

ДИСТАНЦИОННЫЙ ДОСТУП К МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОМУ АНАЛИТИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ КОМПЛЕКСУ

А.Иванов¹, М.Кузнецова¹, В.Лучинин¹, А.Панин², В.Перепеловский², В.Шкловер²
cmid_leti@mail.ru

Развитие сетевых информационно-коммуникационных технологий стимулирует становление дистанционного доступа к сложному дорогостоящему оборудованию и уникальным методикам исследований. В статье обсуждается опыт совместной работы С.-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" – координатора образовательного направления Национальной нанотехнологической сети (ННС) и фирмы "Системы для микроскопии и анализа" – официального дистрибьютора в России оборудования компании "FEI Co TOOLS FOR NANOTECH" – по созданию системы удаленного доступа к многофункциональному аналитико-технологическому комплексу (АТК) на основе наноразмерных электронного и ионного пучков «Helios Nanolab».

Удаленный доступ: эффективность и сложность

Использование сетевых технологий удаленного доступа к такому оборудованию и уникальным методикам позволяет:

- оптимизировать затраты на формирование и эксплуатацию парка подобного оборудования;
- повысить эффективность его использования посредством увеличения загрузки и с учетом относительно быстрого морального старения такого оборудования и значительных эксплуатационных затрат;
- расширить количество пользователей им и методическими разработками;

- повысить уровень исследований и образовательного процесса за счет привлечения подготовленного персонала, применения им наработанного методического обеспечения, а также интеграции интеллектуального потенциала профессионалов из различных областей знаний;
- реализовать принципы академической мобильности, сократить затраты на исследования и образовательный процесс.

В числе факторов, ограничивающих дистанционный сетевой доступ к уникальному оборудованию, следует выделить:

- доминирование в отечественном парке оборудования иностранного производства с ограничением доступа к аппаратно-программным средствам и системам команд;
- недостаточный уровень сетевого информационного обе-

спечения – объемов и качества передаваемой информации;

- низкую информированность отечественных специалистов об имеющихся в России аппаратных и особенно методических возможностях подобного оборудования;
- недостаточную для эффективного использования возможностей уникального оборудования и методик образовательно-исследовательскую культуру;
- слабое организационно-правовое и экономическое обеспечение эксплуатации такого оборудования, в том числе в режимах удаленного доступа.

Стимулирующие факторы при создании сетевой системы коллективного пользования (дистанционного доступа) парком уникального оборудования следующие:

¹ С.-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ).

² Центр перспективных технологий.



Рис.1. АТК Helios NanoLab 400 в НОЦ "Нанотехнологии" ЛЭТИ

- высокие эксплуатационные расходы;
- директивные указания по оценке эффективности оборудования, приобретенного за счет бюджетных средств;
- переход отечественного рынка товаров и услуг научно-образовательного характера к модели, определяющей достижение конечного результата при минимизации затрат;

- существенное увеличение директивно определенных в рамках федеральных образовательных стандартов третьего поколения лабораторно-практических форм обучения, требующих реализации новой инфраструктуры.

Электронно-ионные АТК: сверхлокальность, гибкость, оперативность

Развитие научно-образовательной и производственной сфер характеризуется государственным приоритетом при формировании наукоемкого высокотехнологичного направления – наноиндустрии, продукция которой имеет высокий уровень интеллектуальной добавленной стоимости [1]. В качестве приоритета ФЦП "Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008-2011 годы" определено формирование ННС, основа которой – центры нанотехнологии, осна-

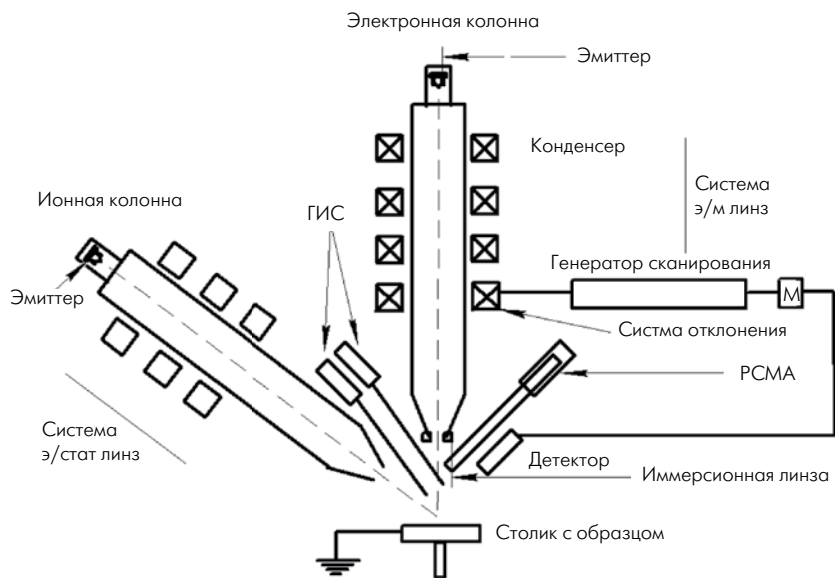


Рис.2. Схема ATK HELIOS NANOLAB 400

щенные современным оборудованием. Эффективность этой сети во многом определяется оптимизацией различных форм сетевого взаимодействия ее составных элементов, в том числе коллективным использованием уникального оборудования в режиме удаленного доступа.

АТК интегрированных электронного и ионного пучков, установленный в ЛЭТИ в 2009 году (рис.1, 2), является наиболее ярким представителем дорогостоящего оборудования, его характеризуют следующие особенности:

- наноразмерное разрешение для работы в режимах ионного и электронного пучков;
- интеграция электронного и ионного пучков в одной камере с возможностью их одновременной работы;
- интегрирование сверхвысокого разрешения микроскопических и технологических режимов во времени и пространстве;
- объединение в рабочей камере локальных селективных процессов препарирования, травления и нанесения материалов с нанометровым разрешением;

- наличие позиционируемых как наноразмерные механических приводов и зондов;
- высокоразрешающая система локального рентгеноспектрального анализа состава микрообъектов;
- система подачи и съема в рабочей камере электрических сигналов с объектов;

- видеонаблюдение в рабочей камере за манипулируемыми объектами и инструментом.

Дополнительные особенности, характеризующие данное оборудование:

- многообразие объектов исследования и обработки с нанометровым разрешением;
- высокая автоматизация оборудования и аналитико-технологических процедур, определяющих гибкость и оперативность достижения результата;
- чрезвычайно высокая стоимость и значительные эксплуатационные расходы;
- необходимость наличия специально обученного персонала, имеющего первоначальный достаточно высокий профессиональный уровень.

Аппаратно-программный комплекс (АПК) удаленного доступа

В С.-Петербургский государственный электротехнический университет разработан АПК для сетевого удаленного доступа к многофункциональному ATK Helios NanoLab 400.

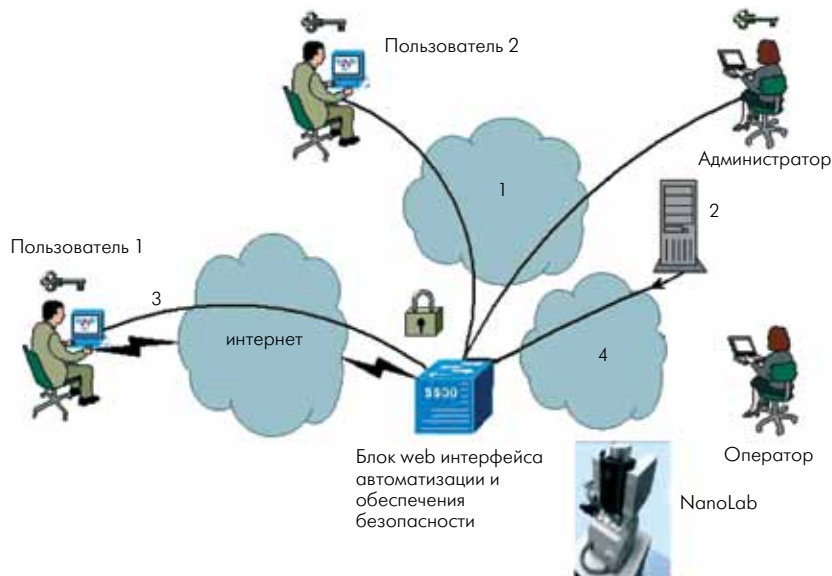


Рис.3. Структура сетевой системы для обеспечения работы ATK Helios NanoLab в режиме удаленного доступа: 1 – локальная компьютерная сеть, 2 – автоматизированное рабочее место (администратора), 3 – виртуальная частная сеть, 4 – виртуальная локальная компьютерная сеть (выделенная независимая часть локальной сети с ограничением доступа)

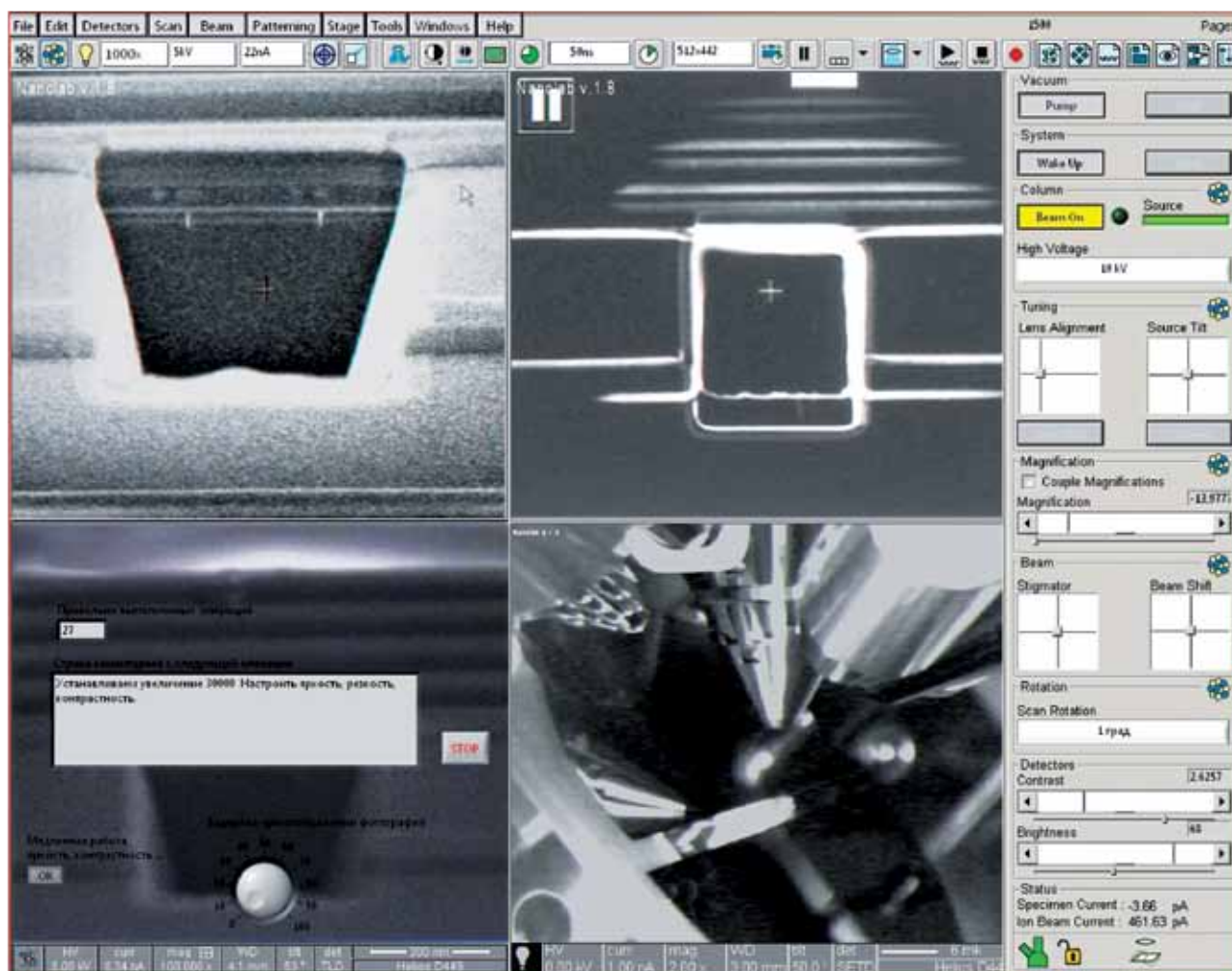


Рис.4. Вид панели управления и рабочих окон симулятора

- В состав АПК входят блоки:
- администрирования;
 - автоматизированного рабочего места (АРМ);
 - клиентское программное обеспечение;
 - WEB интерфейс авторизации и обеспечения безопасного подключения.

Сетевую систему организации работы АТК с АПК в режиме удаленного доступа иллюстрирует схема на рис.3.

- АПК обеспечивает:
- подключение пользователей через локальную сеть и глобальную сеть Интернет к WEB интерфейсу;
 - авторизацию пользователя вводом его имени и пароля;
 - предоставление пользователю списка доступных ресурсов;
 - организацию виртуального, защищенного шифрованием

- канала доступа к АТК либо к его эмулятору;
 - подключение по виртуальному каналу к выбранному ресурсу в графическом режиме;
 - разграничение прав доступа или управления, либо только наблюдения за происходящим на экране;
 - контроль подключения пользователей к ресурсам с возможностью их отключения;
 - удобный интерфейс администратора АПК.
- Реализация АПК позволила:
- организовать удаленный доступ к оборудованию через стандартную информационную сеть;
 - обеспечить одновременный авторизованный доступ к нему нескольких пользователей;

- создать базис для организации обучения и исследований в режиме удаленного онлайн доступа с использованием профессионально подготовленных высококвалифицированных специалистов и отработанных методик.

При удаленном доступе к автоматизированному оборудованию возникает возможность оперативно дистанционно осуществлять его профилактику и настройку, сокращая затраты на обслуживание.

При эксплуатации оборудования повышенной опасности, в частности, при наличии источников вредных воздействий (излучения, химические среды) система удаленного доступа чрезвычайно эффективна особенно в условиях образовательного процесса.

Мультимедийный симулятор – тренажер оператора

Управление компонентами многофункционального АТК Helios NanoLab 400 осуществляется оператором с помощью управляющей панели, отображающейся на экране дисплея компьютера, важная особенность которой – сложный интерфейс с инструментами, меняющимися в зависимости от используемых модулей и режима их работы. Учитывая высокую стоимость АТК и времени его эксплуатации для подготовки работающих в режиме удаленного доступа операторов разработан мультимедийный симулятор – тренажер.

Этот симулятор представляет собой программную оболочку, аутентично воспроизводящую в автономном режиме панель управления многофункциональным АТК Helios NanoLab 400 с визуализацией результатов обработки исследуемого образца. Он реализован на базе программной среды LabView, имеющей развитые визуальные средства и позволяющей реализовывать необходимые модели управления и обработки данных.

Симулятор использует архив фотоматериалов, отображающих динамику технологических и диагностических процессов (рис.4), что позволяет имитировать реально работающую установку. Сложный многооконный, многофункциональный интерфейс симулятора полностью соответствует интерфейсу панели управления АТК. Навыки управления, приобретаемые оператором, переносятся на реальную установку без дополнительных затрат времени на освоение, причем действия его при необходимости записываются и служат материалом для корректировки дальнейшего обучения.

Тренажер эффективен в образовательном процессе и позволяет существенно сэкономить время и расходные материалы. Кроме того, обучение на нем снижает вероятность

неправильных действий в реальных условиях.

Таким образом, этот тренажер – необходимый компонент для внедрения методики удаленного доступа к уникальному оборудованию и может также использоваться на подготовительном этапе дистанционного повышения квалификации и переподготовки кадров, при организации исследований в режиме сетевого коллективного доступа.

Методическое обеспечение и апробация комплекса

Для методического обеспечения данного АТК разработаны указания по лабораторным исследованиям в режиме удаленного доступа с использованием четырех наиболее востребованных методик анализа микрообъектов различной физико-химической природы с нанометровым разрешением [2].

Базовый набор лабораторных исследований включает:

- создание поперечных сечений образцов с использованием остросфокусированного наноразмерного ионного пучка;
- анализ поперечных сечений микрообъектов высокоразрешающей растровой электронной микроскопией;
- рентгеноспектральный микроанализ поперечных сечений гетерогенных микрообъектов, сформированных остросфокусированным ионным пучком;
- 3D-реконструкцию микрообъектов на основе послойного наноразмерного ионного препарирования.

Эти исследования фактически представляют собой стандартный набор процедур и операций, наиболее часто используемых при анализе гомогенных и гетерогенных микрообъектов неорганической природы с нанометровым разрешением, реализуемых в АТК на базе электронного и ионного пучков. Представленная совокупность базовых методик может быть реализована при непосредственной работе на

комплексе и в режиме удаленного доступа.

Апробация аппаратно-программных и методических средств удаленного доступа к многофункциональному АТК на основе наноразмерного ионного пучка Helios NanoLab 400 проводилась в рамках соглашения с четырьмя организациями (двумя университетами и двумя малыми научно-техническими компаниями), заинтересованными в его использовании в образовательном и исследовательском процессах.

Для апробации были подготовлены:

- техническая документация на АПК, обеспечивающий удаленный доступ к многофункциональному аналитико-технологическому;
- инструкция по эксплуатации АПК удаленного доступа;
- техническая документация на мультимедийный учебно-научный комплекс – симулятор аналитико-технологического оборудования, включая методические указания по эксплуатации АТК;
- методические указания по лабораторным исследованиям в режиме удаленного доступа на многофункциональном АТК;
- мультимедийный учебно-научный комплекс – симулятор АТК;
- учебный видеоролик по интерфейсу мультимедийного учебно-научного комплекса – симулятора аналитико-технологического оборудования.

Удаленный доступ в онлайн-режиме был обеспечен к графической панели компьютера, управляющего ранее указанными технологическими и диагностическими процедурами многофункционального АТК.

Предполагается, что следующим этапом отработки и практической эксплуатации системы удаленного доступа к уникальному востребованному оборудованию для современной нанотехнологии и диагностики является ее испытание и внедрение в сетевую



систему научно-образовательных центров ННС и, в первую очередь, для повышения квалификации профессорско-преподавательских кадров [3] по направлениям "Нанотехнологии и нанодиагностика", "Нано- и микросистемная техника" и профессионально ориентированной переподготовки кадров в рамках образовательных проектов, реализуемых РОСНАНО.

В целом следует отметить:

1. Развитие современных форм дистанционного обучения и требования по увеличению лабораторно-практической составляющей образовательного процесса определяют необходимость внедрения сетевых технологий удаленного доступа к сложному дорогостоящему оборудованию с целью обеспечения требуемого уровня национальной технологической культуры и повышения эффективности использования уникальной аппаратуры и методик.

2. Внедрение сетевых информационных технологий для обеспечения удаленного доступа к уникальному оборудованию актуально для России вследствие значительности ее территории и необходимости обеспечения мобильности при минимизации затрат.
3. Формирование информационной культуры и сетевой системы удаленного доступа создает предпосылки для динамичной международной интеграции российских научных и педагогических школ в зарубежную инфраструктуру с целью обеспечения дистанционного доступа к современной аппаратуре и технологиям.

Работа выполнена в рамках ФЦП "Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008-2011 годы" по Государственному контракту №16.647.12.2021 от 25.11.2010 г. "Создание функционирующего в режиме удаленного доступа интерактивного учебнонаучного

комплекса для выполнения работ по сверхпрецизионному наноразмерному травлению, нанесению и модифицированию материалов с использованием остросфокусированных ионных пучков и виртуальных симуляторов указанных процессов".

Литература

1. **Лучинин В.В.** Формирование шестого технологического уклада. Эволюция биотехносферы. – Биотехносфера. 2011, №3, с.5–7.
2. **Кузнецова М.А., Лучинин В.В., Савенко А.Ю.** Физико-технологические основы применения наноразмерной ионно-лучевой технологии при создании микро- и наносистемной техники. – Нано- и микросистемная техника, 2009, №8, с.24–32.
3. **Иванов А., Корляков А., Лучинин В., Таиро Ю.** Профессионально-ориентированное кадровое обеспечение наноиндустрии. – Наноиндустрия, 2009, №4, с.76–81.