

ДИАГНОСТИКА ПЛАЗМЫ С УДАЛЕННЫМ ДОСТУПОМ ЧЕРЕЗ СЕТЬ ИНТЕРНЕТ

А. М. Зимин

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

В последние годы появился ряд публикаций, посвященных удаленной диагностике плазмы на различных экспериментальных стендах [1–4]. Интерес к этой технологии экспериментального определения свойств плазмы не случаен. Во-первых, подавляющее большинство методов их диагностики являются бесконтактными и они в определенном смысле слова являются удаленными, а с точки зрения экспериментатора расстояние от пульта управления диагностикой до стенда не имеет существенного значения. Так, в процессе исследований сложных стационарных или часто следующих одно за другим плазменных образований с экстремальными параметрами оперативная перенастройка диагностической аппаратуры традиционными способами становится невозможной, а эти процессы осуществляются с помощью сетевых методов управления. Во-вторых, такая технология удаленного эксперимента оправдана на уникальных комплексах, являющихся центрами коллективного пользования, где исследования проводятся большими группами специалистов, расположенных достаточно далеко от объекта. В-третьих, удаленная диагностика дает ряд принципиально новых возможностей для подготовки кадров, что позволяет использовать в учебном процессе для проведения лабораторных практикумов и учебно-исследовательской работы крупные плазменные стенды и новейшие методики, разработанные в ведущих научных организациях. В этом плане большой интерес представляет автоматизированный лабораторный практикум с удаленным доступом (АЛП УД) [5–8], применение которого дает возможность студентам в процессе обучения овладевать методиками и технологиями передового уровня. Работы по созданию АЛП УД ведутся в соответствии с рядом программ Минобразования РФ, среди которых основными являются «Информационные комплексы и технологии удаленного доступа» и «Научное, научно-методическое, материально-техническое и информационное обеспечение системы образования». В настоящей работе технологию удаленного доступа, в основном, будет рассматриваться применительно к использованию в учебном процессе.

В соответствии с отраслевым стандартом [6] автоматизированный лабораторный практикум – это комплекс технических, программных и методических средств, обеспечивающих автоматизированное проведение лабораторных работ и экспериментальных исследований непосредственно на физических объектах и (или) математических моделях. Под удаленным компьютерным доступом к реальным объектам понимается такой режим функционирования системы автоматизированного лабораторного практикума, при котором работа с объектом осуществляется с компьютера, удаленного на сколь угодно большое расстояние от места размещения самого объекта. Таким образом, создание АЛП УД требует, во-первых, применения специальных технических средств как для автоматизации экспериментального стенда, так и для связи управляющего компьютера с удаленным пользователем, во-вторых, разработки специализированного программного обеспечения, и, в-третьих, методической поддержки лабораторного практикума.

Типы датчиков и исполнительных механизмов стенда могут быть весьма специфичными, но набор стандартов на организацию измерительно-управляющих устройств и систем ограничен. Выбираемый в конкретном АЛП УД стандарт определяется имеющейся аппаратурой. Естественно, что используемый стандарт приводит к специфике программного обеспечения некоторых подсистем автоматизированного лабораторного практикума. В первую очередь, это относится к подсистемам измерения и управления. Перечень возможных устройств сопряжения с объектом (УСО), позволяющих связать компьютер с экспериментальным стендом, достаточно подробно рассмотрен в [5]. При построении АЛП УД могут использоваться как платы сопряжения, встраиваемые в измерительные

приборы или в компьютер (приборный интерфейс GPIB, измерительно-управляющие платы Plugin-Card), так и отдельные устройства в виде программируемых логических контроллеров, магистрально-модульных систем, комбинированных многоуровневых иерархических систем и т. п.

Связь удаленного пользователя с автоматизированным стендом осуществляется через сеть. Клиентский и управляющий компьютеры подключаются к ней с помощью сетевых адаптеров. Однако организация связи в случае использования глобальной сети Интернет может быть различной [7].

1. Управляющий стендом компьютер может быть совмещен с Web-сервером. В этом случае одни приложения, используемые при выполнении АЛП УД, могут влиять на скорость выполнения других. Поэтому такой способ организации подразумевает тщательный анализ особенностей различных функциональных приложений и организацию соответствующих приоритетов при их выполнении. Кроме того, при каких-то неполадках в сети и «зависании» компьютера стенд может оказаться неуправляемым, что приведет к его непредсказуемому состоянию.

2. Управляющий компьютер и Web-сервер разделены (рис. 1). В этом случае подсистема телекоммуникаций размещается на Web-сервере и работа с удаленным пользователем осуществляется в сети Internet/Intranet по протоколу TCP/IP. Web-сервер связан с управляющим компьютером (Lab-сервером) локальной сетью, а обмен здесь осуществляется с использованием другого протокола. Все операции обмена со стендом происходят через специальную резидентную программу. Такая технология связи может быть существенно более гибкой и эффективной и обеспечивать практическую независимость времени выполнения основных операций управления и измерения от загруженности Web-сервера и числа пользователей. При случайном разрыве связи удаленного клиента с сервером управляющий компьютер продолжает выполнение эксперимента по условиям, заданным пользователем, и режим работы стенда не нарушается.

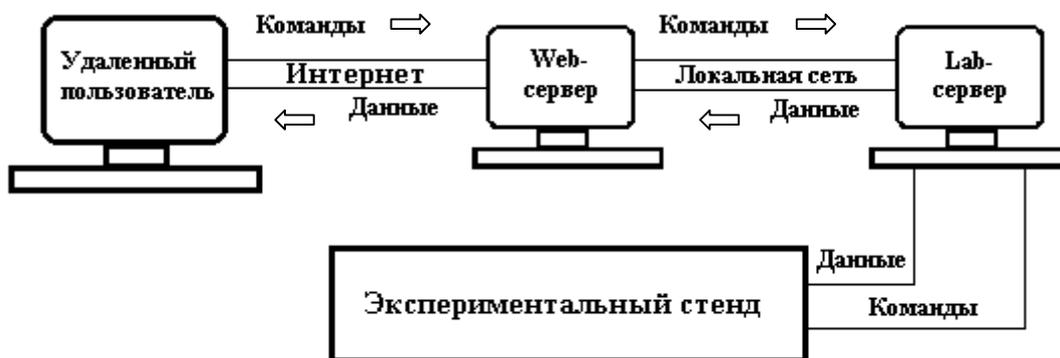


Рис. 1. Поток команд и данных при удаленном проведении эксперимента

Программное обеспечение для функционирования АЛП УД должно, с одной стороны, обслуживать в интерактивном режиме диалог удаленного пользователя с Web-сервером при настройке условий эксперимента, а с другой – реализовать заданный режим на стенде и трансляцию результатов его выполнения на удаленный компьютер или на Web-сайт практикума. Очевидно, что большая часть программного обеспечения является оригинальной, разработанной специально для данного практикума, хотя при ее создании могут быть использованы различные среды, например, средства графического программирования [5], среди которых следует специально выделить программные продукты фирмы National Instruments (LabVIEW, BridgeVIEW и др.) [9]. Однако следует отметить, что использование последних предполагает, вообще говоря, наличие лицензии на использование этих программных средств на клиентской стороне – у удаленных пользователей, что требует весьма больших затрат на приобретение данных программных продуктов. Кроме то-

го, они ориентированы на аппаратные средства сопряжения компьютера со стендом, разработанные лишь фирмой National Instruments, а при создании АЛП УД встраивание в эти среды важнейших компонентов систем – обучения и контроля – вызывает существенные трудности.

С целью устранения этих недостатков и реализации возможности использования в АЛП УД любых УСО для удаленного проведения эксперимента в МГТУ им. Н. Э. Баумана была создана Интерактивная Диалоговая Удаленная Система (ИНДУС) [7, 10], первым приложением которой как раз и являлось использование для удаленной диагностики низкотемпературной плазмы. В результате этих работ был создан программно-аппаратный комплекс на базе компьютера PC/AT и магистрально-модульного устройства сопряжения КАМАК, отработаны технологии связи между компонентами и построения автоматизированного лабораторного практикума, обеспечивающего удаленному пользователю индивидуальное программирование условий и выполнение реального эксперимента по диагностике низкотемпературной плазмы.

Автоматизированный экспериментальный стенд для спектральной диагностики плазмы

Описываемый в настоящей работе аппаратно-программный комплекс имел как научное, так и учебное назначение. Основная серия выполненных в системе ИНДУС экспериментов являлась учебной, в связи с чем некоторые ее подсистемы были специализированы именно на этот вид деятельности. Аппаратную основу стенда для спектральной диагностики [11] составляют элементы выпускавшегося ранее отечественной промышленностью комплекса КСВУ-23: исследуемый источник излучения, конденсор, монохроматор с дифракционной решеткой, фотоэлектронный умножитель для приема излучения и усиления сигнала в узком спектральном диапазоне, а также исполнительный элемент – шаговый двигатель для поворота решетки в положение, соответствующее исследуемому спектральному диапазону (рис. 2). Кроме того, имеются также специализированные блоки питания излучателя и фотоэлектронного умножителя.

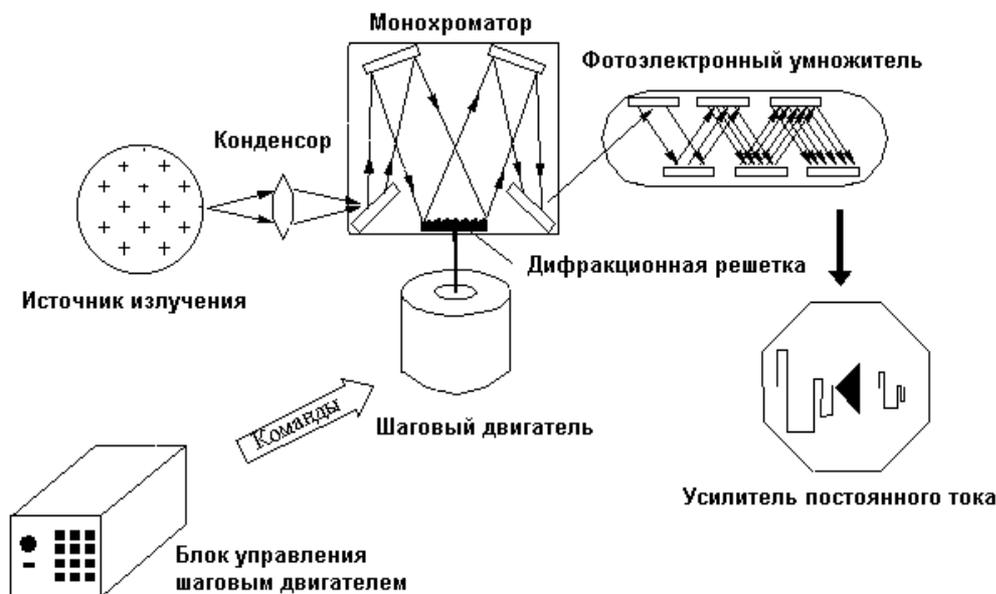


Рис. 2. Регистрирующие и управляющие элементы диагностического стенда

Свет от источника излучения, пройдя через линзовый конденсор, фокусируется на входной щели монохроматора МДР-23, попадает на дифракционную решетку и через выходную щель попадает на катод фотоэлектронного умножителя ФЭУ. Электрический сиг-

нал с ФЭУ, однозначно связанный с интенсивностью светового потока в узком спектральном диапазоне, поступает на вход канала измерения – в усилитель постоянного тока. Результат отображается на шкале цифрового вольтметра, являющегося одновременно и аналогово-цифровым преобразователем, а затем через блок сопряжения с компьютером, в качестве которого использована система магистрально-модульная система КАМАК, поступает в ЭВМ.

Для сканирования спектра используется канал управления, основой которого является шаговый двигатель, вращающий дифракционную решетку монохроматора и вырезающий, таким образом, в плоскости его выходной щели требуемый участок спектра.

Для питания шагового двигателя и управления им имеется специальный блок, функционирующий в 2-х режимах: ручном и с управлением от ЭВМ. Монохроматор МДР-23 имеет несколько сменных дифракционных решеток на различные спектральные диапазоны и набор светофильтров. Наличие двух выходных щелей и двух каналов в усилителе постоянного тока позволяет использовать широкий диапазон длин волн для сканирования разряда. Для этого используются умножители ФЭУ-62 и ФЭУ-100, фотокатоды которых имеют разные спектральные чувствительности и рассчитаны на работу в различных диапазонах длин волн. Наиболее часто используемый нами в экспериментах ФЭУ-100 рассчитан на видимый диапазон спектра и имеет максимум спектральной чувствительности фотокатода при длине волны около 4500 Å.

Для перемещения решетки используется шаговый двигатель ШДР-711 со специальным кинематическим механизмом на основе червячной передачи и индикацией длины волны. Питание шагового двигателя и управление им осуществляется с помощью специального устройства – блока управления шаговым двигателем (БУШД). В обоих режимах работы (ручном и с управлением от ЭВМ) БУШД дает возможность изменять скорость вращения шагового двигателя и, соответственно, перемещения дифракционной решетки, что позволяет за минимальное время позиционировать ее в нужное положение. Эта возможность удобна при реализации быстрого перехода к требуемой длине волны и относительно медленного сканирования заданного диапазона. Отличительной особенностью БУШД является цифровое управление от внешней ЭВМ, что не требует цифро-аналогового преобразователя при связи с компьютером.

Интерактивная диалоговая удаленная система ИНДУС и ее компоненты

При создании системы ИНДУС задача с самого начала ставилась так, чтобы удаленный пользователь не только получал данные эксперимента, но и мог активно изменять условия его проведения, а режимы эксперимента были индивидуальными для каждого студента. Предусматривались также тестирование пользователей перед допуском к удаленному пульту управления стендом и возможность контроля правильности обработки данных преподавателем, который находится вместе со студентом на удаленном рабочем месте пользователя. С помощью системы ИНДУС пользователь с удаленного компьютера, используя соответствующие протоколы обмена, через сеть Internet/Intranet отправляет необходимые команды на Web-сервер, обслуживающий экспериментальный стенд, программирует условия опыта, инициирует его проведение через управляющий компьютер (Lab-сервер), получает и визуализирует полученные результаты.

Для проведения удаленного лабораторного практикума система включает наглядные и простые в усвоении методические пособия, необходимые как для подготовки к выполнению лабораторной работы, так и для написания отчета после проведения эксперимента и обработки данных.

Исходя из перечисленных требований, автоматизированный лабораторный практикум в системе ИНДУС включает в себя следующие подсистемы:

- подсистема телекоммуникаций;

- обучающая подсистема;
- подсистема тестирования;
- справочная подсистема;
- подсистема идентификации пользователя;
- подсистема программирования условий эксперимента;
- подсистема имитации эксперимента;
- подсистема визуализации данных эксперимента;
- подсистема управления;
- объектовая подсистема;
- подсистема измерения.

Остановимся кратко на назначении перечисленных подсистем.

1. Подсистема телекоммуникаций обеспечивает связь удаленного пользователя с Web-сервером и Web-сервера с управляющим компьютером. Эта связь может осуществляться по различным протоколам в зависимости от оборудования и системного программного обеспечения.

2. Обучающая подсистема содержит полную информацию об экспериментальном стенде (оборудование, измерительные приборы и т. п.), краткие теоретические положения, методику измерения и т. д. в объеме, достаточном для подготовки к проведению лабораторной работы и написания отчета.

3. Подсистема тестирования предназначена для контроля усвоения знаний о стенде, физических принципах и методике эксперимента, без которого студент не допускается к активному проведению опытов.

4. Справочная подсистема содержит текстовые, табличные и графические данные, необходимые для обработки результатов эксперимента.

5. Подсистема идентификации пользователя проверяет, имеет ли пользователь право на управление установкой в настоящий момент, и обеспечивает проведение эксперимента в данное время только одним пользователем.

6. Подсистема программирования условий эксперимента позволяет в интерактивном режиме настроить стенд на требуемые условия проведения опытов. При этом производится текущий контроль допустимых параметров эксперимента.

7. Подсистема имитации эксперимента позволяет до проведения активных экспериментовзнакомиться с пультом управления стендом и имитировать элементарные операции настройки условий эксперимента, чтобы снизить затраты времени на реальный эксперимент.

8. Подсистема визуализации данных эксперимента позволяет наглядно представить результаты эксперимента в форме, удобной для их дальнейшей обработки.

9. Подсистемы управления и измерения позволяют перенастраивать лабораторный стенд и осуществлять его функционирование в заданном пользователем режиме работы, а также осуществлять измерение заданных параметров.

10. Объектовая подсистема и подсистема измерений представляет собой стендовую часть лабораторной установки.

В рамках разработанной системы ИНДУС методическая поддержка обеспечивается обучающей подсистемой, а контроль усвоения изложенных теоретических материалов, описания стенда и методики эксперимента реализуется с помощью подсистемы тестирования. При создании обучающей подсистемы в ней использовались следующие основные принципы.

1. Полнота представленных в подсистеме обучения материалов, необходимых для проведения данного лабораторного практикума.

2. Краткое лаконичное изложение теоретических материалов, чтобы их восприятие было возможным непосредственно с экрана ПЭВМ без дополнительного использования твердой копии.

3. Подробное описание лабораторного стенда с использованием графических возможностей HTML-технологии (карта-изображение с графическими гиперссылками – рис. 3, фото в GIF- или JPEG-формате, схемы и т. п.) с указанием принципа действия каждого устройства, его схемы и основных характеристик.

4. Использование гипертекстового и полиэкранного структурирования, обеспечивающих быстрый переход к требуемому разделу и одновременное воспроизведение на экране компьютера связанных фрагментов подсистемы обучения.

5. Возможность использования изложенных методических материалов после прохождения тест-контроля на последующих этапах: при проведении эксперимента и при обработке результатов.

6. Простая навигация, т. е. переход через наглядные меню к другим подсистемам практикума и быстрый возврат в данный раздел.

7. Дружественный интерфейс.

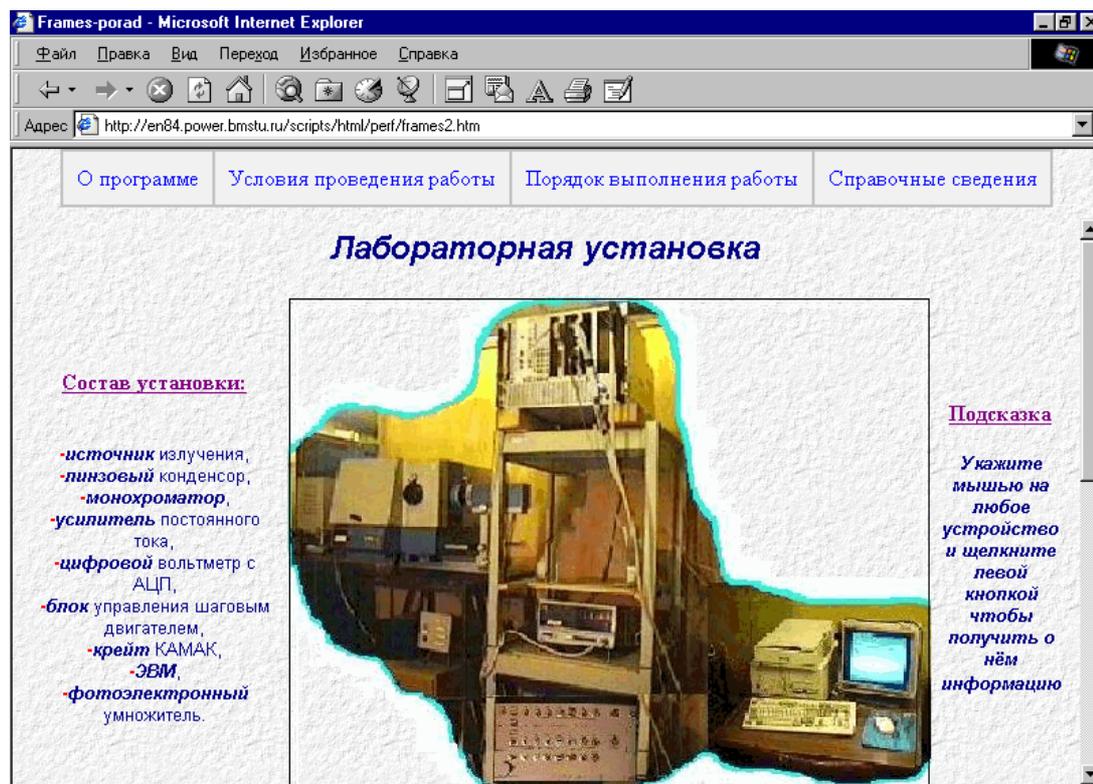


Рис. 3. Карта-изображение экспериментального стенда

Подсистема обучения основана на современных Web-технологиях и реализована в виде взаимосвязанных HTML-документов, которые скомпонованы тематически в соответствии с предметами изложения. Подсистема тестирования является очень важным звеном лабораторного практикума. Она предназначена для контроля усвоения знаний о стенде и методике эксперимента. Не пройдя тест, пользователь не допускается к пульта управления стендом и проведению эксперимента. При разработке системы учитывались следующие два момента, связанные с технологией организации тестирования. Во-первых, тест одновременно и независимо друг от друга могут проходить пользователи, работающие за разными персональными компьютерами. При этом число пользователей ограничено только мощностью сервера и пропускной способностью канала связи. Поэтому подсистема должна обеспечивать многопользовательское обслуживание с различными вариантами тестов для каждого удаленного компьютера. Во-вторых, вопросы (с соответствующими вариантами ответов) должны вызываться из базы данных, расположенной на сервере, случайным образом, что должно исключить чисто механическое запоминание правильных ответов

при многократном запуске тестирующей программы. База данных для созданного лабораторного практикума содержит 20 вопросов по всем разделам обучающей подсистемы и позволяет хранить до 100 вопросов с возможными ответами. Для быстрого заполнения и изменения содержания базы данных разработана специальная сервисная программа.

Приступить к выполнению экспериментальной части данной лабораторной работы студент может только при правильном ответе минимум на 4 из 5 вопросов. В случае неудачного ответа на вопросы теста (менее четырех правильных ответов) ему предлагается более внимательно ознакомиться с теоретической частью данной лабораторной работы и описанием установки, для чего производится автоматический переход в обучающую подсистему.

При разработке программного обеспечения для удаленных экспериментов очень большое внимание уделялось организационно-методическим вопросам технологии их проведения. К ним относятся: защита доступа к управлению стендом, идентификация пользователя, выделение ему потребных ресурсов времени и памяти компьютера с соответствующими приоритетами, обеспечение режима управления установкой только одним пользователем, проверка осуществимости заданных условий эксперимента и выполнимости их за выделенное время сеанса и др. В ходе разработки АЛП УД созданы подсистемы автоматизации и телекоммуникаций, оптимизирована организация связей подсистем, разработаны методические поддержки практикумов, выполненные с использованием современных Интернет-технологий. Все материалы опубликованы в сети Интернет как на отдельном сервере практикума (<http://indus.fusion.ru>) (рис. 4), так и на сервере Лаборатории программно-технического обеспечения удаленного практикума МГТУ им. Баумана (демонстрационная версия).

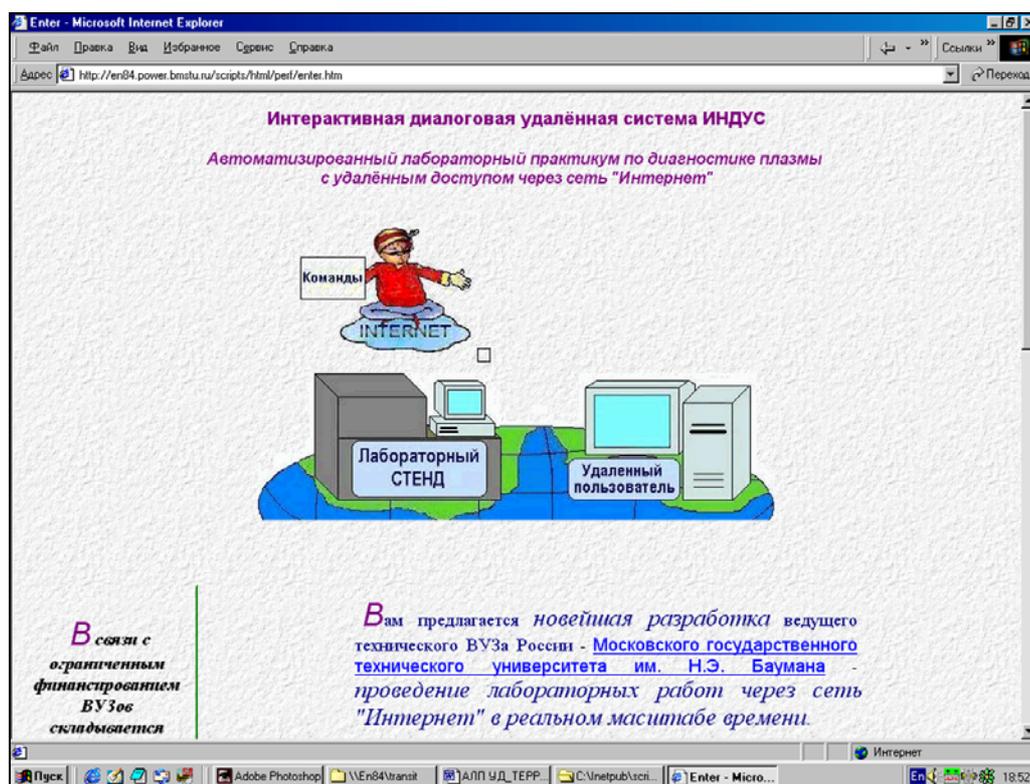


Рис. 4. Главная страница Интернет-лаборатории спектральной диагностики

Сайт этой лаборатории (<http://lud.bmstu.ru>) содержит обобщение разработок в этой области и является прообразом специализированного портала по автоматизированным лабораторным практикумам с удаленным доступом.

Методические аспекты проведения АЛП УД

Очень важными при использовании концепции АЛП УД являются методические вопросы использования в учебном процессе. Необходимо отметить, что априорным недостатком при дистанционном проведении лабораторного практикума является отсутствие непосредственного контакта студента с измерительной аппаратурой и средствами управления стендом. Поэтому проведение АЛП УД с целью достижения максимального эффекта при обучении должно занимать определенное место в учебном процессе, давать какие-то новые возможности, которые трудно реализовать при традиционной форме проведения работ, и быть методически обосновано. Отметим в связи с этим следующие основные моменты.

Во-первых, предполагается, что студент перед проведением удаленных работ принимал участие в более простых лабораторных работах, проводимых очно, и имеет элементарные понятия о теме проводимого практикума и необходимые практические навыки.

Во-вторых, проведение удаленного практикума целесообразно на автоматизированных достаточно сложных (а зачастую и уникальных) стендах, где студентов, как правило, не допускают к активным экспериментам из-за возможных поломок дорогостоящего оборудования, небольшой длительности запуска стенда, неблагоприятных условий в пультовой (например, шума) и т. п. Поэтому лабораторные работы на таких установках в большей мере носят созерцательный характер, а методическая сторона связана больше с процедурой обработки данных, чем с самим объектом исследования, способами управления рабочими параметрами и диагностикой.

В случае удаленного доступа появляется возможность активного участия студентов в проведении эксперимента. Для этого в программах связи должна быть предусмотрена проверка возможности осуществления тех режимов, которые задаются студентами для эксперимента. Они должны иметь возможность заранее в режиме эмуляции отработать приемы управления стендом, чтобы затем тратить значительно меньшее время на реальные опыты. Кроме того, проведение работ возможно в комфортных условиях, где отсутствуют различные мешающие проведению работ факторы, а студенты могут иметь доступные для получения мгновенной контекстной справки и наглядные методические пособия, подготовленные с использованием современных Интернет-технологий.

В-третьих, при проведении удаленного практикума предполагается, что контроль за выполнением лабораторных работ и правильностью полученных результатов осуществляет преподаватель, который находится вместе со студентом на удаленном рабочем месте пользователя. Этот преподаватель должен иметь какие-то специальные сервисные возможности, позволяющие ему оперативно проверять полученные студентами результаты.

Описываемый в данной работе АЛП УД при реализации разработанной концепции включает в себя полное методическое обеспечение, которое позволяет удаленному пользователю:

а) ознакомиться с теоретическими основами, методикой измерений и автоматизированным экспериментальным стендом, связанным с компьютером специальным устройством сопряжения;

б) проводить тестирование удаленных пользователей, чтобы выявить качество усвоения методических материалов перед допуском к активным экспериментам;

в) формировать удаленным пользователям в интерактивном режиме программу активного эксперимента;

г) проводить проверку осуществимости заданных условий эксперимента и выполнять активные опыты в соответствии со сформированной удаленным пользователем программой эксперимента;

д) предоставлять дополнительный сервис удаленному преподавателю для контроля за правильностью обработки студентами первичных результатов эксперимента.

Подробно методика и сценарий практикума описаны в [12]. Приведем здесь лишь пользовательский интерфейс при проведении эксперимента по определению электронной температуры в ртутном разряде методом относительных интенсивностей спектральных линий (рис. 5).

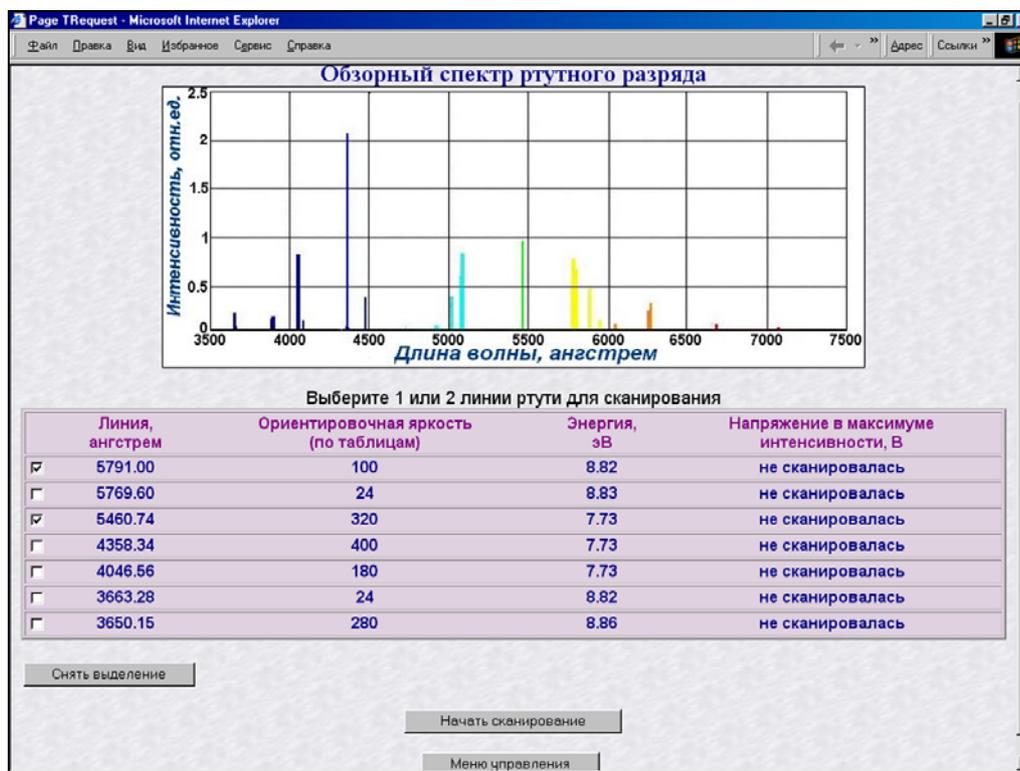


Рис. 5. Web-страница выбора линий для диагностики

Программно-аппаратный комплекс для удаленной спектральной диагностики на реальном стенде прошел трехгодичный период эксплуатации и был использован для проведения серий активных как учебных, так и научных экспериментов различными группами удаленных пользователей. Представленное на Web-сайте практикума программное обеспечение имеет дружелюбный интерфейс, удобный для восприятия текстовой и графической информации и обеспечивающий комфортное выполнение эксперимента. Большие возможности варьирования источников излучения, характеристик диспергирующих элементов и приемников излучения, а также цифровая схема управления позволяют проводить на представленной основе широкий спектр как учебных, так и научных экспериментов по специальным разделам оптики и по диагностике плазмы.

Реализации удаленного доступа к диагностическим системам плазменных установок

В заключение отметим особенности реализации удаленного доступа к экспериментальным стендам в других университетах и научных организациях. В Петрозаводском государственном университете [2] разработана структура распределенной информационно-измерительной системы для удаленного управления физическим экспериментом и выполнена ее программно-аппаратная реализация. Система включает коммуникационный сервер, серверы управления оборудованием (КАМАК-сервер, КОП-сервер и сервер доступа к микроконтроллеру MCS-96), Web-сервер для мониторинга системы и клиентские автоматизированные рабочие места. Коммуникационный сервер является посредником между серверами оборудования и клиентскими программами, он функционирует в многопользо-

вательском режиме и обеспечивает корректное распределение разделяемых ресурсов. Система строится на базе протокола TCP, что обеспечивает ее интеграцию в глобальную компьютерную сеть. На данный момент реализован нижний уровень системы, который включает КАМАК-сервер и КОП-сервер, обеспечивающие непосредственный доступ к измерительным и исполнительным устройствам соответствующих приборных интерфейсов.

Там же разработан и введен в эксплуатацию автоматизированный программно-аппаратный комплекс для диагностики неоднородной нестационарной плазмы на основе LabVIEW с возможностью удаленного управления оборудованием. Варианты комплекса реализованы на спектроскопических установках на основе спектрометра ДФС-12 и на основе сканирующего интерферометра Фабри – Перо с прибором предварительной монохроматизации ИСП-51. Создано оригинальное программное обеспечение для сбора и обработки данных на этом комплексе, способное обслуживать работу подобных систем, использующих для сопряжения спектроскопического оборудования с другими компонентами экспериментальных или технологических стендов как средства LabVIEW, так и аппаратуру КАМАК.

Разработанный в РНЦ «Курчатовский институт» измерительно-вычислительный комплекс для установки «Токамак-10» обеспечивает поддержку удаленного управления диагностическими системами. Пример одной из Web-страниц, расположенных на сайте <http://new.fusion.ru>, приведен на рис. 6. Созданный пакет DASWEB позволяет также проводить визуализацию и многофункциональную обработку экспериментальных данных (рис. 7).

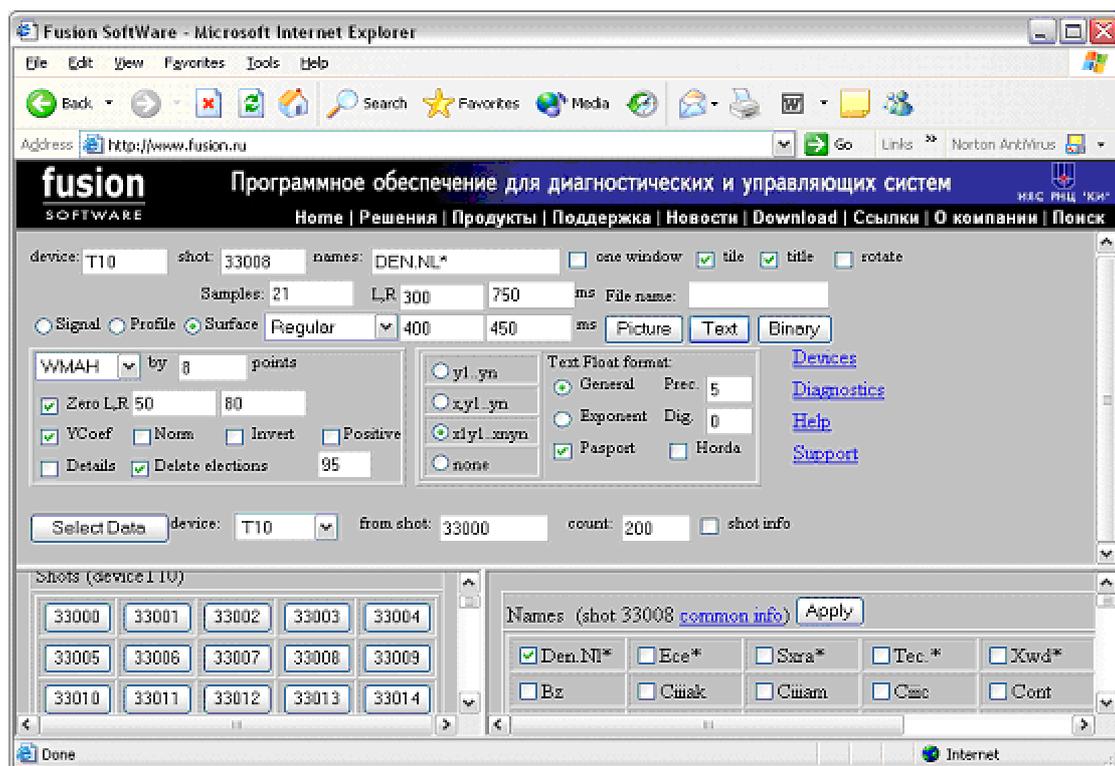


Рис. 6. Одна из Web-страниц поддержки удаленного эксперимента на установке T-10

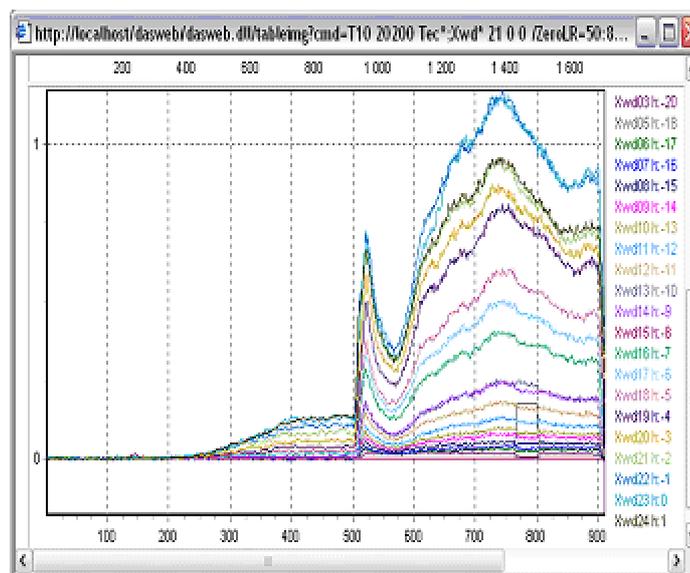


Рис. 7. Визуализация экспериментальных данных

Литература:

1. Зимин А. М., Аверченко В. А., Лабзов С. Ю. и др. Программно-аппаратный комплекс для удаленной спектральной диагностики плазмы через сеть Интернет // Мат. конф. «ФНТП-2001». Петрозаводск, 2001. Т. 2. С. 13–17.
2. Гаврилов С. Е., Жиганов Е. Д., Кипрушкин С. А., Курсков С. Ю. Распределенная информационно-измерительная система для удаленного управления экспериментом в области оптической спектроскопии // Тез. докл. Всерос. науч. конф. «Научный сервис в сети Интернет». М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. С. 157–159.
3. Соколов М. М. Возможность применения измерительно-вычислительного комплекса «Токамак-10» на других экспериментальных установках // Тез. докл. X Всерос. конф. по диагностике высокотемпературной плазмы. Троицк, 2003. С. 27–28.
4. Вознесенский В. А., Семенов И. Б. Международная система управления и сбора данных (SCADA) MDSPlus и возможности ее использования на российских токамаках // Препринт РНЦ «Курчатовский институт» № ИАЭ-6249/14. М., 2002. С. 68.
5. Арбузов Ю. В., Леньшин В. Н., Маслов С. И., Поляков А. А., Свиридов В. Г. Новый подход к инженерному образованию: теория и практика открытого доступа к распределенным информационным и техническим ресурсам. М.: Центр-Пресс, 2000. 238 с.
6. Отраслевой стандарт 9.2–98. Системы автоматизированного лабораторного практикума. Основные положения. М.: Росстандарт, 1998.
7. Зимин А. М. Автоматизированный лабораторный практикум с удаленным доступом в техническом университете // Информационные технологии. 2002. № 2. С. 39–43.
8. Федоров И. Б., Зимин А. М., Коршунов С. В., Кузнецов Ю. М. Лабораторный практикум с удаленным доступом как средство практической подготовки специалистов в техническом университете // Индустрия образования. М.: ГосНИИСИ, 2002. Вып. 2. С. 312–319.
9. Малыгин Е. Н., Краснянский М. Н., Карпушкин С. В., Мокрозуб В. Г. Использование среды программирования LabVIEW при обеспечении удаленного доступа к лабораторному и промышленному оборудованию // Индустрия образования. М.: ГосНИИСИ, 2002. Вып.2. С. 349–355.
10. Зимин А. М., Аверченко В. А., Лабзов С. Ю. и др. Программный комплекс «Интерактивная диалоговая удаленная система для проведения лабораторных практикумов «ИНДУС»: Свид. № 2001611800 об официальной регистрации программы для ЭВМ. Роспатент, 2001.
11. Зимин А. М., Аверченко В. А., Лабзов С. Ю. и др. Лабораторный практикум по спектральной диагностике плазмы с удаленным доступом через Интернет // Информационные технологии. 2002. № 3. С. 37–42.

12. Аверченко В. А., Зимин А. М., Лабзов С. Ю. и др. Методика проведения лабораторного практикума по диагностике плазмы через сеть Интернет // Индустрия образования. М., 2002. Вып. 2. С. 335–348.