

**Федеральное агентство по образованию**

Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана

---

А.М. Зимин

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
С УДАЛЕННЫМ ДОСТУПОМ В ПРАКТИЧЕСКОЙ  
ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ**

*Пособие  
для системы повышения квалификации  
руководителей, преподавателей  
и специалистов образовательных учреждений*

Москва, 2006

## Оглавление

Введение

1. Технические и программные средства для дистанционного управления реальным оборудованием через сеть

1.1. Технические средства управления оборудованием практикума

1.2. Программные средства управления оборудованием стенда

1.3. Связь удаленного пользователя с автоматизированным стендом

2. Методика использования лабораторий удаленного доступа в учебном процессе при различных технологиях обучения

3. Действующие АЛП УД

Список литературы

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших составляющих подготовки студентов в университетах естественнонаучного и технического профиля, способствующих выработке у обучаемых практических навыков, является лабораторный практикум, проводимый в соответствии с учебным планом как по общим, так и по специальным дисциплинам.

В настоящее время в связи с интенсивной разработкой методик использования в учебном процессе технологий дистанционного обучения (см., например, [1]) все большее значение приобретает автоматизированный лабораторный практикум с удаленным доступом (АЛП УД) [2-4], который проводится на реальном физическом оборудовании для условий эксперимента, индивидуально задаваемых самими обучающимися. Другие его названия, часто используемые в литературе – лаборатория удаленного доступа, система автоматизированного лабораторного практикума, Интернет-лаборатория. Структура АЛП УД и основные требования к его подсистемам строго регламентируются введенным в рамках Минобразования России отраслевым стандартом ОСТ 9.2-98 [5]. Важно отметить, использование АЛП УД предполагается не только в рамках дистанционного и открытого образования [3,6], но и при использовании традиционных очных технологий проведения учебного процесса. Для ряда созданных и постоянно функционирующих в нашей стране автоматизированных практикумов это уже и имеет место в течение нескольких лет.

Указанное обстоятельство связано также и с тем, что выделяемые в 80-х-90х годах 20-го столетия для развития материально-технической базы вузов средства оказались явно недостаточными не только для оснащения лабораторий современными приборами и оборудованием, но и для поддержания в рабочем состоянии тех стендов, которые уже имелись для обеспечения учебного процесса в высших учебных заведениях. Поэтому задача создания и последующего коллективного использования АЛП УД с целью существенного повышения уровня практической подготовки студентов является весьма актуальной для большинства вузов Российской Федерации. В связи с постоянно расширяющимся использованием глобальной сети Интернет практически для любых учебных заведений открываются возможности доступа не только к лабораторным установкам и новейшим методикам ведущих университетов РФ, но и к уникальным стендам академических и отраслевых научных организаций, что позволяет включить их в активное проведение учебного процесса.

Учитывая необходимость существенного повышения уровня практической подготовки специалистов, в рамках ряда научно-технических программ Министерства образования и науки Российской Федерации, в частности, в отраслевой программе «Научное, научно-методическое, материально-техническое и информационное обеспечение системы образования» и федеральной целевой программе «Развитие единой образовательной информационной среды (2001-2005 годы)» предусмотрено выполнение научных проектов, имеющих целью создание автоматизированных установок и стендов, используемых в лабораторных практикумах и учебно-исследовательской работе студентов, а также всероссийского специализированного сервера, содержащего сведения о разработанных учебно-лабораторных ресурсах.

Задача создания и последующего коллективного использования АЛП УД является весьма актуальной также при разработке концепции исследовательского университета и формировании его информационного пространства. Целевое использование ресурсов глобальной сети Интернет существенно расширяет кругозор и исследовательские навыки специалистов в процессе обучения. При подготовке специалистов для ключевых наукоемких отраслей последнее обстоятельство является особенно важным, т.к. крупные уникальные установки требуют весьма больших капиталовложений и создаются только в единичных экземплярах.

В соответствии с разработанной концепцией использование АЛП УД начинается с младших курсов, где наряду с традиционными формами лабораторных практикумов используется сетевой доступ к учебным стендам других университетов. Такие общие банки лабораторных практикумов существенно расширяют перечень доступных студентам экспериментальных стендов и допускают значительно большие возможности выбора при индивидуализации обучения. На старших курсах в практическую подготовку включаются лабораторные практикумы и учебно-исследовательская работа на уникальных стендах ведущих научных организаций по соответствующему профилю знаний. В целом ряде направлений науки и техники (физика частиц высоких энергий, ядерная техника, физика плазмы и др.) с учетом особых условий работы на уникальных стендах и наличием ряда опасных для человека факторов (высокие напряжения, СВЧ- и рентгеновское излучение, нейтронные потоки и т.п.) пультовая, оснащенная сложными дистанционными системами управления и диагностики, вынесена на достаточно большое расстояние

от установки и отгорожена от нее различными защитными сооружениями. Методы измерения большинства параметров в таких системах являются бесконтактными.

В этих условиях сбор информации о протекающих процессах и управление таким сложным устройством производятся практически всегда дистанционно. Поэтому в подготовке специалистов для различных отраслей, и прежде всего, для энергетики, в учебно-исследовательском процессе должно большое внимание уделяться методам дистанционного управления экспериментом. Они, безусловно, должны применяться в сочетании с лабораторными и учебно-исследовательскими работами, проводимыми традиционным способом, но желательно, чтобы освоение новых информационных технологий в этом направлении не было какой-то кампанией, а шло целенаправленно, начиная с общих и общетехнических (или общефизических) дисциплин. Именно на это и направлено применение автоматизированного лабораторного практикума с удаленным доступом.

Настоящая пособие посвящено анализу концепции, построению и оптимизации связей компонентов практикума, возможным техническим и программным средствам дистанционного сетевого управления реальным учебно-научным оборудованием и их применению в АЛП УД, а также методике использования автоматизированных лабораторных практикумов с удаленным доступом в университетах естественнонаучного и технического профиля.

## 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ЧЕРЕЗ СЕТЬ

В соответствии с [5] под *системой автоматизированного лабораторного практикума* понимается комплекс технических, программных и методических средств, обеспечивающих автоматизированное проведение лабораторных и экспериментальных исследований непосредственно на физических объектах и (или) математических моделях. В настоящей главе рассматриваются только практикумы, выполняемые на физических стендах, где ведутся реальные эксперименты.

*Удаленный компьютерный доступ* – такой режим функционирования системы АЛП, при котором работа с физическим 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 прикладного программного обеспечения или использования в отдельных случаях специализированных пакетов программ; и в-третьих, методической поддержки лабораторного практикума.

1.1. Технические средства управления оборудованием практикума. Как отмечалось выше, для создания АЛП УД необходим автоматизированный экспериментальный стенд. Для того чтобы осуществить локальную автоматизацию, требуется применение специальных технических средств - управляющего компьютера, связанного со стендом посредством устройства сопряжения с объектом [2,7], различных датчиков и исполнительных механизмов, модулей преобразования и согласования сигналов и т.п. Функциональная схема организации связей экспериментальной установки с ЭВМ представлена на рис. 1.

Состояние подсистем стенда обычно характеризуется аналоговыми сигналами с датчиков, расположенных в непосредственной близости от установки. Эти сигналы поступают на аппаратуру предварительной обработки сигналов (АПОС), которая обеспечивает предварительное усиление, фильтрацию и, если это необходимо, гальваническое отделение каналов дальнейшей обработки от входных цепей. Гальванические развязки позволяют разорвать замкнутые электрические контуры, образованные экранирующими сигнальными кабелями, по которым для стендов с мощными переменными электромагнитными полями (см., например, [8]) могут

блуждать паразитные токи, вызывающие существенные искажения измеряемых сигналов.



Рис. 1. Функциональная схема организации связей экспериментальной установки с ЭВМ

Следующим элементом линии передачи сигналов являются нормализаторы (усилители с переменным коэффициентом передачи), позволяющие согласовывать динамический диапазон аналоговых сигналов с входными характеристиками аналогово-цифровых преобразователей (АЦП), осуществляющих кодирование величины сигнала в цифровой форме. Применяются также и другие типы кодировщиков: фаза – код, время – код, пороговые дискриминаторы, вырабатывающие одноразрядный сигнал "да – нет" (логические входы). Перечисленные элементы образуют каналы измерения автоматизированного стенда.

ЭВМ получает данные от стенда через устройство сопряжения с объектом (УСО) и через него же может вырабатывать управляющие воздействия, например, изменяющиеся напряжения на датчиках, питание шаговых двигателей, запускающие импульсы для различных подсистем стенда и т.п.

Аналогичная цепочка элементов (только в обратном порядке) расположена в цепи управления исполнительными механизмами стенда. Вместо АЦП она может включать в себя цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), преобразующий цифровой сигнал в аналоговый; модули управления шаговыми двигателями, перемещающими некоторые элементы стенда; программируемые таймеры, запускающие различные дополнительные системы установки, и т.п. Рассмотренные элементы образуют каналы управления.

Типы датчиков и исполнительных механизмов стенда могут быть весьма специфичными, что приводит к ряду особенностей локальной автоматизации

эксперимента [9], однако набор стандартов на организацию измерительно-управляющих устройств и систем ограничен. Выбираемый в конкретном АЛП УД стандарт, как правило, должен определяться числом каналов измерения и управления, возможностью их расширения, удалением пульта управления от стенда, однако чаще всего связан с уже имеющейся аппаратурой, на базе которой осуществлялась локальная автоматизация. Естественно, что используемый стандарт приводит к специфике программного обеспечения ряда подсистем автоматизированного лабораторного практикума. В первую очередь, это относится к подсистемам измерения и управления (см. раздел 1.2). Перечень возможных УСО, позволяющих связать компьютер с экспериментальным стендом, довольно подробно рассмотрен в [2]. Ниже будут приведены их классификация и некоторые характеристики, а при рассмотрении характерных примеров из числа уже функционирующих практикумов будут представлены и рекомендации по их применению. 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.

Различные типы УСО выполняют функции согласования быстродействующих ЭВМ, имеющих относительно небольшое число входных и выходных сигнальных линий, и измерительно-управляющих устройств с большим числом каналов и относительно медленной производительностью. В некоторых случаях УСО являются, по существу, расширением шины ЭВМ. В последнее время в связи с интенсивным развитием микропроцессорной техники и интеллектуализацией отдельных блоков измерительной аппаратуры роль УСО все чаще возлагается на сетевые методы передачи информации.

Одним из важнейших положений, используемым при построении измерительно-управляющих систем, является магистрально-модульный принцип организации. Здесь под магистралью понимают официально зарегистрированный международный или национальный стандарт на логические, механические и электрические параметры, обеспечивающий совместимость модулей, выполненных в данном стандарте. Модульность системы обеспечивает возможность объединения модулей с различными характеристиками для обеспечения необходимого количества и качества входных и выходных каналов.

В полной мере данный принцип организации реализован в так называемых **магистрально-модульных системах**. Здесь используются средства сопряжения, не зависящие от платформы и представляющие совокупность специальных элементов (модулей) с магистральным принципом организации. Обмен информацией между отдельными элементами происходит по правилам, определяемым конкретной системой и не зависящим от типа ЭВМ. Связь между системой и ЭВМ осуществляется с помощью специального интерфейса или контроллера, структура которого определяется типом ЭВМ.

Достоинствами такого подхода являются:

- создание гибких измерительных комплексов, которые можно легко наращивать и модернизировать;
- создание банков совместимых компонентов системы – модулей, приборных интерфейсов, контроллеров, разрабатываемых в различных организациях и странах;
- независимость структуры комплекса от типа ЭВМ (ее смена приводит к необходимости замены только одного элемента системы – контроллера).

Примерами магистрально-модульных систем (ММС) являются КАМАК, общая шина (ОШ), канал общего пользования (КОП), И-41, Q-bus, MULTYBUS-I, MULTYBUS-II, VME-bus, VMX-bus, IEEE-488, HP-IB-bus, FASTBUS, H-2000 и др. Рассмотрим структуру измерительно-вычислительного (или управляющего вычислительного) комплекса на базе магистрально-модульной системы (рис. 2) на примере одной из первых и весьма широко используемой (в том числе - и до сих пор, хотя выпуск функциональных модулей в этом стандарте прекращен несколько лет назад) - КАМАК (в англоязычной версии – CAMAC – Computer Applications for Measuring And Control).

Основное достоинство системы КАМАК с магистральным принципом организации – стандартизация на трех основных уровнях: механическом, электрическом и логическом. Механическую основу системы составляет крейт – корзина или каркас, который имеет ряд станций - позиций, снабженных разъемами для установки в них функциональных модулей (ФМ): блоков ЦАП-АЦП, счетчиков импульсов, блоков управления шаговыми двигателями и т.п. Контакты разъемов всех станций соединены системой проводников – линий или шин, образующих многопроводный канал связи – магистраль крейта. Последние станции занимает специальный модуль – контроллер крейта (КК), который управляет работой ФМ через магистраль крейта и организует обмен информацией между модулями и компьютером по командам ЭВМ. Управление ФМ, а также обмен информацией

между ними и КК осуществляется с помощью команд КАМАК, которые генерируются КК и передаются через магистраль для исполнения.

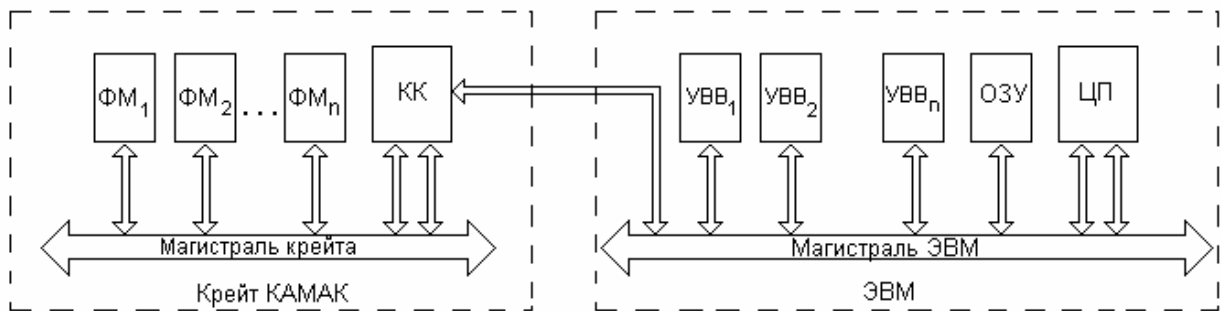


Рис. 2. Структура измерительно-вычислительного (или управляющего вычислительного) комплекса на базе магистрально-модульной системы [7]:  
 ФМ – функциональный модуль, КК – крейт-контроллер, УВВ – устройство ввода-вывода, ОЗУ – оперативное запоминающее устройство,  
 ЦП – центральный процессор

Модули, представляющие собой по сравнению с КК пассивные элементы системы, состоят из двух частей: функциональной и интерфейсной. Интерфейсная часть обеспечивает выполнение команд КАМАК и непосредственное управление работой функциональной части.

Как видно из рис. 2, в организации магистрально-модульной системы и ПЭВМ имеется достаточно много аналогий. В обоих устройствах используется магистральный принцип организации. В ПЭВМ процессами на магистрали управляет ЦП, в магистрально-модульной системе эти функции выполняет КК. При этом КК выступает для ЭВМ в качестве внешнего устройства ввода-вывода, соединяемого с магистралью компьютера через специальный адаптер, а все операции обмена «ЭВМ-КАМАК» идут только через КК. Модули в крейте, также как и внешние устройства в ПЭВМ, являются пассивными исполнителями команд, передаваемых по магистрали. В магистрали КАМАК, кроме того, имеются линии, играющие роль, аналогичную линиям требования прерывания (IRQ) в ПЭВМ. По этим линиям ФМ выставляют запросы на обслуживание, информирующие систему о том или ином событии, произошедшем на экспериментальном стенде, которые анализируются крейт-контроллером.

Несмотря на то, что стандарт КАМАК был разработан еще в 1972 г., он поддерживает достаточно высокие параметры обмена данными. Так, линии адресов

и данных – 24-разрядные, а скорость передачи данных по магистрали составляет около 16 Мбит/с (правда, связь ФМ-КК-адаптер снижает скорость обмена до значения ~ 1 Мбит/с). Однако высокая частота синхронизации выполнения операций на магистрали КАМАК (в соответствии со стандартом она имеет значения 1 и 5 МГц) позволяет во многих случаях использовать эту систему при не слишком высоких требованиях к быстродействию. Если учесть, что крейты КАМАК имеются во многих организациях РФ, включая ВУЗы, в больших количествах, создание АЛП УД на их технической базе является вполне оправданным, т.к. не требует дополнительных материальных затрат на автоматизацию стенда.

Дальнейшее развитие магистрально-модульных систем происходило на новой элементной базе. Здесь следует отметить системы VME (Versabus Module Europebus) и VXI (VME-bus eXtension for Instrumentation). Их принципиальные особенности заключаются в следующем. Во-первых, крейт-контроллер является интеллектуальным – программы управления модулем перенесены в состав крейта, в результате чего быстродействие системы повысилось примерно на порядок. Во-вторых, основу VXI составляет магистраль новой архитектуры (скорость обмена ~ 360 Мбит/с), которая разрешает прямое обращение одного модуля к другому. В-третьих, за счет встроенных микропроцессоров интеллектуальными являются и большинство модулей. Появились режим самодиагностики, реализованы предварительное накопление и обработка данных. Модули VXI имеют оперативную память до 64 Мбайт.

Позднее появились и другие магистрально-модульные системы. Одним из лидеров в этой области (впрочем, как и применительно к другим техническим средствам сопряжения ЭВМ с экспериментальным стендом) является фирма National Instruments (<http://www.ni.com/russia>). Из современных магистрально-модульных систем, выпускаемых отечественными производителями, для вузов более реально приобретение систем Н-2000, выпускаемых ЗАО «Л-Кард» (<http://www.lcard.ru>). РС-совместимая станция сбора данных Н-2000 - специализированный измерительно-вычислительный комплекс для организации крупных систем сбора данных реального времени. Н-2000 может быть применена для автоматизации научных исследований, заводских испытаний, и встроена в АСУ ТП. Станция обладает возможностью скоростной передачи данных на встроенный компьютер для их обработки, длительного хранения, визуализации, передачи системе верхнего уровня, выдачи команд управления. Н-2000 обеспечивает высокие метрологические характеристики. Предусмотрена возможность организации сети из

станций Н-2000, персональных компьютеров и т.п., что радикальным образом решает проблему расширяемости системы в целом. На рис. 3 приведен внешний вид крейта этой станции, его размеры: высота 176 мм, глубина 438 мм, ширина 449 мм.

Аппаратура станции базируется на высокопроизводительной шине PCI (режим BusMaster), что позволяет проводить обмен данными между интерфейсными платами и встроенным компьютером в реальном времени. Скорость обмена HI-8 – компьютер равна 133 МБайт/с. Запас по пропускной способности шины позволяет гарантированно пропускать поток со средней скоростью 20 Мбайт/с даже в условиях интенсивных обменов кэш-памяти и основной памяти, а также выполнения операций BusMaster другими компонентами системы. В Н-2000 обеспечена работа всех компонентов системы с помощью единой тактовой последовательности 40 МГц.

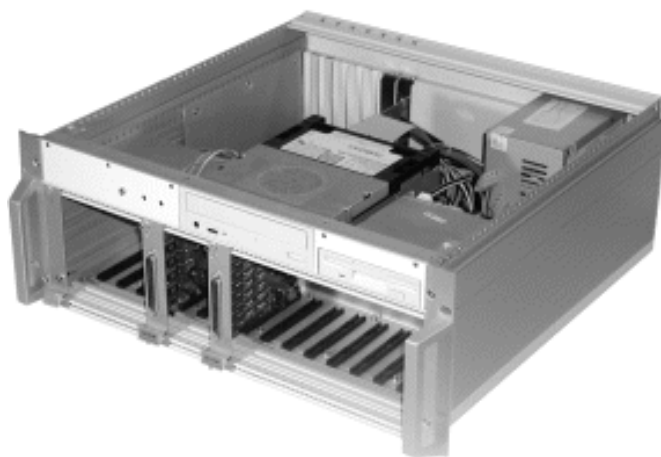


Рис.3. Внешний вид крейта станции сбора данных Н-2000

Основные технические характеристики станции Н-2000 следующие:

<b>Крейт</b>	
Питание	220 В, 50 Гц
<b>Модули УСО (h-модули)</b>	
Количество	до 16 шт
Гальваническая развязка от корпуса крейта	до 300 В
<b>Интерфейсные платы (HI-8)</b>	

Количество	1 или 2 шт, (каждая поддерживает 8 h-модулей.)
Системная шина	PCI
Внешние входы	Запуск, система единого времени
<b>Прочее</b>	
Температура рабочая	+5...+40 °С
Температура хранения	-20...+55 °С
Относительная влажность	до 90 % при +20 °С

Модельный ряд основных функциональных модулей для различных измерительно-управляющих комплексов приведен ниже. Кроме того, ЗАО "Л-Кард" проводит разработку модулей по ТЗ заказчика.

Наим.	Описание	Цена (у.е.)
<a href="#">Н-11</a>	АЦП: 14 бит, до 400 кГц (на все каналы), 16 / 32 канала	320
<a href="#">Н-22</a>	АЦП для виброакустических измерений: до 78 кГц, 4 канала	600
<a href="#">Н-25</a>	АЦП для виброакустических измерений: до 234 кГц, 4 канала	750
<a href="#">LE-41</a>	Усилитель заряда: до 20 кГц, 4 канала	240
<a href="#">Н-34</a>	ЦАП: 8 каналов, до $\pm 10$ В, до 39 кГц	420
<a href="#">Н-41</a>	Дискретный ввод: оптопары, 16 каналов	150
<a href="#">Н-42</a>	Дискретный вывод: твердотельные реле, 16 каналов	150
<a href="#">Н-43</a>	Дискретный ввод/вывод: ТТЛ, 32 канала	150
<a href="#">NN-000</a>	Источник питания внешних устройств: + 5 В, $\pm 15$ В. Макетный модуль	60
<b>Мезонинная система измерения медленноменяющихся сигналов с поканальной гальваноразвязкой</b>		
<a href="#">Н-27</a>	Носитель восьми submodule серии Н-27х	160
<a href="#">Н-27I-20</a>	Измеритель тока: 2 канала, 0...20 мА	55
<a href="#">Н-27I-10</a>	Измеритель тока: 2 канала, $\pm 10$ мА	55
<a href="#">Н-27I-5</a>	Измеритель тока: 2 канала, 0...5 мА	55

<a href="#">Н-27Т</a>	<b>Измеритель сигналов с термопар:</b> 2 канала, -25 мВ...+75 мВ	65
<a href="#">Н-27R-100</a>	<b>Измеритель термосопротивлений:</b> 1 канал, 0...100 Ом	45
<a href="#">ОР-27TR</a>	<b>Компенсатор холодного спая:</b> -50...+150 ± 0,5° С. (Опция для субмодуля <a href="#">Н-27R-100</a> .)	20
<a href="#">Н-27R-250</a>	<b>Измеритель термосопротивлений:</b> 1 канал, 0...250 Ом	45
<a href="#">Н-27U-20</a>	<b>Измеритель напряжения:</b> 2 канала, 0...20 В	65
<a href="#">Н-27U-10</a>	<b>Измеритель напряжения:</b> 2 канала, ± 10 В	65

Итак, относительными недостатками магистрально-модульных систем являются их избыточность для автоматизации простых объектов и дороговизна. Применение магистрально-модульных систем оправдано для сложных многоканальных экспериментальных стендов, когда требуется высокая точность измерений при повышенном быстродействии всей системы.

Модульный принцип организации персональных ЭВМ позволяет подключать измерительную аппаратуру через соответствующий интерфейс **непосредственно к магистрали персонального компьютера**. По этому пути, как правило, создаются специализированные измерительно-вычислительные комплексы, ориентированные на подключение к ЭВМ небольшого числа измерительных и управляющих устройств. В ряде случаев функционирование прибора осуществляется по жестким программам, которые хранятся в программируемых постоянных запоминающих устройствах (ППЗУ). Для создания гибких, легко перестраиваемых и наращиваемых автоматизированных систем, необходимых в лабораторных исследованиях, рассмотренный подход практически не используется, поскольку физическая нагрузочная способность магистрали ПЭВМ ограничена. Непосредственное подключение к магистрали большого количества разнородных элементов измерительной аппаратуры и элементов управления практически не представляется возможным, т.к. увеличение числа нагрузок приводит к снижению надежности работы ПЭВМ и всего комплекса в целом.

В автоматизированных системах с небольшим числом каналов связи чаще всего применяются измерительно-управляющие платы (в английской транскрипции - Plugin-Card), называемые часто также просто платами ЦАП-АЦП (рис. 4). Их преимущества: во-первых, между компьютером и устройствами ввода-вывода отсутствуют какие-либо промежуточные звенья, а во-вторых, вследствие расположения непосредственно в слотах на материнской плате IBM/PC-

совместимого компьютера может быть существенно (максимум - до 132 Мбайт/с) повышена скорость обмена данными и командами. Выпускаются платы с собственными микропроцессорными средствами обработки, быстрыми буферами-накопителями типа FIFO (First Input – First Output), а технические характеристики лучших образцов приближаются к приведенным выше для функциональных модулей магистрально-модульных систем.

Типичные характеристики плат ЦАП-АЦП следующие:

- входной коммутатор – 8-64 канала;
- АЦП – 8-16 разрядов;
- ЦАП – 8-16 разрядов;
- встроенные программируемые счетчики/таймеры;
- порты цифрового ввода/вывода (8-128 разрядов).



Рис. 4. Быстродействующая плата аналого-цифрового преобразования для шины PCI

Ниже в качестве примера приведен перечень плат сбора данных на базе АЦП с различным быстродействием, выпускаемых ЗАО «Руднев-Шилев» (<http://www.rudshel.ru>):

- низкочастотные на шине PCI: ЛА-1,5PCI, ЛА-1,5PCI-У, ЛА-1,5PCI-14;
- то же на шине ISA: ЛА-70M4; ЛА-7; ЛА-4; ЛА-2M5;
- высокочастотные на шине PCI: - ЛА-н10M6PCI; ЛА-н20-12PCI; ЛА-н150-14PCI; ЛА-н10M8PCI ME3-0208-100;
- то же на шине ISA: ЛА-н10M6;
- высокочастотные для продолжительного сбора на шине PCI: ЛА-БПн25-12PCI;
- то же на шине ISA: ЛА-БПн25-12 MEM128;
- ультрабыстродействующие на шине PCI: ЛА-н10M8PCI ME3-0108-500;
- то же на шине ISA: ЛА-н1;
- ультрабыстродействующие для продолжительного сбора на шине PCI: ЛА-БПн2-8PCI.

Недостатки использования такого подхода, кроме указанных выше, заключаются в следующем: а) как правило, относительно дешевые платы не содержат выходного буфера в ЦАП, что вызывает необходимость работы в реальном времени; б) относительная дороговизна и потребность (для импортных плат) в дорогом лицензионном программном обеспечении; в) невысокая мощность сигналов управления, питание которых происходит от блока питания ПЭВМ. Несколько снизить стоимость автоматизации стенда позволяет использование внешних систем сбора данных, подключаемых к ПЭВМ через последовательный порт или USB-шину (рис. 5), однако при этом снижается быстродействие системы. На рис. 5 приведен общий вид системы сбора данных на USB-шину ЛА-125USB (Minilab 1008), поставляемой ЗАО «Руднев-Шиляев», а ниже в таблице приведены ее основные технические характеристики.



Рис. 5. Система ЛА-125USB (Minilab 1008) сбора данных на USB-шину

#### Технические характеристики системы ЛА-125USB

АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (АЦП)	
Количество каналов	4 дифференциальных или 8 с общей землей
Разрядность АЦП	12 бит
Коэффициент усиления	1, 2, 4, 5, 8, 16, 20 для дифференциального режима
Время преобразования	10 мкс
Входное сопротивление	не менее 100 кОм
Диапазон входного сигнала	$\pm 20$ В, <b><math>\pm 10</math> В</b> , $\pm 5$ В, $\pm 4$ В, $\pm 2,5$ В, $\pm 2$ В, $\pm 1.25$ В, $\pm 1$ В - дифференциальный режим <b><math>\pm 10</math> В</b> - однополюсный режим
Частота преобразования	8 кГц - при заполнении 4К FIFO; 1,2 кГц - продолжительный сбор; 50 Гц - программный сбор
Защита входов	При включенном питании $\pm 40$ В При выключенном питании $\pm 10$ В
ЦИФРОВЫЕ ВХОДЫ И ВЫХОДЫ	
Цифровые входы и выходы	24 цифровые линии ввода/вывода (байтно независимы) 4 цифровые линии ввода/вывода (байтно независимы)
ЦИФРО-АНАЛОГОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ	
ЦАП	2 выхода; разрешение - 10 бит; диапазон выходного напряжения: 0-5 В; максимальная частота вывода: 100 Гц
Режим энергопотребления	< 20 мА
Длина соединительного	до 3 метров

кабеля USB

Измерительно-управляющие комплексы на базе плат ЦАП-АЦП целесообразно создавать и использовать в следующих случаях:

- при удалении комплекса от объекта исследования не далее нескольких метров (в противном случае будут иметь место существенное нарушение синхронизации процессов и снижение надежности обмена данными, что повлечет за собой необходимость применения дорогостоящих фильтров и других систем помехоподавления);

- при управлении физическими объектами с относительно медленно меняющимися процессами, не требующими высокого быстродействия;

- при небольшом количестве каналов измерения-управления и плат сопряжения, потребных для автоматизации данного стенда, т.к. число слотов расширения в ПЭВМ ограничено.

Реже, чем два предыдущих класса устройств связи ЭВМ с объектом, для автоматизации экспериментальных стендов в целях создания АЛП УД применяются **программируемые логические контроллеры (PLC)**. Их применение оправдано в сложных разветвленных измерительно-управляющих подсистемах, когда необходимо разгрузить главный компьютер от рутинной работы (сбор – накопление данных, предварительная обработка и т.п.). Скорость обмена данными, которую поддерживают PLC, относительно невысока. Типичный представитель этого класса устройств – микропроцессор Intel i80C51 [2].

Среди **других способов связи ПЭВМ с экспериментальным стендом**, которые могут быть использованы при создании АЛП УД, следует отметить методики, предложенные фирмой Hewlett-Packard и принятые в качестве стандартов в 1975 г. Комитетом IEEE и в 1976 г. Комитетом МЭК. Соответствующие концепции интерфейсов основаны на последовательно-параллельном побайтовом сопряжении с ЭВМ, допускают подключение до 15 устройств на расстояние до 20 м и в настоящее время известны под названием МЭК-625 или интерфейсной магистрали Hewlett-Packard (HP-IB).

Как уже упоминалось, отдельно будут рассмотрены разработки фирмы National Instruments: технические средства сопряжения ЭВМ с экспериментальными стендами и программные среды для их использования. Кроме того, при автоматизации эксперимента используются также и комбинации различных УСО. Так например, при создании АЛП УД по механике деформируемого твердого тела

[10,11], использовался обмен данными ПЭВМ со специальным силовым блоком питания и управления через последовательный порт в стандарте RS-232, а сам блок MP-20M содержал логический контроллер, поддерживающий ряд макрокоманд измерения и управления.

1.2. Программные средства управления оборудованием стенда. Программное обеспечение (ПО) 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. Кроме того, разработанное для данного АЛП УД специализированное ПО должно осуществлять и методическую поддержку лабораторных работ, т.е. содержать описание лабораторного стенда, методику измерений, различные справочные материалы и т.п. Очевидно, что большая часть программного обеспечения является оригинальной, написанной на языках высокого уровня (обычно используются программные среды C++ и DELPHI) специально для данного практикума, хотя при его создании могут быть использованы и другие программы, например, средства графического программирования [2], среди которых следует специально выделить продукты фирмы National Instruments (LabVIEW, BridgeVIEW и др.) – см, например, [12].

В алгоритме программ можно выделить два больших блока. Первый из них поддерживает работу Web-сервера практикума, а второй – обеспечивает его связь со стендом, выполнение эксперимента по сценариям удаленных пользователей и трансляцию полученных результатов. Для программной реализации второго блока в качестве одного из путей часто используется последовательность так называемых CGI-приложений (см, например, [13]).

CGI (Common Gateway Interface) - это стандартный шлюзовой интерфейс для запуска внешних программ под управлением Web-сервера. Под приложениями CGI понимают программы, которые, пользуясь этим интерфейсом, получают через протокол HTTP от удаленного пользователя информацию, обрабатывают ее и возвращают результат обработки в виде ссылки на существующую HTML-страницу или в виде документа HTML, созданного динамически. Передача информации CGI-приложениям начинается с заполнения форм, которое осуществляется удаленным пользователем на соответствующих HTML-страницах при формировании сценария автоматизированного практикума.

Перед запуском CGI-приложения Web-сервер выбирает в соответствии с заданной разработчиком программы директивой [13] один из двух способов (GET или POST) передачи полученных данных для обработки. Метод GET предполагает передачу данных CGI-приложению через переменные среды (environment variables), а при использовании метода POST оно получает данные из формы через стандартный поток ввода STDIN. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. Метод GET обычно используется для обработки небольших форм, в то время как POST не накладывает ограничений на размер передаваемых данных. Для передачи файлов из локального компьютера в Web-сервер пригоден только второй метод. Кроме того, при выборе метода передачи данных необходимо учитывать ее скрытность, чтобы она не отображалась в адресной строке Web-сервера [13]. Этот вопрос весьма важен при реализации сценария удаленного эксперимента, чтобы удаленный пользователь не мог изменить последовательность команд управления удаленным оборудованием, что может привести к выводу его из строя.

Вне зависимости от метода передачи данных CGI-приложение направляет результаты своей работы в стандартный поток вывода STDOUT. Чаще всего их используют для создания динамических документов HTML, вид которых зависит от выполненной CGI-приложением операции и ее параметров. Эта динамическая HTML-страница затем публикуется на Web-сервере, благодаря чему пользователь видит на экране результат выполнения заданной операции именно с тем параметром, который был задан в соответствующей форме.

В МГТУ им. Баумана для всесторонней поддержки проведения автоматизированных лабораторных практикумов с удаленным доступом разработана интерактивная диалоговая удаленная система ИНДУС [4,14]. При ее создании 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. В ней предусмотрены 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.

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.

Прикладное программное обеспечение включает в себя ряд подсистем, функционально обслуживающих разные составляющие практикума. Для системы ИНДУС, имеющей целью всестороннюю поддержку проведения АЛП УД через сеть Интернет, их состав приведен на рис. 6.



Р

Рис. 6. Состав АЛП УД в системе ИНДУС

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 экспериментов ознакомиться 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 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, 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, удобный для восприятия текстовой и графической информации.

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 пульту 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.

Хотя, как уже отмечалось, большая часть программного обеспечения конкретного АЛП УД является оригинальной, ряд его составляющих, связанных с основными функциональными процедурами, может быть создан с использованием библиотек, которые можно найти в сети Интернет. В этой связи хотелось бы отметить полезное начинание Политехнической Интернет-лаборатории в Московском энергетическом институте (техническом университете), на сайте которой (<http://www.pilab.ru>) можно найти некоторые свободно распространяемые программные средства для реализации отдельных подсистем АЛП УД. Такой же раздел предполагается организовать и на создаваемом всероссийском сервере АЛП УД.

1.3. Связь удаленного пользователя с автоматизированным стендом. Как отмечалось в предыдущем разделе, при разработке АЛП УД большое внимание уделяется поддержке связи с удаленным пользователем через локальную и (или) глобальную сеть. 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.

Клиентский и управляющий компьютеры подключаются к сети с помощью сетевых адаптеров. Однако организация связи в случае использования глобальной сети Интернет может быть различной [4].

1. Управляющий стендом компьютер (Lab-сервер) совмещен с Web-сервером. В этом случае одни приложения, используемые при выполнении АЛП УД, могут влиять на скорость выполнения других. Может возникнуть ситуация, когда время выполнения основной задачи практикума - тех или иных элементарных действий на экспериментальном стенде - окажется непрогнозируемым. В частности,

это может быть при использовании для управления какими-либо подсистемами стенда DOS-приложений. 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. Поток команд и данных для такого способа организации связей представлены на рис. 7.



Рис. 7. Поток команд и данных при разделенных управляющем компьютере и Web-сервере

Подсистема телекоммуникаций размещается на Web-сервере, и работа с удаленным пользователем осуществляется в сети Internet/Intranet по протоколу TCP/IP. Web-сервер может быть связан с управляющим компьютером (Lab-сервером) либо локальной сетью (для обмена здесь может быть использован другой протокол - например, NetBEUI), либо через последовательный порт в стандарте RS-232. Поддержка сети на управляющем компьютере осуществляется операционной системой, а все операции обмена со стендом через устройство сопряжения с объектом (УСО) происходят через резидентную программу, которая может работать, если это необходимо, в режиме DOS-эмуляции. Такая технология связи является существенно более гибкой и эффективной и обеспечивает 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.

## **2. Методика использования лабораторий удаленного доступа в учебном процессе при различных технологиях обучения**

Учитывая большую роль автоматизированного лабораторного практикума в совершенствовании практической подготовки специалистов естественнонаучного и политехнического профиля, в рамках научно-технических программ Министерства образования Российской Федерации «Научное, научно-методическое, материально-техническое и информационное обеспечение системы образования» предусмотрено выполнение ряда научных проектов, имеющих целью не только создание автоматизированных установок и стендов для использования в учебном процессе, но также разработку средств их информационной и методической поддержки. В этом направлении отечественными учебными заведениями проведены циклы исследований и накоплен большой положительный опыт. Настоящий раздел базируется в основном на результатах методических работ, проведенных в российских университетах естественнонаучного и технического профиля.

Для выработки и реализации единого подхода к разработке и использованию АЛП УД, унификации автоматизированных лабораторных практикумов с удаленным доступом, их методической поддержки в ведущих российских университетах созданы специальные учебно-научные подразделения. Так, в Московском энергетическом институте (техническом университете) эти функции выполняет совместный с головной организацией в области индустрии образования Государственным научно-исследовательским институтом системной интеграции (ГосНИИСИ) Центр системной интеграции средств обеспечения учебного процесса и научных исследований, который наряду с созданием ряда АЛП УД выдвинул, обосновал и последовательно разрабатывает концепцию распределенной политехнической Интернет-лаборатории [15-19]. В Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана в рамках Учебно-методического отдела дистанционного обучения функционирует университетская Лаборатория программно-технического обеспечения удаленного практикума, основными задачами которой являются разработка интерактивной системы для поддержки удаленного практикума [14], типового АЛП УД для университетского инженерного образования, отладка его на ряде практикумов по профилю общетехнических [11] и специальных кафедр [20] и методическое обеспечение широкого использования

технологии удаленного доступа при подготовке специалистов 21-го века [4,21,22]. При этом в ведущих университетах обеспечивается возможность проведения лабораторных занятий как с использованием локальной сети университета несколькими группами студентов, так и другими удаленными пользователями через Интернет.

Целью применения информационных и телекоммуникационных технологий для совершенствования образования является достижение открытости, гибкости, индивидуализации и непрерывности образования [15]. Образовательный процесс в такой системе строится на основании индивидуальных учебных планов и программ при свободном выборе времени, темпов и места обучения.

В гуманитарных направлениях подготовки специалистов отдельные элементы открытого образования и соответствующие им структуры учебных учреждений успешно используются достаточно давно как в нашей стране, так и за рубежом. Это связано с относительной простотой передачи по компьютерным сетям графической и текстовой информации, составляющей основное содержание электронных учебных материалов для этих направлений высшего образования. Принципиальные трудности внедрения открытого образования возникают в системе естественнонаучного и технического образования, т.к. здесь полноценная подготовка специалистов невозможна без практической подготовки обучающихся в учебных лабораториях, а на заключительных этапах обучения – и без приобщения к проведению научных исследований [16]. Известно, что лабораторные практикумы являются самым дорогим видом учебного процесса, требующим для своей реализации около 80% всех затрат на подготовку инженеров [2]. Ускоряющаяся смена техники и бурное развитие технологий с неизбежностью приводят к столь же быстрому моральному старению учебного лабораторного оборудования. Недостаток лабораторного оборудования и ограниченные возможности доступа к нему не позволяют проводить подготовку специалистов на современном уровне.

В этих условиях требуется новый подход к организации учебного процесса, который получил свое развитие при создании системы открытого образования. Он основан на формировании и применении программно-технических комплексов обеспечения учебного процесса и научных исследований, которые доступны обучаемым по компьютерным сетям вне зависимости от их местонахождения. В идеальной ситуации учебно-методические комплексы (УМК) поддерживают полную совокупность образовательных услуг для самостоятельного изучения базовых и специальных учебных дисциплин в естественнонаучных и технических учебных

заведениях различного уровня. Такие средства обучения позволяют проводить [15]:

- теоретическое изучение учебных дисциплин;
- практические занятия;
- компьютерное моделирование изучаемых объектов;
- экспериментальное исследование объектов изучения;
- контроль степени усвоения изучаемого материала;
- полную математическую обработку и графическое отображение полученных результатов;
- ведение базы данных доступа пользователей к ресурсам лаборатории.

УМК по конкретной учебной дисциплине следует признать хорошо сбалансированным, если в его составе будут представлены все компоненты объектов изучения (по классификации [16] они включают законы, критерии, физические процессы, способы, устройства и т.д.). В зависимости от преимущественно используемых при подготовке специалистов технологий авторы [17] рассматривают два типа УМК.

*Учебно-методический комплекс централизованного типа* характерен для традиционных технологий, когда вся совокупность образовательных услуг предоставляется одним учебным заведением. Оно же, являясь, как правило, разработчиком данного УМК, гарантирует доступ к его ресурсам на определенных условиях и обеспечивает его работоспособность и постоянное совершенствование в соответствии с тенденциями развития данного направления науки и техники. Разработчик может на определенных условиях передать права подготовки специалистов и все компоненты УМК (оставив за собой авторские права, а также обязанности обслуживания и доработки) специализированным центрам. Это не меняет самого принципа централизации.

*Для УМК децентрализованного (распределенного) типа* характерна ситуация, когда отдельные компоненты образовательных услуг в рамках конкретной учебной дисциплины предоставляются различными образовательными учреждениями, чей профессиональный уровень в наибольшей степени соответствует отдельным разделам дисциплины и современному уровню. Второй случай более характерен для системы открытого образования, однако нормативными документами Федерального агентства по образованию допускается практически любое соотношение очных и дистанционных технологий. Поэтому

использование новейших достижений в технике и методике эксперимента, достигнутых другими образовательными и научными учреждениями, является, безусловно, весьма хорошим дополнением к имеющимся возможностям лабораторного практикума в данном университете.

С точки зрения практической подготовки специалистов весьма важным фактором является наличие в этих комплексах автоматизированного лабораторного оборудования, которое может работать под управлением обучаемых с удаленных рабочих мест, подключенных к глобальной или локальной сети. Реализация такого подхода позволяет организовать самостоятельную работу обучаемых при выполнении индивидуальных заданий не только с новейшим учебным лабораторным оборудованием, но и с уникальными научно-исследовательскими установками.

Следует отметить несколько появившихся в последнее время тенденций в методиках проведения лабораторного практикума, связанных как с возможностью использования компьютеров в эксперименте, так и с недостаточным обеспечением образовательных учреждений оборудованием для учебных целей.

Во-первых, достаточно активно обсуждается вопрос о замене выполнения лабораторных работ на реальных физических стендах на так называемый виртуальный лабораторный практикум, полностью реализуемый средствами компьютерного моделирования. Как указано в [16], чаще всего такая постановка имеет место при исследовании достаточно простых объектов, для которых математические модели адекватно описывают изучаемые процессы. Однако, как отмечается в цитируемой работе, не наличие или отсутствие математической модели диктует необходимость постановки учебного экспериментального исследования, а лишь стратегия подготовки техника, инженера, исследователя – научного работника. Поэтому точно так же, как умению читать техническую литературу, разбираться в электрических и монтажных схемах, конструкторской документации, умению проводить проектные и проверочные расчеты, использовать аппарат моделирования, будущий специалист в обязательном порядке должен быть обучен технике постановки и проведения физического и инженерного эксперимента. В идеальной постановке образовательного процесса с целью повышения эффективности усвоения каждый объект изучения в рамках учебной дисциплины в обязательном порядке должен снабжаться всеми необходимыми компонентами теоретического, практического, модельного и экспериментального изучения. Если же самого главный в этой цепочке – эксперимент – отсутствует, то, по меткому

выражению [23], будет выпущен студент, умеющий только моделировать, но не умеющий измерять, работать с аппаратурой, - специалист крайне ограниченный.

Во-вторых, в последнее время в сети Интернет все чаще стали появляться так называемые демонстрационные лабораторные практикумы. По заранее объявленному расписанию опытными преподавателями того или иного образовательного учреждения проводится конкретная лабораторная работа, и на известном сайте этого университета ее результаты будут доступны любому пользователю. Привлекательность такого подхода – относительная простота реализации, и существует опасность, что по этому упрощенному пути могут пойти многие, рапортуя о внедрении открытого технического образования. Ценность такой "лабораторной работы" крайне низка. Здесь обучаемый не реализует ни одной образовательной функции: он не собирает схему эксперимента, не выбирает приборы и оборудование, не настраивает параметры и режимы отдельных устройств. Не воздействует на объект изучения по собственному заданию, не ошибается и не учится на собственных ошибках. Он является лишь пассивным наблюдателем чужих, профессионально выверенных, безошибочных действий [16]. Справедливости ради стоит заметить, что такой подход, по нашему мнению, имеет право на жизнь только тогда, когда АЛП УД проводится на производственной базе и дает возможность обучающемуся наблюдать реальный производственно-технологический процесс в режиме on-line, как это делается, например, в разработках Тамбовского государственного технического университета [24].

В-третьих, ряд авторов вообще отрицает эффективность проведения АЛП УД с помощью сетевых средств. Основные аргументы здесь – отсутствие непосредственного физического контакта студента с аппаратурой стенда и невозможность получения практических навыков. Да, в определенной степени это так, но при проведении АЛП УД через Интернет предполагается, что студент перед удаленным экспериментом принимал участие в более простых лабораторных работах, проводимых очно в лаборатории своего образовательного учреждения (или ближайшего к его месту проживания при полностью дистанционной технологии образования) и имеет элементарные понятия о теме проводимого практикума и необходимые практические навыки. Однако в этом случае он имеет возможность проводить опыты на таких стендах и по таким методикам, которые были бы ему ранее недоступны, а главное - самостоятельно составлять сценарий и устанавливать режимы эксперимента. Он имеет здесь право на ошибку и получит об этом информацию, когда его собственная программа эксперимента будет проходить

контроль осуществимости на удаленном стенде [4]. В [17] приводятся и другие аргументы в пользу существенной методической ценности АЛП УД. Здесь отмечается, что прямой физический контакт с объектом изучения важен в лишь тренажерах, а в подавляющем большинстве других случаев практически ничего не дает в познании объекта, т.к. изучаемые физические процессы недоступны органам прямого восприятия органами чувств человека. Кроме того, с появлением первых средств автоматизации оператор был постепенно выведен из контура прямого управления объектом и со временем был заменен управляющей вычислительной машиной, поскольку органы чувств и реакция оператора перестали удовлетворять требованиям чувствительности, точности, быстродействия и многоканальности управления. Наконец, современные промышленное производство и научные исследования строятся на основе автоматизированных систем управления. Дистанционный мониторинг – важнейший их элемент, а подготовка специалистов, владеющих технологиями дистанционного доступа к технологическому и научному оборудованию, - современная актуальная задача образовательных учреждений.

Поэтому в подготовке специалистов для различных отраслей, и прежде всего, в энергетике, в учебно-исследовательском процессе должно большое внимание уделяться методам дистанционного управления экспериментом. Они, безусловно, должны применяться в сочетании с лабораторными и учебно-исследовательскими работами, проводимыми традиционным способом, но желательно, чтобы освоение новых информационных технологий в этом направлении не было какой-то кампанией, а шло целенаправленно, начиная с общих и общетехнических (или общефизических) дисциплин. Именно на это и направлено применение автоматизированного лабораторного практикума с удаленным доступом.

Использование АЛП УД должно начинаться с младших курсов, где наряду с традиционными формами лабораторных практикумов используется сетевой доступ к учебным стендам других университетов. Такие общие банки лабораторных практикумов существенно расширяют кругозор студентов и позволяют больший выбор в индивидуализации обучения. На старших курсах в практическую подготовку включаются лабораторные практикумы и учебно-исследовательская работа на уникальных стендах ведущих научных организаций Российской Федерации.

Итак, 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, в особенности

при использовании традиционных технологий обучения, должно занимать свое определенное место в учебном процессе, давать новые возможности, которые трудно реализовать при традиционной форме проведения работ, и быть методически обосновано. Отметим в связи с этим следующие основные моменты.

Как уже отмечалось, предполагается, что студент перед проведением удаленных работ принимал участие в более простых лабораторных работах, проводимых очно, имеет элементарные понятия о теме проводимого практикума и простейшие 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 большой 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 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 имеют 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 специальные сервисные возможности, позволяющие ему оперативно проверять полученные студентами результаты. Кроме того, предусматривается также тестирование пользователей перед допуском к удаленному пульта управления стендом.

Удаленный лабораторный практикум должен включать в себя наглядные и простые в усвоении электронные методические пособия, необходимые как для подготовки к выполнению лабораторной работы, так и для написания отчета после проведения эксперимента и обработки данных.

К основным достоинствам использования АЛП УД в учебном процессе также следует отнести [16]:

- многократное уменьшение количества однотипного оборудования, применяемого при выполнении лабораторных работ, а также занимаемых учебных лабораторий, обслуживаемого персонала (в основном, это касается общих естественнонаучных и общетехнических кафедр);

- все рутинные операции автоматизируются, что позволяет обучаемым сосредоточить внимание на основных задачах исследования;

- лабораторное оборудование становится доступным каждый день, что соответствует одному из основных принципов открытого образования;

- перечень доступного лабораторного оборудования существенно расширяется, причем за счет самых современных физических стендов, позволяющих реализовать новейшие методики эксперимента.

Таким образом, в современных условиях при использовании последних достижений в информационных и телекоммуникационных технологиях АЛП УД находит применение в учебном процессе как в системе открытого образования, так и при использовании традиционной очной технологии обучения.

В рамках системы ИНДУС [4,14,25] методическая поддержка, основанная на использовании современных Интернет-технологий, обеспечивается обучающей подсистемой, а контроль усвоения изложенных теоретических материалов, описания стенда и методики эксперимента реализуется с помощью подсистемы тестирования. Подсистема обучения реализована в виде взаимосвязанных HTML-документов, скомпонованных тематически в соответствии с предметами изложения.

При создании обучающей подсистемы используется ряд принципов, обеспечивающих удобство восприятия методических материалов непосредственно с экрана ПЭВМ: а) полнота представленных в подсистеме обучения материалов, необходимых для проведения данного лабораторного практикума; б) краткое лаконичное изложение теоретических положений, чтобы их восприятие было возможным без дополнительного использования твердой копии; в) подробное описание лабораторного стенда с использованием графических возможностей HTML-технологии (карта-изображение с графическими гиперссылками, фото в GIF-

или JPEG-формате, схемы и т.п.) с указанием принципа действия каждого устройства, его схемы и основных характеристик; г) использование гипертекстового и полиэкранного структурирования, обеспечивающих быстрый переход к требуемому разделу и одновременное воспроизведение на экране компьютера связанных фрагментов подсистемы обучения; д) возможность использования методических материалов после прохождения тест-контроля на последующих этапах: при проведении эксперимента и при обработке результатов; е) простая навигация, т.е. переход через наглядные меню к другим подсистемам практикума и быстрый возврат в данный раздел; ж) дружелюбный интерфейс, удобный для восприятия текстовой и графической информации.

Перейдем к организации проведения АЛП УД с использованием локальных и глобальных сетей. На примере инженерного образования схема взаимодействия удаленных пользователей с объектом исследования приведена на рис. 8 [21]. При этом, как отмечалось выше, объекты исследования, зачастую уникальные, могут быть размещены не только в высших учебных заведениях, но и в ведущих научных организациях, разнесенных территориально на большие расстояния.

Для проведения лабораторных практикумов обучаемые (студенты образовательных учреждений РФ - в случае применения традиционных технологий обучения и физические лица – при использовании открытого образования) направляют заявки на выполнение тех или иных лабораторных работ в региональные центры инженерного образования или непосредственно в базовые инженерные ВУЗы. Чаще всего переписка для согласования перечня работ и времени их проведения производится по электронной почте, хотя могут быть проведены и прямые аудио-визуальные переговоры с диспетчером (или системным программистом) объекта исследования – например, с использованием среды Microsoft NetMeeting. Вход на сервер конкретного АЛП УД для ознакомления с теоретической частью, описанием оборудования, методикой проведения эксперимента, а также для проведения тренировок и имитаций на вынесенном пульте управления стендом в демонстрационном режиме (чтобы сэкономить затем время на проведении эксперимента в монопольном режиме управления) производится без ограничений. Далее типовой сценарий проведения лабораторного практикума с удаленным доступом выглядит следующим образом.

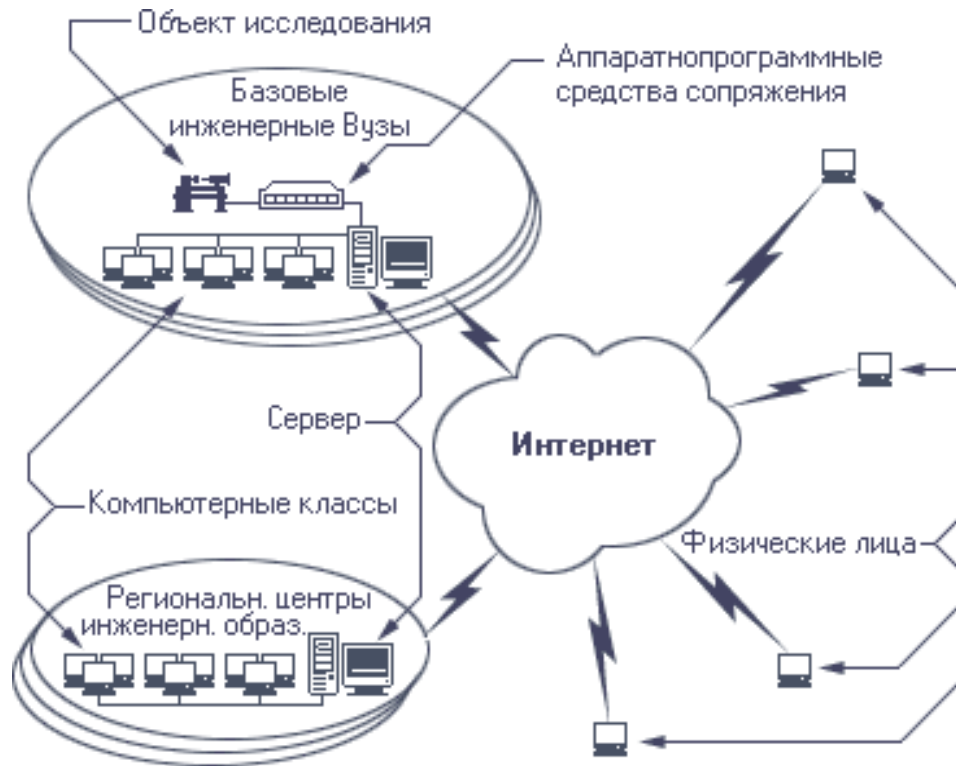


Рис. 8. Схема взаимодействия удаленных пользователей с объектом исследования

После ввода полученных от системного программиста АЛП УД паролей (обычно их два: первый – для входа на сайт практикума зарегистрированного пользователя, чтобы создать для него на сервере личную папку, где будут храниться файлы с результатами его экспериментов режиме управления, и второй - для входа в режим монопольного управления стендом) и выделения лимитов времени на проведение учебного эксперимента удаленный пользователь прежде всего попадает в подсистему тестирования, где проходит тест-контроль на усвоение методических материалов. Как правило, ему предлагаются контрольные вопросы и по устройству стенда, и по методике эксперимента, и по теоретической части. При большом числе неверных ответов происходит автоматический переход в обучающую систему для повторного изучения электронного описания практикума.

При положительных результатов теста обучающийся входит в монопольный режим управления удаленным оборудованием и переходит на страницу сервера АЛП УД с пультом управления экспериментальным стендом. Здесь ему предлагается выбрать сценарий и задать условия опытов. Как отмечалось выше, эксперимент проводится не в режиме on-line, а после задания всей его программы. Поэтому после задания условий опыта одним из приложений сервера АЛП УД

производится автоматический контроль их осуществимости и безопасности. Кроме того, производятся оценка длительности проведения эксперимента с заданными условиями и проверка, укладывается ли эта длительность в выделенные данному пользователю лимиты времени. Вся эта информация становится известной удаленному пользователю, и он может внести коррективы в сценарий и условия опыта.

Если все необходимые условия выполнены, пользователь нажатием кнопки "Выполнить эксперимент" осуществляет запуск программы опыта. Далее он может следить за ходом эксперимента в окне браузера, где будет появляться различного рода информация о ходе проведения опыта. Это могут быть различные окна с указанием, например, процента длительности его выполнения или каких-то промежуточных результаты, видеоизображение стенда и т.п. На части АЛП УД предусматривается также возможность прямых переговоров с обслуживающим стенд персоналом. Персонал экспериментального стенда на экране управляющего компьютера отслеживает и условия, и последовательность опыта, а при необходимости в экстренных ситуациях может вмешаться в ход его проведения.

По окончании эксперимента удаленному пользователю отображаются его результаты в табличном и/или графическом виде. После выхода из монопольного режима управления обучающийся может сохранить их на своем компьютере или воспользоваться программным обеспечением АЛП УД для обработки первичных данных. При этом преподаватель, находящийся вблизи рабочего места обучающегося, может, воспользовавшись особым паролем, оперативно проверить результаты лабораторной работы.

Рассмотренные схема проведения АЛП УД и типовая методика относятся к практикумам, разработанным в образовательных учреждениях Российской Федерации. Однако можно представить себе и значительно более глобальное обобщение автоматизированных лабораторных ресурсов при международной кооперации в этой области. Идея Всемирной студенческой лаборатории (в английской транскрипции WWSL – World Wide Student Laboratory) была впервые предложена А.А. Ародзеро [26]. Она в большей мере ориентирована на открытое образование, хотя может использоваться для расширения учебно-научных экспериментальных ресурсов и при традиционных технологиях обучения. Главные цели WWSL сформулированы в [26] следующим образом: увеличить эффективность практической подготовки студентов на современной базе экспериментальных исследований, стимулировать интерес студентов к науке и обеспечить расширение

лабораторных ресурсов преподавателям.

На начальном этапе World Wide Web (WWW – всемирная паутина) прежде всего использовалась в образовательных целях тремя основными способами [27]:

- для обеспечения студентов более широким доступом к информации;
- как инструмент связи при традиционных формах образования, с целью роста эффективности взаимодействия между преподавателями и студентами;
- как "виртуальная классная комната", "виртуальная лаборатория", как обобщенный интерфейс для обучения на расстоянии.

В основу проекта WWSL положены новые образовательные технологии, который дополняют традиционные методы и поднимают стандарт учебного экспериментального исследования на качественно новый уровень. Эти технологии существенно расширяют пределы лабораторной техники, доступной для практической подготовки студентов во всем мире. WWSL – это динамичное международное сотрудничество, основанное на совместном использовании через сеть Интернет экспериментальных ресурсов университетов, учреждений, исследовательских центров и компаний.

Главный элемент структуры WWSL - образовательный или научный экспериментальный стенд. Этот стенд имеет интерактивное соединение с сетью Интернет через тематический сайт исследовательского центра, где он расположен. Выходя на этот сайт, студенты независимо от их местоположения получают возможность под руководством преподавателей управлять экспериментом, анализировать и обрабатывать данные. Результаты, полученные каждым студентом, становятся доступными всем другим обучающимся - участникам данного исследования, и могут использоваться ими в других проектах. Важно подчеркнуть, что WWSL - не "виртуальная", а реальная лаборатория, где могут быть сделаны реальные эксперименты (со всеми сопутствующими им "шумами"). При этом уровень учебных экспериментов приближается к современному для научных исследований.

В соответствии с концепцией WWSL можно отметить следующие основные преимущества такого подхода:

- возможность исследования явлений, ненаблюдаемых в традиционных условиях лаборатории. В качестве примеров можно привести исследования, которые требуют проведения одновременных опытов в различных географических точках мира, в различных окружающих средах, в течение длительных интервалов времени и т.д.;

- в результате обобщения экспериментальных данных, полученных на целом ряде стендов, возможно изучить "тонкие" процессы и/или процессы, которые требуют очень большого объема данных;

- появляется возможность управлять экспериментальными проектами параллельно с математическим моделированием, что способствует более глобальному пониманию явлений;

- любой студент, имеющий доступ к Интернету, независимо от местоположения может участвовать в WWSL, что делает WWSL совершенным образовательным инструментом на любом расстоянии;

- студенты имеют круглосуточный доступ к экспериментальным установкам (24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 365 дней в году) и возможность работать на них в соответствии с собственным графиком;

- преподаватели имеют возможность использовать данные экспериментов, проводимых в режиме on-line, для чтения лекций;

- используя WWSL, студенты могут иметь доступ к данным "профессиональных" научных экспериментов, а преподаватели могут использовать эти данные для учебного процесса;

- отдельные студенческие проекты могут быть объединены в виде заключительного доклада по исследовательским работам - участие в создании такого доклада научит студентов этике совместных исследований, повысит мотивацию и значимость их работ;

- разработка и реализация новых WWSL-блоков программного обеспечения может хорошо быть хорошим стимулом для студентов при изучении информатики;

- элементы WWSL могут быть доступны не только студентам университетов, но также и обучающимся в колледжах и средних школах.

Для реализации проекта WWSL в США организована компания DiscoverLab Corporation, президентом которой является А.А. Ародзеро. Результатом первой ее разработки явилось "объединение" через сеть Интернет двух лабораторий по изучению космических лучей, одна из которых расположена в РФ (МГТУ им. Н.Э. Баумана), а другая – в США (Университет штата Орегон). На рис. 9 приведена одна из страниц проекта WWSL (<http://wwsl.net>).

Следует отметить, что разработана соответствующая инфраструктура WWSL (рис.10), в которой нашли отражение и образовательные организации Российской Федерации.

### Example: Cosmic Ray Topical Center

Web Portal of Cosmic Ray Topical Center

-7-

DiscoverLab  
a global educational environment

Рис. 9. Web-страница проекта WWSL с примером портала центра по изучению космических лучей

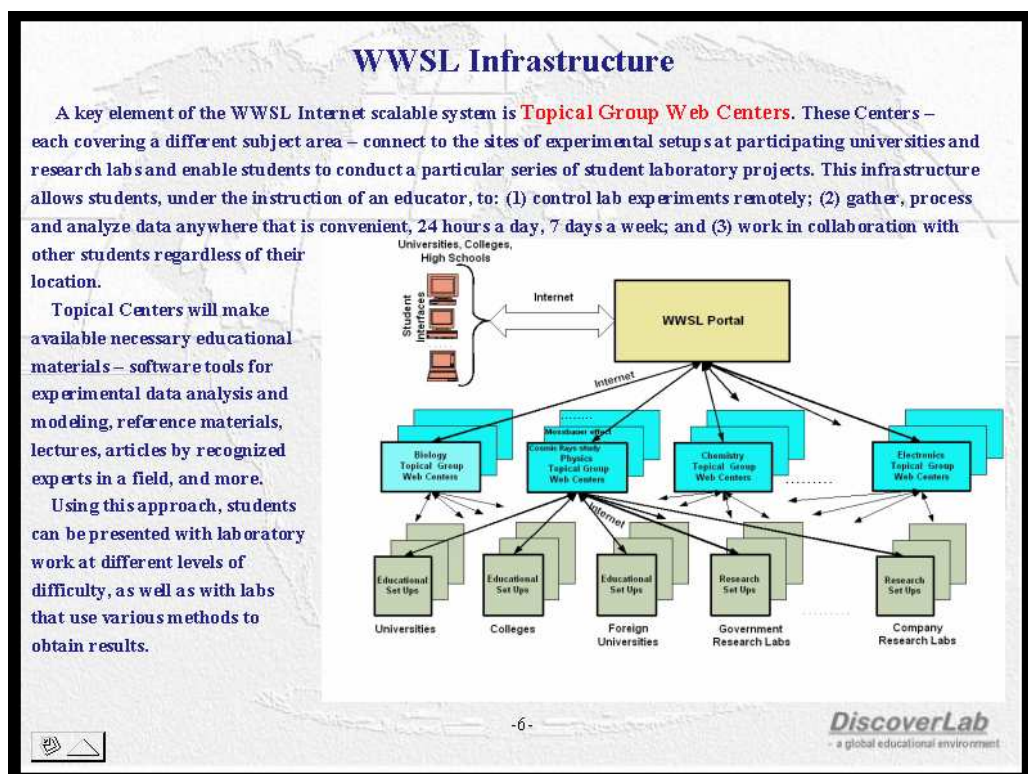


Рис.10. Инфраструктура проекта WWSL

### 3 Действующие АЛП УД

Перейдем к анализу имеющихся к настоящему времени и успешно функционирующих автоматизированных лабораторных практикумов с удаленным доступом. Информация о перечне, разработчиках и возможностях АЛП УД размещена на нескольких порталах. Ее можно найти, например, среди прочей информации о разработанных в РФ учебных электронных материалах в разделах "Лабораторные практикумы" на порталах открытого (Российский государственный Институт открытого образования) <http://www.openet.ru> и инженерного образования <http://www.engineer.bmstu.ru> (МГТУ им. Н. Э. Баумана). Однако имеется также несколько специализированных сайтов, посвященных лабораторным практикумам и их использованию в учебном процессе. Большинство из них находится в настоящее время в процессе накопления данных о практикумах и модернизации. Выделим здесь сайты Политехнической Интернет-лаборатории [19] Центра системной интеграции средств обеспечения учебного процесса и научных исследований в МЭИ (ТУ) <http://www.pilab.ru> и Автоматизированного лабораторного практикума с удаленным доступом МГТУ им. Н.Э. Баумана <http://lud.bmstu.ru>, являющиеся фактически прототипами специализированных порталов АЛП УД.

На первом сайте расположена Интернет-экспозиция "Электронные образовательные ресурсы распределенного политехнического обучения", один из разделов которой называется "Лабораторные работы" и содержит выполненные по единому образцу аннотации практикумов. На 01.08 2003 г. экспозиция включала сведения по 100 лабораторным практикумам, включающих, кроме АЛП УД, также виртуальные и демонстрационные работы. Регистрация на сайте является свободной. Любой пользователь Интернет может, сообщив некоторую информацию о себе, получить доступ к экспозиции.

Несколько иной подход к содержанию и структурированию информации по АЛП УД реализован на сайте <http://lud.bmstu.ru>. Здесь большее внимание уделено стандартам на практикумы, определениям, методическим вопросам, а по каждому практикуму, размещенному на сайте, имеется не только краткая аннотация, а демо-версия, а по одному из них – и бета-версии на нескольких языках. Здесь содержится также информация по трем практикумам по различным разделам курса физики (механика, электромагнетизм, квантовая физика), разработанных на кафедре "Физика" МГТУ им. Н.Э. Баумана. Кроме того, на данном сервере размещена информация об Интернет-лаборатории на основе уникального объекта – одного из

крупнейших в Европе радиотелескопа МГТУ им. Н.Э. Баумана миллиметрового диапазона длин волн, к которому в соответствии с несколькими проектами по федеральным целевым программам организован удаленный доступ через сеть Интернет. Ввод в опытную эксплуатацию этого автоматизированного объекта состоялся в 2004 г. В 2005 г. начал опытную эксплуатацию еще один автоматизированный стенд по механике деформируемого твердого тела с удаленным доступом, на котором возможно сложное нагружение образцов не только продольными усилиями, но и крутящими моментами. Вместе с практикумом [10,11] этот стенд образует Интернет-лабораторию ИЛИМ по испытанию материалов.

Ни один из упомянутых информационных серверов, к сожалению, не содержит полного перечня имеющихся АЛП УД, правда, по большинству отсутствующих в приведенном выше списке практикумов имеются публикации. К этому списку следует добавить еще разработанные в МЭИ (ТУ) практикумы на автоматизированных стендах по исследованию явлений свободной конвекции, гидравлики и теплообмена при турбулентных течениях воды, теплоотдачи газа, структуры турбулентности воздушного потока [28] и их дальнейшее развитие [29], ряд разработок Пензенского государственного университета по радиотехнике и специальному материаловедению [30,31], практикум по диагностике плазмы в МГТУ им. Н.Э. Баумана [32].

В 2005 г. по заданию Федерального агентства по образованию МГТУ им. Н.Э. Баумана и МЭИ (ТУ) в рамках программы РЕОИС создали специализированный сервер АЛП УД (<http://www.alpud.ru>), на котором размещены описания и демо-версии более чем 50 автоматизированных практикумов, созданных различными университетами РФ. Там же размещены и методические материалы, призванные помочь разработчикам и пользователям АЛП УД в применении сетевых практикумов удаленного доступа в учебном процессе.

Проведенный анализ разработанных АЛП УД обуславливает ряд весьма высоких требований к профессорско-преподавательскому и вспомогательному персоналу высших учебных заведений, где разрабатываются и будут внедряться автоматизированные практикумы с удаленным доступом. И здесь большое значение имеют контакты и совместные исследования работников ВУЗов с ведущими научными организациями РФ. Только совместные усилия научных работников и преподавателей могут привести к подготовке специалистов мирового уровня для России. Именно этой цели и служила федеральная программа «Интеграция науки и высшего образования России на 2002-2006 годы», в рамках которой также

проводилось несколько работ по автоматизированным экспериментальным стендам с удаленным доступом.

\*\*\*

Эксплуатация АЛП УД в системе ИНДУС студентами как МГТУ им. Баумана, так и других университетов, продемонстрировала в течение пяти лет заметный интерес студентов к данной форме проведения лабораторного практикума, индивидуализацию условий проводимого эксперимента и повышение его эффективности. Кроме того, ряд обучающихся принял активное участие и в разработке новых лабораторных практикумов с удаленным доступом.

Опыт работы студентов, преподавателей и научных работников технического университета на автоматизированных комплексах в режиме удаленного компьютерного доступа уверенно демонстрирует практическую пользу данной технологии для обеспечения эффективности учебного процесса и научных исследований.

### Список литературы

1. **Информатизация** образования: направления, средства, технологии / Под общ. ред. С.И. Маслова. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 868 с.
2. **Новый** подход к инженерному образованию: теория и практика открытого доступа к распределенным информационным и техническим ресурсам / Ю.В. Арбузов, В.Н. Леньшин, С.И. Маслов и др. - М.: Центр-Пресс, 2000. - 238 с.
3. **Норенков И.П.** Системные вопросы дистанционного обучения // Информационные технологии. – 2001. - №3. – С.17-21.
4. **Зимин А.М.** Автоматизированный лабораторный практикум с удаленным доступом в техническом университете // Информационные технологии. - 2002. - № 2. - С. 39-43.
5. **Отраслевой** стандарт 9.2-98. Системы автоматизированного лабораторного практикума. Основные положения. – М.: Росстандарт, 1998.
6. **Образование** и XXI век: Информационные и коммуникационные технологии / Под ред. В.Г. Кинелева. – М.: Наука, 1999. – 191 с.
7. **Задков В.Н., Пономарев Ю.В.** Компьютер в эксперименте: Архитектура и программные средства автоматизации. – М.: Наука, 1988. – 376 с.
8. **Белавин М.И., Васильев Н.Н., Зимин А.М.** Управление в термоядерных системах. – М.: Изд-во МГТУ, 1993. – 72 с.
9. **Сопряжение** датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC / Под ред. У. Томпкинса и Дж. Уэбстера. – М.: Мир, 1992. – 592 с.
10. **Автоматизированный** лабораторный практикум по механике деформируемого твердого тела с удаленным доступом / Б.В. Букеткин, О.В. Довыденко, А.М. Зимин и др. // Труды Всерос. науч. конф. «Научный сервис в сети Интернет». - М.: Изд-во МГУ, 2002. – С.117-119.
11. **Интернет-лаборатория** по механике деформируемого твердого тела / Б.В. Букеткин, О.В. Довыденко, А.М. Зимин и др. // Труды X Всерос. научн.-методич. конф. «Телематика'2003». СПб.: ГосНИИ «Информика», 2003. – Т.2. - С.352-353.
12. **Тревис Джеффри.** LabVIEW для всех. – Н. Новгород: ТАЛАМ, 2003. – 640 с.
13. **Фролов А.В., Фролов Г.В.** Сервер Web своими руками. - М.: Диалог-МИФИ, 1997. - 288 с.
14. **Программный** комплекс "Интерактивная диалоговая удаленная система для проведения лабораторных практикумов ИНДУС" / А.М. Зимин, В.А. Аверченко,

- С.Ю. Лабзов и др. // Свидетельство № 2001611800 об официальной регистрации программы для ЭВМ. – Роспатент, 2001.
15. **Арбузов Ю.В., Воронов В.Н., Маслов С.И., Филаретов Г.Ф.** Комплекс средств обеспечения учебного процесса и научных исследований в открытом техническом образовании // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2001. – Вып.1. – С.175-181.
  16. **Арбузов Ю.В., Воронов В.Н., Кузнецов Ю.М., Маслов С.И.** Принципы создания и особенности применения лабораторного оборудования в системе открытого технического образования // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2001. – Вып.1. – С.183-189.
  17. **Поляков А.А., Кузнецов Ю.М., Маслов С.И., Арбузов Ю.В.** Концептуальные основы индустрии информационных ресурсов распределенного электронного обучения // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2002. – Вып.2. – С.45-54.
  18. **Арбузов Ю.В., Кузнецов Ю.М., Маслов С.И., Филаретов Г.Ф.** Политехническая Интернет-лаборатория в распределенном электронном обучении // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2002. – Вып.2. – С.194-202.
  19. **Кузнецов Ю.М., Филаретов Г.Ф., Маслов С.И., Обрадович В.А.** Интернет-экспозиция "Электронные образовательные ресурсы распределенного политехнического обучения" // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2002. – Вып.2. – С.305-312.
  20. **Лабораторный** практикум по спектральной диагностике плазмы с удаленным доступом через Интернет / А.М. Зимин, В.А. Аверченко, С.Ю. Лабзов и др. // Информационные технологии, 2002, №3, с.39-45.
  21. **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 / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2002. – Вып.2. – С.312-319.
  22. **Методика** проведения лабораторного практикума по диагностике плазмы через сеть Интернет / В.А. Аверченко, А.М. Зимин, С.Ю. Лабзов и др. // Индустрия

- образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2002. – Вып.2. – С.335-348.
- 23. Семь раз измерь** // Поиск. – 2003. - №5. - С.14.
- 24. 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 / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2001. - Вып.2. – С.349-355.
- 25. Зимин А.М.** Интерактивная диалоговая система ИНДУС для проведения лабораторных практикумов с удаленным доступом // Труды Межд. научно-метод. конф. Телематика-2001. - С-Петербург, 2001. - С. 93-94.
- 26. Arodzero A.** World Wide Student Laboratory Project // Preprint Los Alamos National Laboratory. - E-archive, Physics #9806044. - February 1995 (Revised June 1998). – 8 р.
- 27. Barrie J.M., Presti D.E.** The World Wide Web as an Instructional Tool. – Science. – 1996. - V. 274. - P. 371-372.
- 28. Уникальные** экспериментальные стенды в режиме удаленного доступа как эффективная возможность развития учебных лабораторий ВУЗов / Л.Г. Генин, Я.И. Листратов, Н.Г. Разуванов и др. // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2001. – Вып.1. – С.165-174.
- 29. Разуванов Н.Г., Свиридов В.Г., Смирнов Ю.Б., Чуркин М.Ю.** Развитие автоматизированного лабораторного практикума по гидродинамике и теплообмену с возможностью удаленного компьютерного доступа // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2002. – Вып.2. – С.325-334.
- 30. Кузнецов Ю.М., Мартяшин А.И., Поляков А.А., Чураков П.П.** Опыт разработки и перспективы создания учебных лабораторий удаленного доступа по дисциплинам радиотехнического профиля // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2001. – Вып.1. – С.190-199.
- 31. Кузнецов Ю.М., Медведев С.П., Поляков А.А., Печерская Р.М.** Особенности автоматизированных учебных курсов технических дисциплин // Индустрия образования / Под ред. А.А. Полякова, Ю.М. Кузнецова, Г.Ф. Филаретова, М.Б. Дружининой. – М.: МГИУ, 2001. – Вып.1. – С.209-216.

- 32. Автоматизированный** комплекс диагностики плазмы с удаленным доступом через Интернет / А.М. Зимин, В.А. Аверченко, А.Л. Перфильев и др. // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции "Научный сервис в сети Интернет". - Москва, изд-во МГУ, 2000. - С. 184-185.