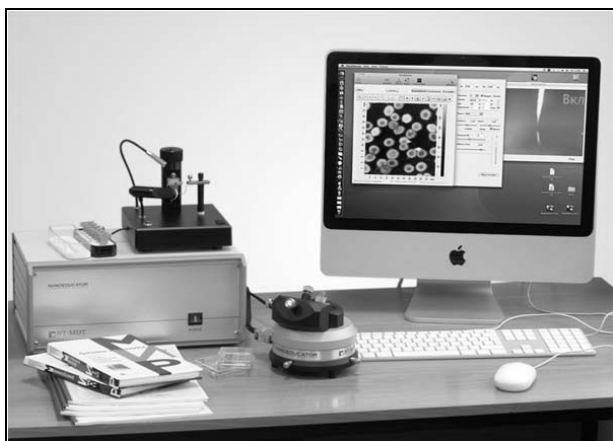


Рисунок 2 – Научно-учебный комплекс Nanoeducator фирмы NT-MDT

Доступ к оборудованию нанолaborатории осуществляется посредством специализированного интернет-портала (рисунок 4). С помощью рабочего окна портала пользователь через сеть Internet получает дистанционный доступ к программному интерфейсу управления устройством (рисунок 3), многоракурсный видеодоступ к установке нанолaborатории и двусторонний ау-

диоканал связи с оператором установки. Доступ к программному интерфейсу и видеодоступ обеспечивают полное наблюдение за ходом выполнения эксперимента, а посредством аудио-связи осуществляется взаимодействие с оператором в режиме реального времени.

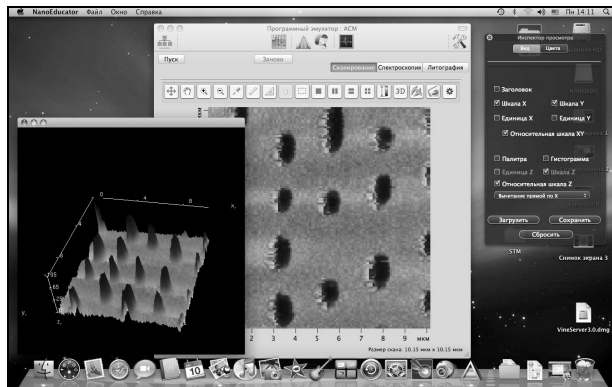


Рисунок 3 – Элементы программного интерфейса управления комплексом Nanoeducator

Интернет-портал также обеспечивает доступ к базе данных выполненных экспериментов, содержит образовательные ресурсы и программные эмуляторы для проведения виртуального эксперимента.

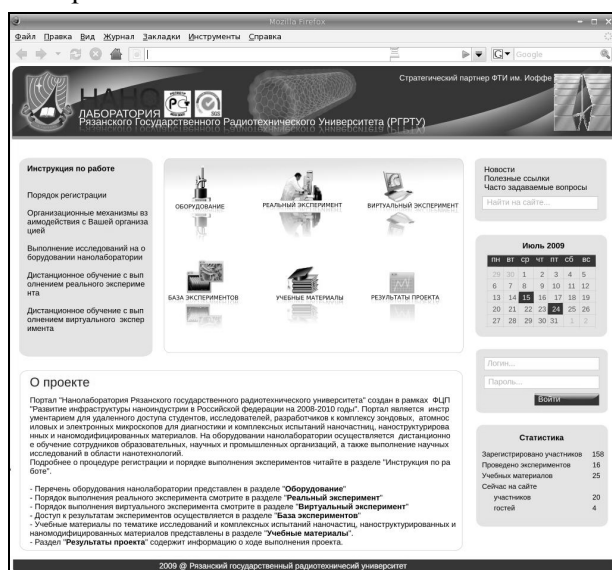


Рисунок 4 – Макет главной страницы интернет-портала нанолaborатории

Особенностью реализации проекта является создание универсального подхода к обеспечению удаленного доступа к комплексу аппаратно-программных средств, минимально зависящего от типа оборудования нанотехнологической лаборатории. Это позволит в дальнейшем при минимальных затратах средств расширить состав оборудования и создать распределенную учебно-исследовательскую лабораторию комплексных исследований с удаленным доступом.

**Заключение.** Разработаны концепция, структура информационной системы и методо-

логия выполнения дистанционного эксперимента на аналитическом нанотехнологическом оборудовании. В соответствии с концепцией разработана структура информационной системы для реализации доступа к аналитическому оборудованию для нанодиагностики. Выполнение дистанционного эксперимента осуществляется посредством сети Internet с помощью специализированного портала. Портал содержит окна доступа к программному интерфейсу управления устройством, окна многокурсного видеодоступа к лаборатории и аудиоканал связи с оператором, что создает «эффект присутствия» и обеспечивает полноценное участие в выполнении эксперимента.

Работа выполнена в рамках государственно-

го контракта П9/16-09 «Обеспечение удаленного доступа студентов, исследователей, разработчиков к комплексу зондовых, атомно-силовых и электронных микроскопов для диагностики и комплексных испытаний наночастиц, наноструктурированных и наномодифицированных материалов» между РГРТУ и Федеральным агентством по образованию.

#### ***Библиографический список***

1. Информатизация инженерного образования: электронные и образовательные ресурсы. Выпуск 3. Под ред. С.И. Маслова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 424 с.

2. *Оливер Ибе*. Сети и удаленный доступ. Протоколы, проблемы, решения. – М.: ДМК, 2002. – 336 с.