

## **НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В СИСТЕМЕ ОТКРЫТОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Г.В. Майер, В.П. Демкин

Современная наука характеризуется высокой динамикой развития научных областей знаний, комплексным характером научно-технических задач и ресурсоемкими технологиями научных исследований. Решение такого рода научно-технических задач требует привлечения значительных ресурсов и большого числа специалистов из разных областей знаний. Традиционная организация коллективной научной работы специалистов из разных мест сопряжена с проблемами коммуникационного характера, что является причиной недостаточной эффективности научных исследований. Кроме того, географическая разделенность научных центров является фактором, снижающим академическую мобильность. При высокой востребованности квалифицированных специалистов и ведущих ученых этот фактор отрицательно сказывается на подготовке кадров высшей квалификации, особенно для периферийных регионов.

Развитие информационных технологий и средств телекоммуникаций создает основу для осуществления научно-образовательных программ на качественно новом уровне. Создание скоростных телекоммуникаций и разработка технологий реального времени дает возможность реализации модели распределенного научного коллектива, работа которого строится на технологиях удаленного доступа к ресурсам и компьютерных средствах общения.

Несмотря на дефицит телекоммуникационных ресурсов уже сейчас эти технологии прочно вошли в практику научных коллективов. Электронную почту, которая десять лет назад казалась значительным прогрессом в развитии коммуникационных технологий, сменили on-line технологии: Chat, Sound- и Video- conference. А уникальные экспериментальные комплексы стали доступны на расстоянии, благодаря средствам автоматизации и компьютерным технологиям управления на расстоянии.

Преимущества таких технологий очевидны. Они позволяют объединять материальные и вычислительные ресурсы научных центров для решения сложных задач, привлекать ведущих специалистов из разных стран и создавать распределенные научные лаборатории, организовать оперативный доступ к ресурсам коллективного пользования и совместное проведение вычислительных и лабораторных экспериментов, осуществлять совместные научные проекты и образовательные программы подготовки кадров высшей квалификации.

Важнейшим делом в создании моделей распределенных научных коллективов является разработка и создание ресурсов удаленного доступа.

Оптимальной формой организации таких ресурсов является создание специализированных научно-образовательных порталов как многофункциональных компьютерных систем для обеспечения научно-образовательного сервиса. Такие порталы имеют в своей структуре информационную компоненту, системы управления и сопровождения научно-образовательной деятельности.

Информационная компонента включает в себя различного рода базы данных, необходимые для обеспечения деятельности научного коллектива, включая и результаты этой деятельности.

Системы управления создаются на основе программно-аппаратных комплексов, позволяющих проектировать, осуществлять научно-образовательную деятельность, и анализировать ее результаты.

Системы сопровождения представляют собой набор технологий для осуществления и контроля научно-образовательной деятельности.

Основой функционирования специализированных порталов является информационная компонента.

Базы данных учебно-научного назначения должны включать в себя:

- БД по учебным планам и программам курсам дистанционного обучения;
- БД научных публикаций;
- БД иллюстративного назначения;
- БД статистического характера;
- БД справочного характера;
- БД специализированного назначения.

Базы данных должны содержать:

- средства поиска информации;
- средства формирования ресурсов и каталогов;
- средства публикации и распространения информации;
- средства взаимодействия с другими информационными ресурсами;
- средства информационной защиты.

Наиболее трудоемким является создание баз данных специализированного назначения, представляющих собой программно-модульные приложения для проведения вычислительных и лабораторных экспериментов удаленного доступа [1].

На рис.1 представлена структурная схема организации научного эксперимента с удаленным доступом.

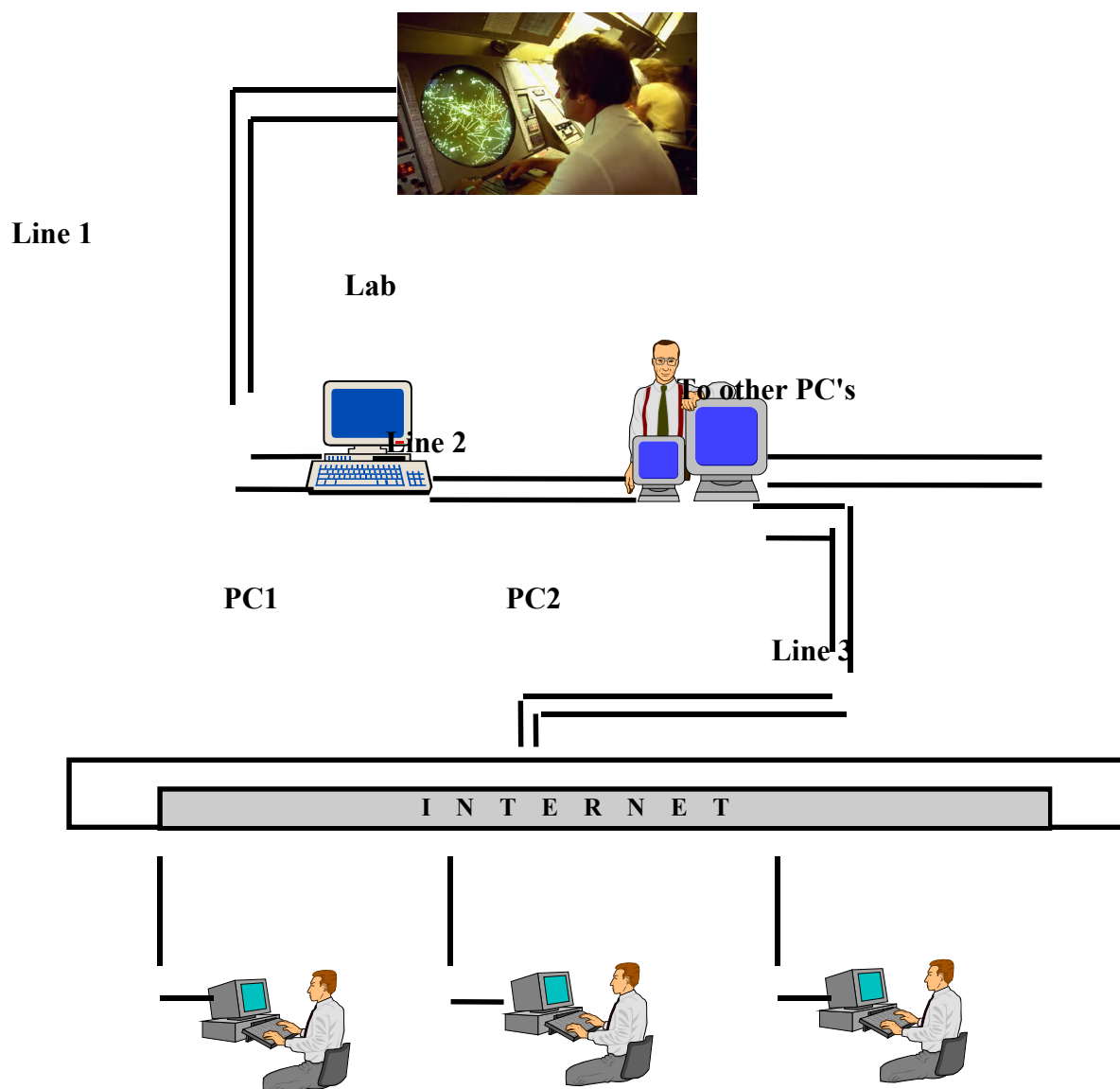


Рис.1.

На рисунке обозначены:

**PC1** — компьютер для программного управления экспериментальной установкой;

**PC2** — сервер, предоставляющий доступ к данным удаленным пользователям;

**Lab** — автоматизированная экспериментальная установка;

**Line 1** — канал обмена данными и кодами управления между PC1 и аппаратурой сопряжения экспериментальной установки и ЭВМ;

**Line 2** — канал пересылки данных с PC1, передачи управляющих кодов на PC1;

**Line 3** — канал передачи данных в Интернет.

Из схемы видно, что для реализации данного проекта необходимо решить ряд логически завершенных и взаимосвязанных задач:

- обеспечить программное управление экспериментальным комплексом (PC1, Line1);
- обеспечить обмен данными и кодами управления (Line2) между управляющим компьютером (PC1) и шлюзом в Интернет (PC2);
- обеспечить доступ к эксперименту удаленных пользователей (PC2, Line3).

Организация научного эксперимента с удаленным доступом налагает ряд требований, которым должна удовлетворять экспериментальная установка. Необходимо обеспечить:

- автоматизированное управление ходом эксперимента;
- автоматизированный сбор и передачу экспериментальных данных;
- высокую оперативность получения и обработки экспериментальных данных;
- программное управление ходом эксперимента;
- доступ внешнего пользователя к программе управления экспериментом.

Кроме того, сама экспериментальная техника должна предоставлять широкие возможности удаленному пользователю при планировании и проведении эксперимента в рамках той или иной области научных интересов.

В Томском государственном университете разработаны и созданы технологии удаленного доступа для проведения лабораторных и вычислительных экспериментов.

Лабораторные эксперименты осуществляются на следующих экспериментальных комплексах с удаленным доступом:

- Спектрополяриметрический комплекс для исследования поляризационных характеристик излучения
- Лабораторный экспериментальный комплекс для исследования спонтанного и вынужденного излучения сложных органических молекул
- Термогазодинамический комплекс для исследования процессов и характеристик теплообмена в многослойных теплозащитных покрытиях и энергоемких материалах
- Комплекс импульсного дистанционного зондирования ионосферы
- Стенд для исследования акустической эмиссии

- Программно-измерительный комплекс для анализа гранулометрического состава порошка
- Вычислительные эксперименты с удаленным доступом включают:
- Комплекс для моделирование течений в пространственном пограничном слое
- Комплекс для квантово-химического исследования физико-химических свойств сложных органических соединений
- Комплекс для численного эксперимента по динамике малых тел солнечной системы

Подробные описания лабораторных и вычислительных комплексов удаленного доступа приведены в [2]. Информация об этих комплексах и пользовательский интерфейс размещены на Web-сайте ТГУ ([http://ido.tsu.ru/russian/s\\_ntp1.phtml?n=1&p=2](http://ido.tsu.ru/russian/s_ntp1.phtml?n=1&p=2))

Спектрополяриметрический комплекс для исследования поляризационных характеристик излучения разработан на физическом факультете ТГУ (научный руководитель профессор В.П. Демкин). Он предназначен для измерения интенсивности поляризационных характеристик излучения импульсной плазмы.

Комплекс обеспечивает:

- программное управление сканированием спектрального прибора;
- регистрацию непрерывных оптических сигналов методом счета фотонов;
- регистрацию импульсных оптических сигналов методом счета фотонов с временной локализацией фотоотсчетов.

Программа управления спектрополяриметром поддерживает диалог с оператором в режиме меню, что позволяет перед началом измерений установить все параметры эксперимента:

- количество диагностируемых импульсов плазмы;
- глубину просмотра по времени регистрируемого оптического сигнала;
- начальную длину волны исследуемого участка спектра излучения плазмы;
- шаг сканирования по длине волны спектра;
- конечную длину волны исследуемого спектра.

Проведение научного эксперимента включает в себя три основных этапа:

1. планирование эксперимента;
2. проведение эксперимента;
3. обсуждение результатов.

В случае проведения эксперимента с участием удаленных пользователей, на первом этапе необходимо обеспечить общение между участниками и возможность детального

Спектрополяриметрический комплекс для исследования поляризационных характеристик излучения.

Для того, чтобы принять участие в эксперименте, нужно заполнить приведенную ниже форму. Фамилию нужно указать полностью, так как по фамилии к вам будут обращаться остальные участники эксперимента в чат сессии, имя и отчество можно указать в виде инициалов. После заполнения формы нажмите кнопку "начать работу", если Вы ввели неправильную информацию, можете нажать кнопку "очистить форму" и повторить ввод.

Имя:

Отчество:

Фамилия:

Организация:

Дополнительно:

[\[Описание установки\]](#) [\[О создателях\]](#) [\[На главную страницу\]](#) [\[Архив\]](#)

ознакомления с установкой. Для этого предусмотрены технологии видео и аудио связи.

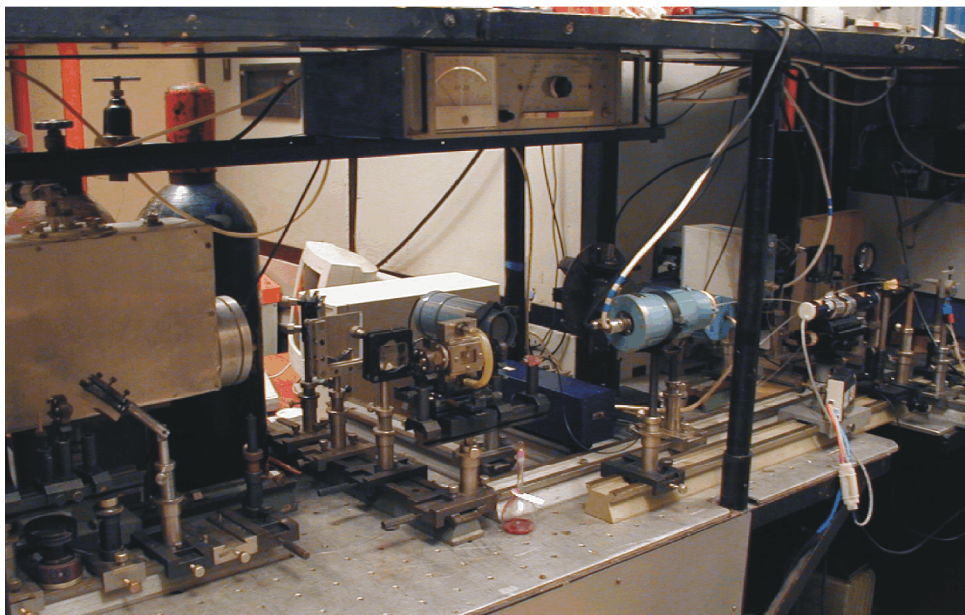
Участники эксперимента должны пройти регистрацию, заполнив HTML-форму (рис.2). Информация о регистрации всегда находится на Web-сайте и доступна для просмотра зарегистрированным пользователям. Они могут также просмотреть архив экспериментальных данных,

которые снимались с установки раньше, список участников предыдущих экспериментов.

На этапе планирования участники эксперимента договариваются об условиях и основных параметрах проводимого эксперимента. Для обеспечения многопользовательского доступа выбрана операционная система WindowsNT4.0., установленная на Доступ к данным осуществлялся с помощью Web-сервера Apache Server. Эта программа удобна в эксплуатации, легко настра-

Рис. 2.

ивается, поддерживает работу с CGI, SSL, протоколами HTTP 1.0, HTTP1.1 и обеспечивает необходимый уровень защиты данных. Для написания серверных программ был выбран язык Perl, который широко используется для написания CGI-скриптов.



вынужденного излучения сложных органических молекул создан в Сибирском физико-техническом институте им. В.Д. Кузнецова (научный руководитель профессор Т.Н. Копылова). Общий вид комплекса приведен на рис.3.

Комплекс предназначен для исследования спонтанного и вынужденного излучения сложных органических молекул при возбуждении излучением эксимерных лазеров. Он представляет собой стационарную установку, в состав которой входят устройство накачки, оптическая схема возбуждения исследуемой среды и система регистрации.

Система регистрации позволяет регистрировать энергетические, спектральные, временные и пространственные параметры излучения:

- энергию и длительность импульса лазера накачки;
- спектр возбуждающего лазерного излучения;
- спектр спонтанного и вынужденного излучения молекул за импульс;
- временные характеристики импульса излучения органических молекул;
- энергетические характеристики излучения органических молекул.

Сопряжение установки с управляющим компьютером осуществляется через стандартные порты ввода вывода. Схема автоматизации эксперимента включает в себя:

- управление всеми основными параметрами установки и систему сервоприводов для изменения условий облучения.
- при регистрации временных характеристик излучения используется специализированная аппаратура видеоввода АПК «Техническое зрение».

- при регистрации спектральных характеристик излучения используется лазерный спектрометр фирмы “Реал”, сопряженный с ПК.
- при регистрации пространственных характеристик излучения цифровая видеокамера сопряжена с АПК «Техническое зрение».
- предусмотрено сопряжение измерителей энергии с ПК через АЦП с использованием стандартного оборудования.

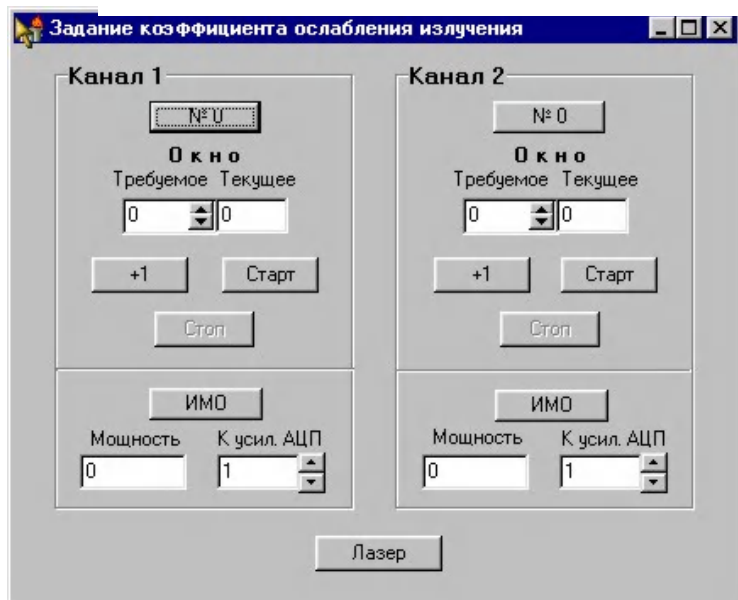


Схема автоматизации комплекса построена на основе платы **L154**. В плате используется: 5 разрядов выходного регистра, 4 разряда входного регистра, 2 канала АЦП в дифференциальном режиме.

Управление автоматическим комплексом осуществляется с консоли компьютера (как при работе непосредственно на установке, так и при удаленном доступе).

Пользовательский интерфейс для работы с экспериментальным комплексом приведен на рис. 4.

Термогазодинамический комплекс для исследования процессов и характеристик теплообмена в многослойных теплозащитных покрытиях и энергоемких материалах разработан и создан в НИИ прикладной математики и механики ТГУ (научный руководитель профессор Г.Н. Исаков).

Комплекс предназначен для измерения нестационарных температурных полей и массовых уносов (скоростей горения) многослойных теплозащитных материалов (ТЗМ) и энергоемких материалов (ЭМ) в высокоэнтальпийных газовых потоках, результаты которых используются при решении прямых и обратных задач теплообмена и горения.

Комплекс обеспечивает:

- управление режимными параметрами газовых потоков;
- регистрацию непрерывных температурных полей методом микротермо-параметрии (МТП);
- регистрацию непрерывной потери массы методами термогравиметрии и фотометрии;
- регистрацию дискретной потери массы путем быстрого охлаждения (гашения) реагирующих образцов хладоагентами;



- сопряжение датчиковой системы измерений на экспериментальных установках с ПЭВМ при помощи платы АЦП и интерфейса PCI;
- определение теплофизических характеристик материалов и параметров теплообмена из решения обратных задач теплообмена с помощью аналитических методов и проблемно-ориентированных программ;
- определение макрокинетических постоянных реакций термодеструкции и горения из решения коэффициентных обратных задач тепломассообмена с помощью

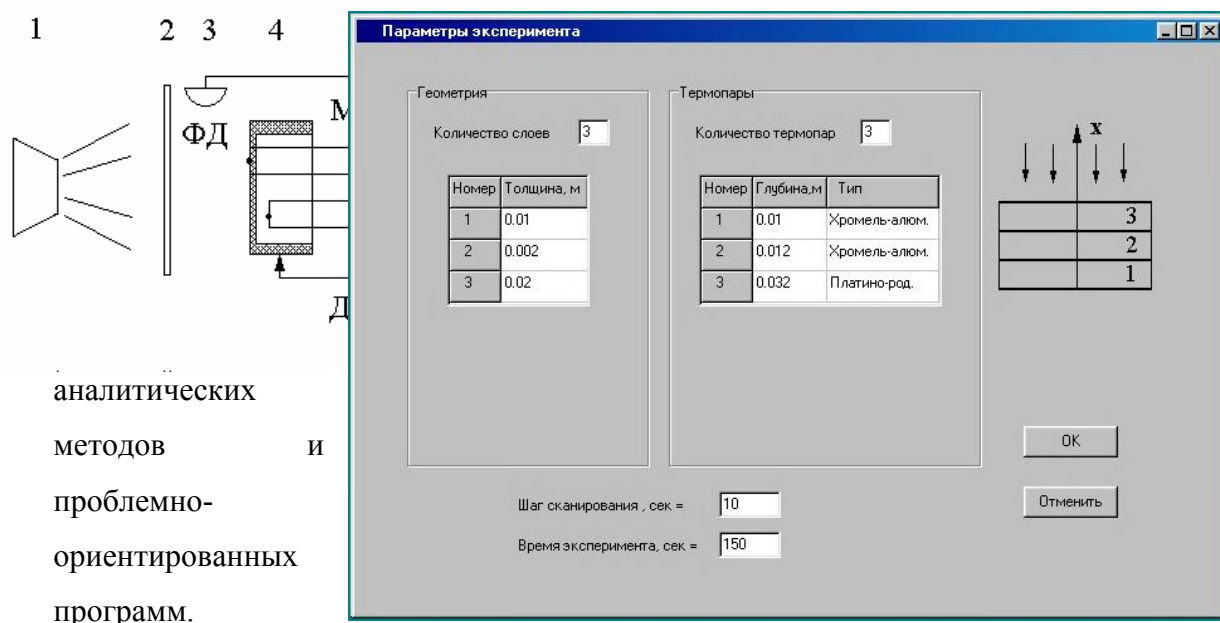


Рис. 5.

Блок-схема термогазодинамического комплекса приведена на рисунке 5. Высокоэнтальпийный газовый поток от источника 1 с помощью заслонки 2 при ее поднятии начинает взаимодействовать с исследуемым многослойным образцом 4 из ТЗМ или ЭМ. Начало взаимодействия регистрируется фотодиодом 3 с одновременным запуском счетчика-таймера в системе АЦП. Датчиковая система 5 имеет 8 дифференциальных входов/выходов и состоит из микротермопар (МТП), датчиков микроперемещений (ДМП) и фотодиода (ФД), сигналы с которых через измерительный кабель 6 подаются на разъемы ХР1 и ХР2 платы АЦП (7). Обмен данными аналого-цифрового преобразования между IBM PC/AT – совместимым компьютером 9 (ПЭВМ Pentium-3) и платой АЦП (7) осуществляется через интерфейс PCI (8). Вся информация отображается на мониторе 10.

Программа управления термогазодинамическим комплексом поддерживает диалог с оператором, в котором перед началом измерений устанавливаются параметры теплофизического эксперимента:

1. количество слоев, составляющих исследуемый образец, и их толщина;

2. количество МТП и глубина их заделки в исследуемом образце;
3. тип МТП;
4. шаг сканирования по времени  $t$ ;
5. конечную длину отрезка времени  $t_k$  измерений.

Рис.6.

Интерфейс программы управления термогазодинамическим комплексом приведен на рис. 6.

После запуска счетчика-таймера при поднятии заслонки 2 измерения выполняются автоматически без вмешательства оператора. Текущая информация по температурным полям графически отображается на мониторе 10.

По окончании эксперимента формируются результирующие экспериментальные данные по одномерным нестационарным температурным полям, представленные в виде двумерного массива  $T_s(x,t)$ , где  $x$  – геометрическая координата,  $t$  – время от момента открытия заслонки.

Полученные в результате измерений данные после статистической обработки используются для вычисления: либо параметров теплообмена (коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  и температуры газа  $T_e$  в потоке), если теплофизические характеристики ТЗМ известны; либо теплофизических характеристик неизвестных ТЗМ, если параметры теплообмена известны из идентичного повторного эксперимента. Их определение производится путем решения обратных задач теплообмена с помощью аналитических методов и с помощью проблемно-ориентированных программ расчета.

Комплекс импульсного зондирования атмосферы разработан и создан в Сибирском физико-техническом институте им. В.Д. Кузнецова (научный руководитель профессор П.М. Нагорский).

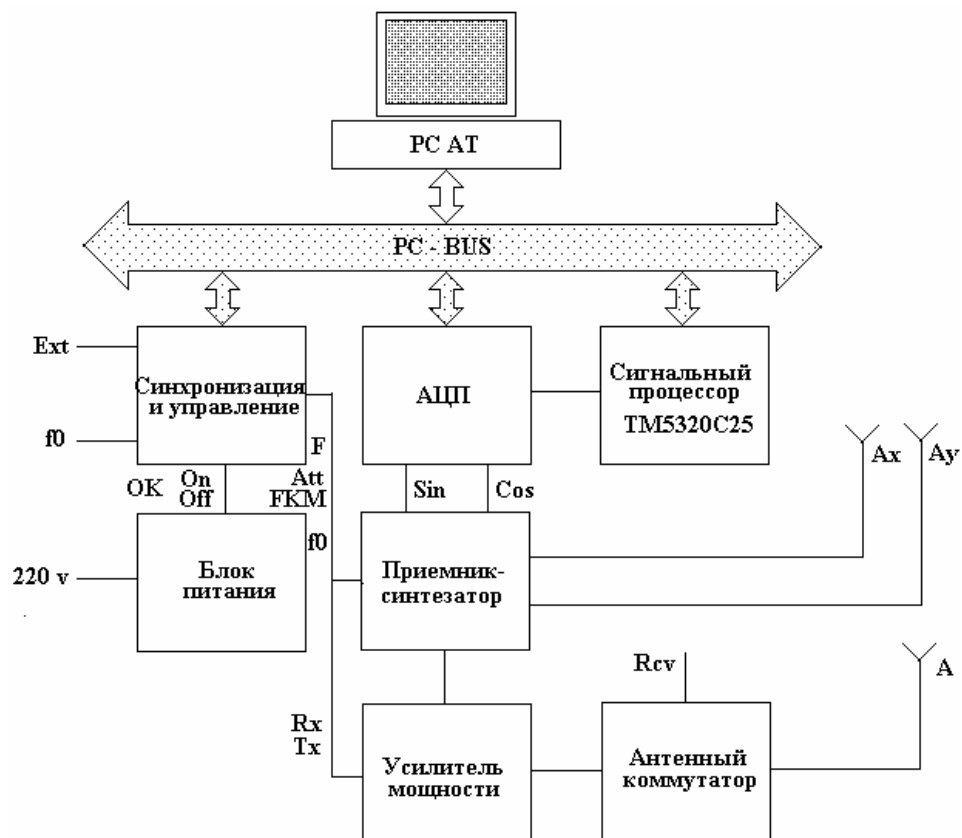


Рис. 7.

Для дистанционной диагностики ионосферы используется ионозонд «ПАРУС», структурная схема которого приведена на рис. 7.

Схема автоматизированного комплекса дистанционного зондирования ионосферы с удаленным доступом представлена на рис. 8.

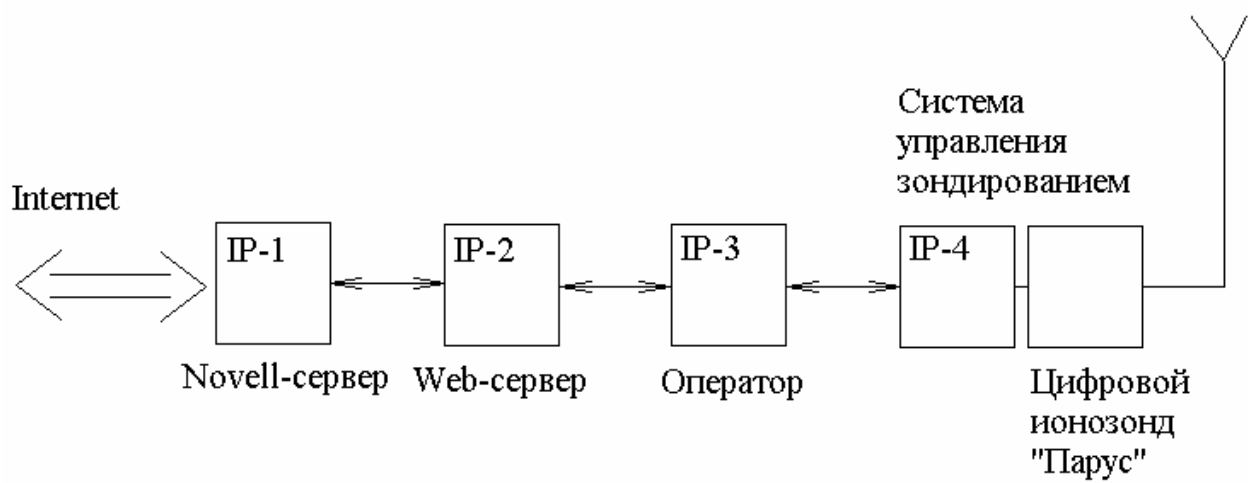


Рис. 8.

Технология работы комплекса зондирования в системе с удаленным доступом, заключается в следующем. Целевой запрос-заявка на проведение зондирования ионосферы по каналу Internet через сервер-маршрутизатор (Novell-сервер, адрес IP-1) поступает и оформляется в интегрированной диалоговой среде размещенной на Web-сервере (адрес IP-2). Оператор (адрес IP-3), контролирующей работу системы зондирования (адрес IP-4), принимает решение о возможности проведения зондирования в заявленном режиме, после принятия положительного решения, комплекс ведет зондирование, производится обработка ионограмм и рассылка данных. Система должна быть связана с каналом Internet оптоволоконным кабелем.

Для управления комплексом зондирования и обработкой поступающих данных в системе с удаленным доступом разработаны необходимые программные и технические средства. На рис.9. приведен пример работы программы по обработке ионограммы по выделению h-профиля F2– области ионосферы (сплошная кривая на следе). Вертикальная и горизонтальная линии – результат действий оператора при определении параметров ( $h'F2$  и  $foF2$ ) слоя F.

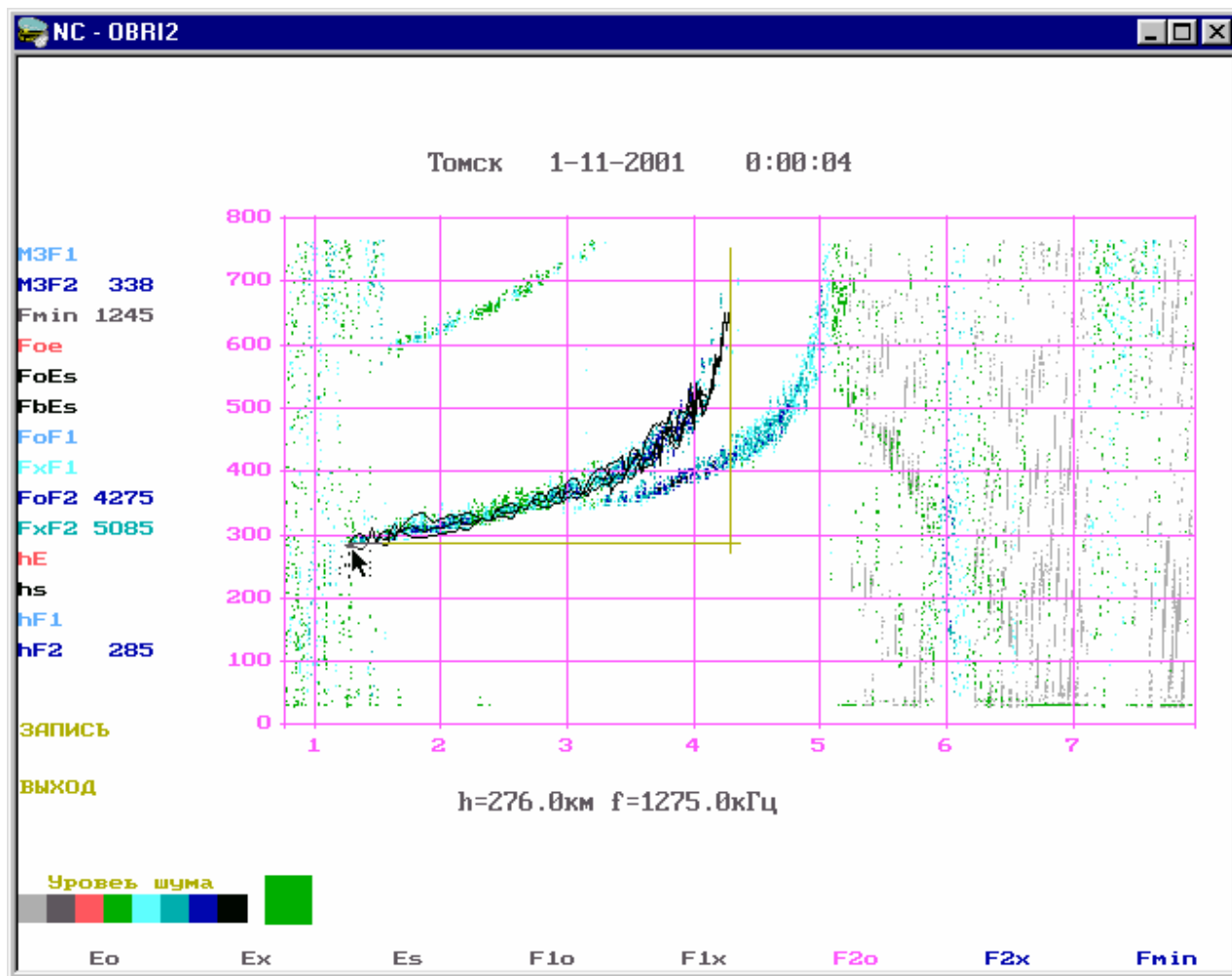


Рис. 9.

Экспериментальный стенд для исследования акустической эмиссии создан в Сибирском физико-техническом институте им. В.Д. Кузнецова (научный руководитель ст. научный сотр. А.Н. Табаченко).

Принцип работы акустического комплекса состоит в следующем. Акустическая волна фиксируется с помощью широкополосного датчика и персонального компьютера класса "Pentium-III", снабженного усилителем, дополнительными электронными платами для работы с быстропротекающими процессами и программным обеспечением для сбора и обработки экспериментальных данных.

Для сбора данных задается строка ввода «Файл данных». В списке «Files» видны все файлы с расширением «DAT» в текущем каталоге, с помощью списка можно направить сбор в существующий файл (он будет переписан) или в другой каталог. Сбор данных начинается по команде Данные/Печать сбор. Если включена синхронизация, программа ожидает выполнения условия синхронизации. После его выполнения начинается собственно сбор.

Программа сбора данных позволяет:

- задавать имя файла данных
- осуществлять однократный или продолжительный сбор данных
- обеспечить синхронизацию сбора по аналоговому каналу или цифровому сигналу
- преобразовать данные в двоичный или ASCII формат.
- задать параметры платы, преобразования и сбора данных
- сохранить или восстановить заданные параметры.

Для обработки и графического представления полученных экспериментальных данных адаптированы современные пакеты программ. Кроме того, разработана специализированная программа «Анализатор сигналов», которая позволяет:

- загрузить сигнал из файла
- автоматически определять старт полезного сигнала
- регулировать длину и шаг дискретизации сигнала.
- осуществлять преобразование Фурье
- нормировать спектр сигнала
- при анализе регистрировать вершины и относительные размеры сигнала
- задавать параметры графика
- производить сравнение спектральных составляющих и т.д.

На рис. 10 представлен фрагмент акустического спектра после Фурье преобразования зафиксированного акустического сигнала, обусловленного деформацией металлического образца.

Первые результаты работы с акустическим стендом показали высокую

эффективность использования, как тонкого инструмента, для изучения динамики изменения структуры и фазовых превращений при термосиловых воздействиях.

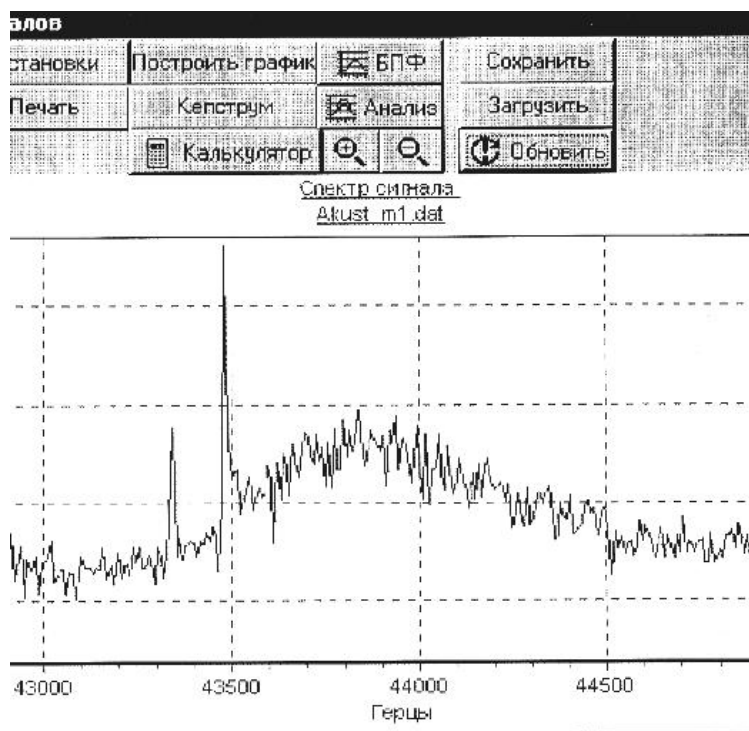


Рис. 10.

Вычислительный комплекс для квантово-химического исследования физико-химических свойств сложных органических молекул создан в Сибирском физико-техническом институте им. В.Д. Кузнецова (научный руководитель профессор В.Я. Артюхов).

Работа комплекса основана на пакете компьютерных программ, объединенных интерфейсом. Пакет программ состоит из нескольких основных частей: программа расчета электронной структуры и электронных спектров молекул, программы расчета МЭСП и программ расчета электронных матричных элементов для оценки констант скоростей внутренней и интеркомбинационной конверсии.

Все программы максимально используют доступный пользователю объем оперативной памяти ПК. Пакет программ позволяет рассчитывать молекулярные системы, содержащие до 150 атомов. Максимальный размер базиса - 300 атомных орбиталей. Максимальное число однократно возбужденных конфигураций при расчете спектров поглощения равно 300. Максимальный размер одной плоскости при расчете величин МЭСП -  $140 \times 140$  точек. Максимальные технические характеристики программ зависят от вычислительных возможностей используемого ПК. Практика расчетов показала, что реальное время расчета одного варианта спектров молекулы не должна превышать 15-20 минут счета.

Кроме упомянутых выше программных блоков, в состав пакета входят несколько вспомогательных программ, например:

- программа расчета декартовых атомных координат посредством задания длин связей, валентных и торсионных углов;
- программа вычисления заселенности связи  $P_{AB}$  и энергии связи в электростатическом приближении;

Характеристики органических соединений, рассчитываемые в программном комплексе:

- распределение электронной плотности в различных электронно-возбужденных состояниях;
- фотоэлектронные спектры;
- энергии электронных переходов; дипольные моменты переходов;
- молекулярный электростатический потенциал;
- константы скорости внутренней и интеркомбинационной конверсии;
- спектры синглет-синглетного и триплет-триплетного поглощения из возбужденных состояний;
- энергии и заселенности химических связей.

На рис.11 представлена структура молекулярной орбитали, созданная программой drawmol.exe.

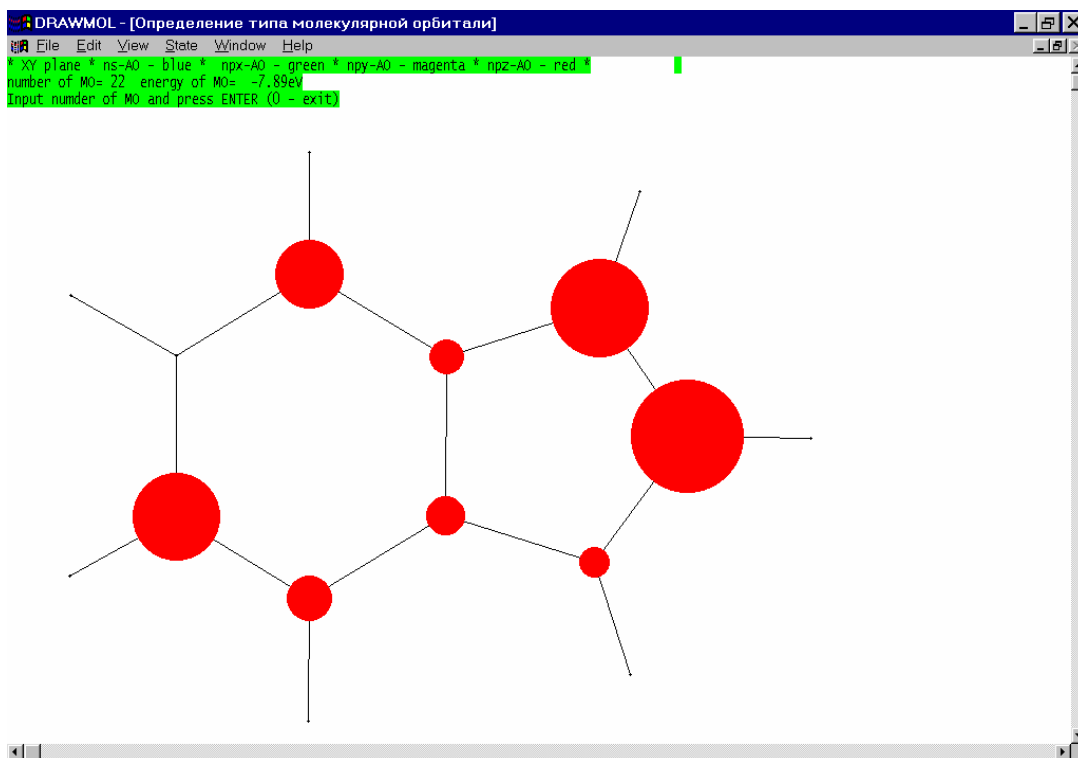


Рис. 11.

Практическое использование пакета программ показало, что он позволяет с высокой точностью и надежностью проводить эффективные массовые расчеты:

- с воспроизведением экспериментальных данных по положению электронных состояний различной орбитальной природы и мультиплетности молекул с отклонением в  $5\div 10\%$ ;
- спектров поглощения из возбужденных состояний многоатомных органических молекул;
- оценку специфических межмолекулярных взаимодействий в любом электронном состоянии молекулы на основе метода молекулярного электростатического потенциала;
- оценку констант скоростей внутренней и интеркомбинационной конверсии с учетом орбитальной природы взаимодействующих электронных состояний.

Вычислительный комплекс для численного эксперимента по динамике малых тел солнечной системы создан в НИИ прикладной математики и механики ТГУ (научный руководитель профессор Т.В. Бордовицина).



Основу программного комплекса образуют две программы (Рис. 12):

- вычисление эфемериды малого тела;
- улучшение орбиты малого тела.

Кроме того, в него входят две вспомогательные программы, предназначенные для преобразования координат малого тела и даты.

Доступ ко всем программам комплекса осуществляется с главной страницы сайта. Эта страница содержит ссылки на HTML-документы, содержащие Web-интерфейсы к программам, входящим в вычислительный комплекс, а также на документ «Как использовать программный комплекс», где помещается справочный материал по работе с программами.

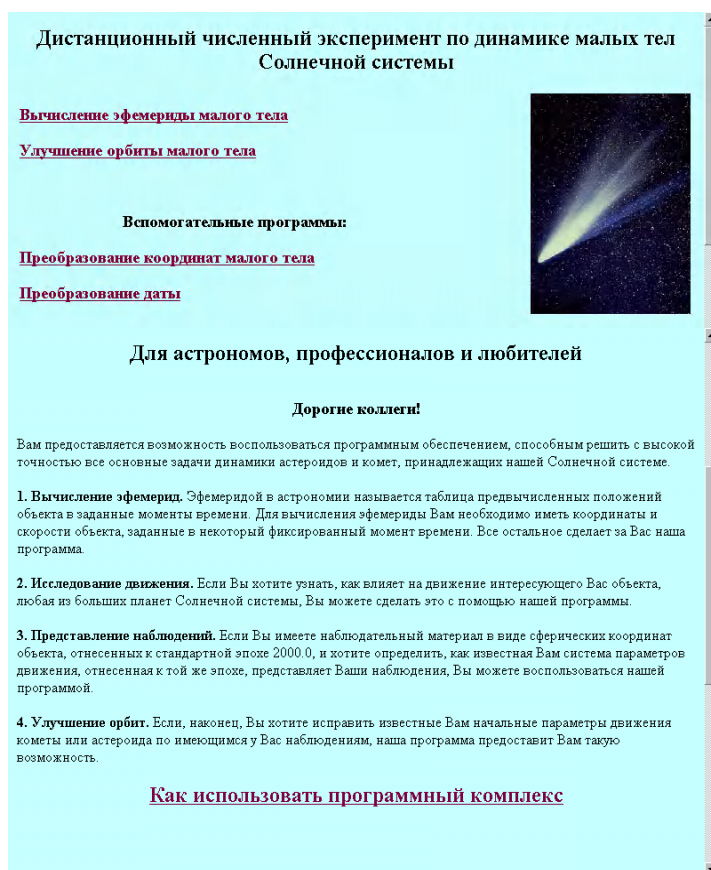


Рис. 12.

Основное назначение первой программы «Вычисление эфемериды малого тела» состоит в вычислении различных параметров движения малого тела на заданные моменты времени по известным начальным элементам орбиты. Для использования программы следует задать элементы орбиты в поле ввода.

Программа «Улучшение орбиты малого тела» служит для решения обратной задачи небесной механики: исправления орбиты малого тела по данным его наблюдений. Начальные элементы орбиты, подлежащие улучшению, задаются в виде прямоугольных координат и компонент скорости. Если элементы заданы в другом виде, или эпоха задана не в виде юлианской даты, следует воспользоваться вспомогательными программами.

Созданные научно-образовательные ресурсы используются в Томском государственном университете в научной работе, подготовке аспирантов и в учебном процессе для выполнения курсовых и дипломных работ. Средства удаленного доступа позволяют организовать совместные научные проекты и использовать эти ресурсы для коллективной работы.

Практический опыт использования технологий удаленного доступа к экспериментальным и вычислительным комплексам показал, что эти технологии придают центрам коллективного пользования особую значимость в научно-образовательной сфере.

Обеспечение удаленного доступа к таким центрам значительно повышает интенсивность их работы, даст возможность участия в научных исследованиях более широкому кругу ученых, позволит повысить эффективность программ подготовки кадров.

#### **Литература:**

1. Научно-технический отчет по проекту «Академический университета», шифр А0060, ФЦП «Интеграция», Томск, 1998.
2. Научно-технический отчет по проекту «Разработка научного и технологического обеспечения межрегиональной системы открытого образования» НТП «Создание системы открытого образования, шифр 3217.58.1, Томск, 2001.

**Источник публикации:** Открытое и дистанционное образование. Томск, 2002. №3 (7). С. 11-20.