

Российский научный центр «Курчатовский институт»

На правах рукописи
УДК 681.06

Соколов Михаил Михайлович

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ РАБОТЫ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ
УСТАНОВОК УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО
СИНТЕЗА**

05.13.11 — Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва - 2004

Диссертация выполнена в Российском научном центре
«Курчатовский институт»

Научный руководитель:

Доктор физико-математических наук,
директор РНЦ «Курчатовский институт» по научному развитию
Солдатов Алексей Анатольевич

Официальные оппоненты:

Доктор физико-математических наук, профессор, МИФИ
Курнаев Валерий Александрович

Доктор физико-математических наук, НИИЯФ МГУ
Ильин Вячеслав Анатольевич

Ведущая организация:

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ)

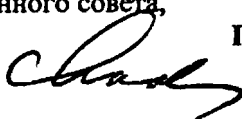
г. Дубна, ул. Жолио Кюри, 6

Защита состоится «29» сентября 2004 г. в ____ часов на заседании
диссертационного совета Д 520.009.04
Российского научного центра «Курчатовский институт»
по адресу 123182, Москва, площадь Курчатова, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотек
е РНЦ «Курчатовский институт».

Автореферат разослан « ____ » _____ 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук



Г.В. ЯКОВЛЕВ

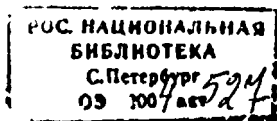
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Эксперименты на различных импульсных и квазистационарных установках управляемого термоядерного синтеза (УТС) имеют много общего в организации и характеристиках информационных потоков, в методах обработки данных, в способах представления результатов измерений. К настоящему времени создано множество проблемно-ориентированных кодов, позволяющих на основе экспериментальных данных производить расчеты неизмеряемых параметров и моделировать процессы в плазме. Накоплено значительное количество экспериментальных данных, и их объем быстро растет, иногда опережая темпы детального изучения полученной информации, этому способствует появление новых многоканальных диагностик с высоким разрешением. Для повышения эффективности исследований, проводимых на установках УТС, нужен новый уровень работы с экспериментальными данными. Кроме того, инфраструктуру исследовательских установок и накопленную экспериментальную информацию целесообразно использовать в учебном процессе при подготовке специалистов. Для обмена экспериментальными данными и эффективного использования специализированных кодов становится актуальной унификация информационной среды для установок УТС, интеграция экспериментальной базы и исследовательских ресурсов отдельных установок в общую российскую и международную (Fusion Grid, www.fusion.org) научно-образовательную информационную сеть на основе Интернет.

Продолжение масштабных исследований в области физики плазмы требует создания адекватных информационных систем (ИС). Для интеграции ИС российских и зарубежных установок УТС необходимо наличие и использование общих корпоративных стандартов. Это подразумевает разработку:

- специализированной базы данных (БД) для экспериментальных установок УТС;
- эффективной унифицированной программной среды для работы с экспериментальными данными на этапах сбора и обработки;
- набора средств для представления данных в стандартном виде и доступа к ним из приложений и математических пакетов в различных операционных системах (ОС), из глобальной сети Интернет и Fusion Grid.

При создании нового программного обеспечения (ПО) следует найти приемлемый уровень унификации с учетом специфики предметной области и необходимости интеграции с другими ИС, разработать платформу для создания новых прикладных подсистем. При этом следует максимально широко использовать открытые алгоритмы и системы, современные технологии и промышленные решения.



Цель работы состояла в разработке и реализации подхода к созданию ИС и унифицированной высокоэффективной программной среды для проведения научных исследований на импульсных и квазистационарных термоядерных установках и интеграции исследовательских ресурсов установок УТС в российскую и международную научно-образовательную информационную сеть. Для достижения сформулированной цели автором решались следующие основные задачи:

- Определение состава и требований к ПО ИС крупных плазменных установок на основе анализа их информационной среды.
- Разработка унифицированных форматов, алгоритмов и ПО для работы с экспериментальными данными на этапах сбора, хранения и обработки.
- Разработка специализированной базы данных (БД) для эффективной работы с данными различных установок УТС.
- Разработка архитектуры и создание программных средств измерительно-вычислительного комплекса (ИВК) установок и стендов ИЯС (токамак Т10, плазменный нейтрализатор ПН-3, плазменный сепаратор ПС-1, испытательный гиротронный стенд ИГС и др.).
- Разработка и создание сетевых сервисов, обеспечивающих доступ к информационным и вычислительным ресурсам экспериментальных установок через Интернет.
- Создание на основе ПО ИВК унифицированных grid-узлов для доступа к экспериментальным данным и средствам их обработки в ИЯС, ТРИНИТИ (токамак Т-11М), ИОФ РАН (двухзаходный стелларатор Ливень-2М (Л-2М)), на профильных кафедрах МГТУ им. Баумана, МЭИ и МИФИ. А также, применение разработанных средств для совместных работ на установках Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе (токамак Туман-3М и сферический токамак Глобус-М).

Научная новизна

1. Обоснован и реализован подход к построению ИС для работы с экспериментальными данными термоядерных установок с использованием современных информационных технологий, промышленных решений, открытых алгоритмов и систем.
2. Разработан подход к созданию новых типов данных на основе специальной структуры записи, и создан ряд унифицированных форматов для работы с данными в виде произвольных временных рядов, таблиц переменной размерности и с медиа данными.
3. Предложена архитектура системы управления данными (СУД), обеспечивающая одновременную работу с данными нескольких больших термоядерных установок.
4. Разработана специализированная расширяемая БД DASSQL для эффективной работы с данными различных установок УТС.

5. Разработаны унифицированные программные средства для работы с экспериментальными данными различных установок УТС на этапах сбора и обработки.
6. Разработана архитектура экономичного, масштабируемого ИВК, обеспечивающего проведение исследований сразу на нескольких крупных установках.
7. Обеспечен унифицированный удаленный доступ к экспериментальным данным различных установок УТС и методам их обработки из прикладных программ, работающих в различных ОС, а также через Интернет браузер и интерфейс MDSPlus.

Автор считает, что перечисленные достижения не имеют равноценного аналога на российских термоядерных установках. Предложенные решения могут быть взяты за основу при создании унифицированной Системы сбора и обработки данных (ССОД) и хранилища экспериментальных данных российских термоядерных установок, а также использованы в проекте международного термоядерного реактора ИТЭР.

Практическая ценность.

На основе предложенной архитектуры и разработанного ПО создан экономичный, масштабируемый и тиражируемый ИВК для импульсных и квазистационарных установок со следующими основными возможностями:

1. Многоканальная регистрация аналоговой и видео информации в условиях физического эксперимента.
2. Хранение разнообразных измерительных данных и поиск по заданным критериям.
3. Представление в стандартном виде экспериментальных данных различных установок.
4. Предварительная обработка данных в ходе эксперимента.
5. Интегрируемость с другими ИС и средствами обработки данных.

Для участников совместных работ обеспечен регламентируемый доступ через Интернет к следующим ресурсам:

- БД и средства обработки данных;
- Управление некоторыми диагностиками;
- Выполнение транспортных кодов на сервере приложений.

В ИЯС созданный ИВК позволил решить следующие задачи:

- Унифицировать сбор, хранение, обработку и обеспечить стандартное представление экспериментальных данных различных установок;
- Снизить затраты за счет централизации, унификации и стандартизации вычислительных ресурсов и ПО;
- Увеличить объем получаемой диагностической информации и повысить эффективность работы с экспериментальными данными;
- Обеспечить унифицированный регламентируемый доступ через Интернет к вычислительным и информационным ресурсам эксперимен-

тальных установок;

- Начать интеграцию отечественных установок УТС в Fusion Grid.

Ресурсы ИВК ИЯС используются также для подготовки студентов старших курсов профилирующих кафедр МГТУ им. Баумана, МЭИ и МИФИ в рамках программы «Интеграция науки и высшего образования России на 2002–2006 годы».

Созданные автором программные средства и информационно-вычислительные ресурсы успешно обеспечивают проведение экспериментальных кампаний в течение многих лет на установках Т-10, ПН-3 и ИГС. ИВК ИЯС обеспечил качественно новые возможности при проведении экспериментов и последующей работе с экспериментальными данными, существенно повысил эффективность исследований в области УТС и ИТЭР. Кроме того, разработанные решения и ПО используются:

- в ФТИ им. Иоффе в совместных работах по инжекторам (Туман-3М и Глобус-М);
- в ИОФ РАН в рамках исследования удержания высокотемпературной плазмы в замкнутой магнитной ловушке стеллараторного типа;
- в ТРИНИТИ для подготовки совместных исследований на Т-10 и Т-11М;
- на профильных кафедрах МГТУ им. Баумана и МИФИ, в ИЯС, ТРИНИТИ и ИОФ РАН для создания grid-узлов научно-образовательной сети.

Предложенные автором подходы и решения обеспечивают тиражирование отдельных модулей и комплекса в целом, позволяют сократить затраты на разработку систем автоматизации эксперимента (САЭ), объединить ССОД действующих установок УТС в общее информационное пространство и отработать механизмы интеграции в международную сеть Fusion Grid.

На защиту выносятся:

- Концепция построения ИС установок УТС с использованием современных технологий, промышленных решений, открытых алгоритмов и систем;
- СУД, архитектура и унифицированная программная среда масштабируемого ИВК, обеспечивающего проведение исследований сразу на нескольких крупных установках УТС и интеграцию этих установок в научно-образовательную сеть типа Fusion Grid;
- Метод создания унифицированных форматов экспериментальных данных и алгоритмы для работы с ними;
- Специализированная расширяемая БД DASSQL для разнообразных данных различных установок УТС с набором утилит и задачных интерфейсов;
- Подход к разработке и реализация набора программных модулей для создания новых приложений в среде ИВК, сетевых сервисов и кросс-

платформенной библиотеки для доступа к экспериментальным данным и средствам их обработки через Интернет;

- Многофункциональная графическая оболочка DAS Tools для работы с экспериментальными данными различных установок УТС на этапах сбора и обработки.

Реализация результатов. Основные результаты диссертации были использованы:

- 1988г. при создании графического интерфейса ССОД «Конвейер»;
- 1991г. при разработке ПО диагностики WASA-II по заказу Центрального института электронной физики, Берлин;
- 1993г. при создании ССОД-93 токамаков Т-10, Т-15 на основе распределенных вычислительных ресурсов в компьютерной сети с файловым сервером, специализированной БД Libra, унифицированными многоканальными диагностическими комплексами (МДК) Captain и рабочими станциями для обработки данных в программе XPlus;
- 1994г. при разработке ПО для диагностики XRAY на базе VAX по заказу General Atomics;
- 1998г. при разработке ПО цифровой системы автоматического регулирования системы питания полоидальных полей токамака Т-15;
- 2000г. при разработке ПО для измерения и анализа вибраций элементов установок Т-10 и TEXTOR;
- 1998-2002гг. при разработке и внедрении ПО ИВК ИЯС, обеспечивающего проведение экспериментальных кампаний на установках и стендах: Т-10, ПН-3, ИГС, ДИНА;
- 2002-2004гг. при создании на основе ПО ИВК ИЯС центров удаленного обучения студентов по специальностям теория физики плазмы и плазменные технологии в МГТУ им. Баумана, МИФИ и МЭИ;
- 2003г. при разработке ПО для управления вакуумной системой Т-15;
- 2004г. при создании на основе ПО ИВК ИЯС и MDSPlus grid-узла в ТРИНИТИ;
- 2004г. при освоении инжекторов нейтралов на установках Туман-3М и Глобус-М в Физико-технический институте им. А.Ф. Иоффе;
- 2004г. при использовании ПО ИВК ИЯС в ИОФ РАН для Л-2М.

Апробация работы.

Результаты диссертации представлялись на следующих конференциях:

- IV Всесоюзный семинар по обработке физической информации. Ереван, май 1988.
- 16th Symposium on Fusion Technology. 3-7 September 1990 London.
- 5-й Всесоюзная конференция по проблемам ТЯР. Ленинград, октябрь 1990г.
- 8-й международный симпозиум по проблемам модульных информационно-вычислительных систем и сетей. Дубна, сентябрь

онно-вычислительных систем и сетей. Дубна, сентябрь 1991.

- International congress on plasma physics Praha 06.29-07.03.1998.
- 21 st Symposium on Fusion Technology (SOFT-21) Madrid, Spain, September 11-15,2000.
- 10-я Всероссийская конференция физики плазмы. Троицк, 2003.
- 30th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics St Petersburg 7-11.07,2003.
- 31 -й конференция по ФП и УТС. Звенигород 2004.

Всего с 1988г. по теме диссертации сделано 11 докладов на отечественных и зарубежных конференциях. Выполненные при участии и под руководством автора разработки становились лауреатами конкурса в области инженерных и технологических разработок РНЦ «Курчатовский институт» в 1992, 1994 и 2002г.

Личный вклад автора.

Автором диссертации сформулированы задачи и принципы построения современных ИС крупных установок УТС, определен состав программных и вычислительных средств, архитектура масштабируемого ИВК, а также предложены, разработаны и внедрены:

1. Терминальный и программный интерфейсы для БД ССОД «Конвейер» образца 1988г.
2. БД Libra с графическим интерфейсом XPlus и архитектура ССОД-93 образца 1993 г.
3. Метод идентификации данных для работы с данными различных установок в общей БД и структура записи данных для хранения разнотипной измерительной информации с произвольным количеством описательных параметров. Механизм создания новых типов данных и форматы для работы с временными рядами, таблицами, видео и др. Механизм индексируемых параметров для поиска данных средствами SQL.
4. СУД ИВК ИЯС, локальные архивы DAS TFile, DAS Heap и БД DASSQL.
5. Набор сетевых сервисов и библиотека DAS Access для удаленного доступа.
6. Набор программных модулей, составляющий ядро специализированного ПО и обеспечивающий быструю разработку новых прикладных подсистем ИВК ИЯС.
7. Многофункциональная графическая оболочка DAS Tools для работы с экспериментальными данными различных установок на этапах сбора и обработки, интегрируемая с другими программными средствами.
8. Задачный интерфейс к БД и локальным архивам.

Это составляет ядро и большую часть специализированного ПО ИВК ИЯС.

Кроме того:

- Разработка унифицированных диагностических подсистем Captain и

DAS Sampler на разных этапах велась с В.В. Тимониным, Д.Ю. Шугаевым и И.Д. Кучеренко.

- Совместно с Г.Б. Игонькиной велась разработка платформы SigmaWeb, интерфейса DASWeb, библиотеки SQL-запросов к БД DASSQL, алгоритмов обработки данных DAS Processing и интеграция разработанного ею кода Function minimize в DAS Tools.
- Интеграция MDSPlus в среду ИВК ИЯС осуществлена совместно с В.А. Вознесенским.
- Развитие ИВК ИЯС по пути создания российской сети подобной Fusion Grid осуществляется совместно с профилирующими кафедрами МИФИ, МГТУ им. Баумана и МЭИ.

Большое влияние на принятые при создании ИВК ИЯС решения оказал период совместной работы 1987-1992гг. с А.Н. Фяхретдиновым, В.В. Тимониным, Ю.В. Балабановым и Д.Ю. Шугаевым, а также опыт, переданный Л.А. Маталиным-Слуцким.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в материалах и сборниках 9-ти конференций и 3-х статьях, выпущено 6 отчетов, 2 работы подготовлено к печати.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Текст диссертации изложен на 147 страницах, включает 64 рисунка, 11 таблиц и библиографический список из 70 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность разработки унифицированной высокоэффективной программной среды для проведения научных исследований на термоядерных установках и интеграции исследовательских ресурсов существующих плазменных установок в российскую и международную научно-образовательную информационную сеть по тематике УТС, сформулирована поставленная задача, приведены основные положения, выносимые на защиту, дано краткое содержание диссертации по главам.

В первой главе на примере токамака Т-10 описана предметная область, связанная с проведением исследований на крупных установках УТС. Показана эволюция ССОД ИЯС, начиная с 1987г. Рассмотрены общие вопросы построения комплексных ИС для установок УТС на примере ИВК крупных установок ИЯС. Сформулированы задачи ИВК. Эти задачи сводятся к обеспечению сбора и хранению экспериментальных данных, выполнению предварительной обработки данных за время между отдельными экспериментами, представлению данных в унифицированном виде, интеграции со

стандартными математическими пакетами и проблемно-ориентированными расчетными кодами, реализации удаленного доступа к информационным и вычислительным ресурсам. Сформулированы требования к СУД. Приведена архитектура и состав вычислительных ресурсов ИВКИАС.

ИВК ИЯС - это сложный аппаратно-программный комплекс, состоящий из взаимодействующих в сети TCP/IP диагностических подсистем, информационных и вычислительных ресурсов работающих в общей программной среде. В состав комплекса входят:

1. Системы сбора и обработки данных установок и стендов ИЯС.
2. База экспериментальных данных установок и стендов ИЯС.
3. Сервер приложений.
4. Набор библиотек, программ, интерфейсов и сетевых сервисов для работы с данными.
5. Система информационной поддержки пользователей (сервисы E-mail и FTP, информационный сервер www.Fusion.ru).

ССОД установок ИЯС одноступенчатые, их основу составляют унифицированные МДК DAS Sampler, общая БД DASSQL и рабочие станции для работы с данными в многофункциональной графической оболочке DAS Tools. Количество диагностик в составе ССОД не имеет специальных ограничений и увеличивается по мере необходимости.

СУД ИВК ИЯС является функционально полной системой, интегрированной с инструментами для обработки и визуализации данных, и обеспечивает решение следующих основных задач:

- хранение разнообразных экспериментальных данных и результатов их обработки в локальных архивах и общей БД;
- проверка целостности, администрирование и редактирование БД;
- поиск данных, выполнение терминальных и программных запросов;
- импорт-экспорт и представление данных в стандартном виде;
- интеграция с другими ИС и доступ к данным через Интернет;
- создание общей информационной среды для диагностических комплексов ИЯС.

Идея конструирования САЭ из компонентов отражает общие тенденции в мега-программировании (крупноблочном конструировании систем) и развивается в ИЯС, начиная с ССОД-93. Наряду со специально разработанным ПО в ИВК ИЯС используются встроенные возможности MS Windows 2000 Server (IIS, Indexing server, FPNW, RRAS, Terminal Service, Application Server и др.) и MS SQL Server 2000. Платформа MS Windows 2000 Server обеспечивает возможность масштабирования вычислительных ресурсов на основе технологии кластеров. Основу вычислительных ресурсов ИВК составляют три сервера с платформой Intel, работающих под управлением MS Windows 2000:

I. Сервер FUSION используется для электронного документооборота и

размещения сайта ИЯС (www.fusion.ru). На сайте находится документация ИВК ИЯС и вход в on-line ресурсы с web-интерфейсами: доступ к БД и запуск транспортных кодов на сервере приложений. С помощью службы MS FPNW эмулируется среда Novell Netware, необходимая для старых диагностик ССОД-93, и работает шлюз приватной IP-сети ССОД Т-10. Для служб E-Mail и FTP используются продукты iMail и WS-FTP Server (www.ipswitch.com).

II. Сервер приложений DASCPU используется для запуска расчетных кодов и сетевых сервисов DASWeb и DASTCP, обеспечивающих удаленный доступ к данным и результатам их обработки. Для запуска расчетных кодов с управлением и представлением результатов через Интернет-браузер разработана платформа SigmaWeb. Дополнительно, для запуска приложений Linux используется эмуляция Cooperative Linux (www.colinux.org).

III. Сервер БД DASSQL обеспечивает работу с экспериментальными данными различных экспериментальных установок и стендов. Запись данных установок ИЯС осуществляется в процессе эксперимента между рабочими импульсами. В БД ИЯС хранятся данные 7-ми установок:

- T10 - токамак Т-10;
- ЕСНТ10 - гиротронный комплекс Т-10;
- PNХ - плазменный нейтрализатор ПН-3;
- Тшпап3М - токамак Туман-3М, ФТИ им. Иоффе (отдельные импульсы);
- Globus - сферический токамак Глобус-М, ФТИ им. Иоффе (отдельные импульсы);
- L2M - стелларатор Л-2М, ИОФ РАН (отдельные импульсы);
- DINA - инжектор нейтральных атомов ДИНА;

всего более трех миллионов записей. Осенью 2004г. должны появиться записи новой установки ПС-1 и некоторые данные токамака Т-11М. На ИГС ИЯС работает отдельная БД типа DASSQL. Эксплуатация в условиях эксперимента и последующей обработки данных показала, что системные требования к серверу DASSQL незначительны (Dual Pentium-III 450 MHz, 512Mb RAM), а производительность высока: время исполнения запроса 20-100 миллисекунд в многопользовательском режиме.

Во второй главе приведена концептуальная модель данных СУД ИВК ИЯС. Предложена структура записи, обеспечивающая хранение разнотипной измерительной информации большого объема и произвольного количества описательных параметров. Рассмотрен метод создания новых типов данных на основе предложенной структуры записи. Описана специализированная БД DASSQL и форматы данных использующихся в ИВК ИЯС.

Концептуальная модель данных СУД ИВК ИЯС отображает специфику измерений проводимых на плазменных установках и последующую работу с данными. Информация разделена по принадлежности к оп-

ределенной установке (или разделу), диагностике, каналу и номеру импульса. Идентификация данных осуществляется по названию установки (device), номеру импульса (shot) и имени записи канала (name). Кроме данных полученных в ходе измерений или обработки, сохраняется справочная информация:

- параметры, характеризующие рабочий режим установки в конкретном импульсе;
- дополнительные сведения о каналах, диагностиках и установках;
- параметры измерительной аппаратуры и математической обработки.

Проиндексированные параметры рабочего режима образуют справочник для последующего поиска по рабочим импульсам установки. Идентификация индексируемых параметров осуществляется по названию установки номеру импульса и имени параметра.

Для хранения записи данных предложена структура (Рис. 1), включающая фиксированный заголовок, паспорт переменной длины и поле данных переменной длины.

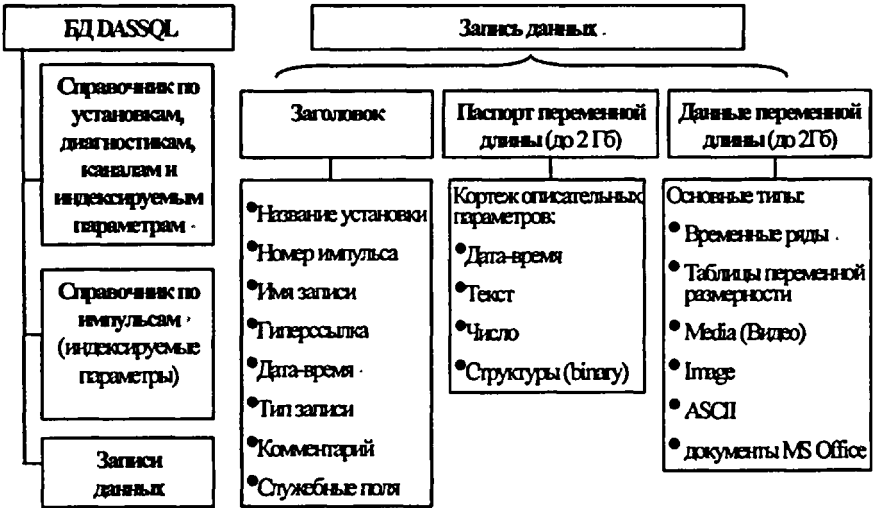


Рис. 1. Структура БД и записи данных

Паспорт данных представляет собой последовательность параметров (кортеж), каждый из которых имеет поле, описывающее тип параметра, имя параметра переменной длины и значение параметра переменной длины. В текстовом параметре можно хранить XML. Возможность добавления в паспорт данных произвольного числа описательных параметров позволяет реализовать описание новых структур данных вне прикладных программ пользователя и обеспечить возможность унифицированного

подхода при работе с экспериментальными данными.

Дополнительные сведения, такие как описания и справочная информация по установкам и диагностикам, размерность каналов и параметров и др., а также поля фиксированного заголовка записи данных и индексируемые параметры рабочего режима, целесообразно хранить в реляционных таблицах. Измерительные данные и результаты обработки целесообразно хранить в виде бинарных структур переменной длины (так как при анализе измеренных зависимостей необходима совокупность соседних значений, и доступ к отдельным точкам на уровне СУБД не требуется). Для хранения бинарных данных большого размера требуется наличие специальных механизмов - это могут быть поля типа blob (image) в таблице реляционной БД или внешние файлы. При такой организации данных поиск записей возможен по полям заголовка записи и по индексируемым параметрам рабочего режима, сохраняемым в каждом импульсе, а также по справочной информации. Предложенная организация данных содержит минимальный объем метаданных и служебной информации, дальнейший баланс между неизбыточностью и быстродействием регулируется созданием дополнительных индексов для поиска данных по критериям.

В БД DASSQL реализованы высокоэффективные методы записи, чтения и поиска данных средствами SQL для больших объемов разнообразной диагностической информации и сжатие данных в 3-6 раз без потери информации. Любые изменения, добавления и удаления в БД могут быть произведены только администратором или непосредственным владельцем данных. Каждая диагностика ассоциирована с определенным владельцем и защищена паролем. Принадлежность имен данных к определенной диагностике может быть задана для каждого имени отдельно или для домена имен. В качестве платформы БД выбрана лидирующая по уровню масштабирования, быстродействия и производительности реляционная СУБД MS SQL Server 2000. Физическая организация данных этой СУБД полностью отвечает требованиям предложенной концептуальной модели данных и позволяет наращивать информационно-справочную составляющую DASSQL, расширяя функциональные возможности БД. При создании DASSQL в MS SQL были использованы механизмы индексации, хранения blob-полей и транзакции - стандартные для современных SQL-серверов, а операции над структурами проблемно-ориентированного формата данных производятся специально разработанным ПО.

Формально, максимальный размер элемента данных в БД - 2 Gb. Наличие в записи поля гиперссылки позволяет хранить данные большого объема (например, видеофильм) в виде файлов на файловом сервере, при этом заголовки данных и паспорт параметров находятся в реляционных таблицах БД. На практике в ИВК ИЯС все данные объемом до 20 Мб сохраняются в реляционных таблицах БД в полях типа blob. Способ интерпретации поля данных зависит от типа записи, указанного в заголовке, и

дополнительных описательных параметров в паспорте данных. Например, для записи типа таблица в паспорте данных должен находиться параметр с именем TABLE, содержащий структуру подобную:

ColumnCount: integer; //число колонок в таблице

xCase: integer; //способ задания колонок (например X,Y1 ..Yn)

Columns:array[1..ColumnCount]ofrecord

PointType: byte; //тип точки в колонке, например word, double и т.п.

PointCount: byte; //число точек в колонке

end;

Размер этого параметра зависит от числа ColumnCount. Такая структура позволяет создать маску для представления поля данных в виде таблицы. В настоящее время в ИВК ИЯС используется 10 типов данных, в т.ч. сигнал, таблица, медиа, текст, изображения и др., этот список расширяется по мере необходимости.

Дополнительно в ИВК ИЯС данные могут передаваться, храниться и использоваться для автономной работы с локальными архивами в виде индексируемых транспортных файлов DAS TFile или в текстовых файлах в виде таблиц с заголовками и списками параметров. Записи данных в файле DAS TFile следуют непосредственно одна за другой без дополнительных разделителей (в начале файла находится заголовок). Каждая запись представляет собой специальную структуру THead, которая отображает предложенную выше структуру записи. Если транспортный файл используется в качестве локального архива для автономной работы с программами DAS Tools и DAS Text, автоматически создается индексный файл с расширением «.IDS», обеспечивающий быстрый поиск данных и исключающий дублирование данных при записи. Формат индексного файла совместим со структурой и механизмами работы INI-файлов MS Windows:

[DAST-file INDEX]

Jfile=<DasFileName> *И* имя индексируемого файла DAS TFile

size=<DasFileSize> *И* размер индексируемого файла в байтах

db=<DataSourceName> *И* название источника данных

[<DeviceName-X>]

<Shot-l>=<ChannelName~l>:<Offset>...<ChannelName-N>:<Offset>

<Shot-N>=<ChannelName-l>:<Offset>...<ChannelName-N>:<Offset>

Данным различных установок, представленным в локальном архиве DAS TFile, будут соответствовать отдельные разделы [*<DeviceName-X>*] в индексном файле, дополнительно:

<Shot-l> ... <Shot-N> - номера импульсов

<ChannelName>:<Offset> Имя Канала: положение записи в DAS TFile.

Простая структура файла DAS TFile и использование стандарта INI-файлов облегчает пользователям ИВК создание собственных приложений для работы с локальными архивами. Структура файла DAS TFile не избыточна и

эффективна для хранения и передачи данных, но непригодна для операций удаления и измерения отдельных записей в файле. Для этого разработана его модификация DAS Near, с внутренней структурой, основанной на списках занятых и свободных блоков переменной длины.

В третьей главе представлен разработанный набор утилит, интерфейсов и сетевых сервисов, программных модулей и библиотек, составляющих ядро ПО ИВК ИЯС (Рис. 2). Фактически предложена платформа, позволяющая создавать ИС для крупных установок УТС, наращивать функциональные возможности и вычислительные мощности САЭ, объединять ССОД действующих установок в общее информационное пространство.

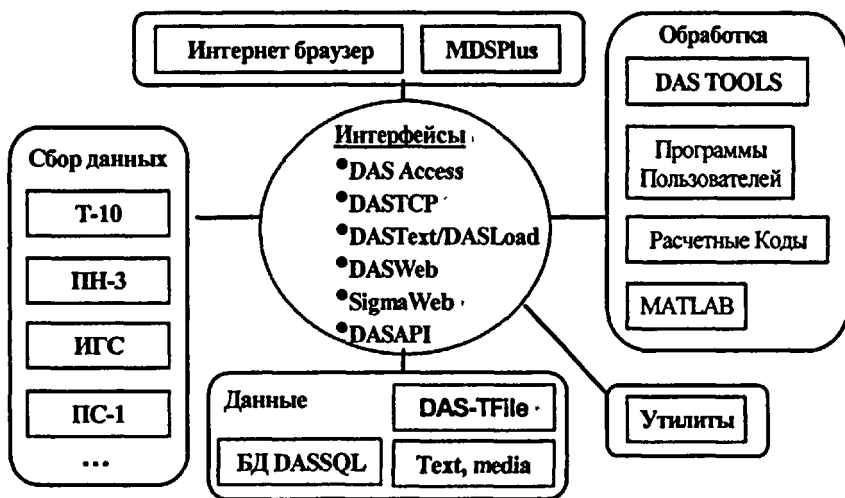


Рис. 2. Набор интерфейсов и сетевых сервисов ИВК ИЯС

Для интеграции ИВК с другими ИС, средствами обработки и представления данных предложен функционально полный набор интерфейсов:

1. Графическая оболочка DAS Tools - для быстрой специализированной обработки.
2. Задачный интерфейс DASText/DASLoad - для интеграции стандартных математических пакетов и для пакетной обработки данных.
3. Сервис D AS Web - для доступа к данным через Интернет-браузер.
4. Сервис DASTCP - для реализации запросов и передачи данных протоколом TCP/IP.
5. Платформа SigmaWeb - для запуска расчетных кодов на сервере приложений.
6. Программный интерфейс DASAPI и библиотека DAS Access - для разработки новых приложений в среде ИВК ИЯС.

Для администрирования БД DASSQL, загрузки и выгрузки данных в виде файлов разработан набор утилит. Программы заданного интерфейса DASText и DASLoad получают задание в виде параметров в командной строке. Это позволяет вызывать их из пользовательских приложений (например, из MATLAB), реализуя обмен данными с БД или локальным архивом через текстовые или бинарные файлы. DASText позволяет получать списки установок, импульсов и записей, на основе которых вызывающая программа может строить меню для навигации по источнику данных. Дополнительно DASLoad может использоваться для загрузки файлов данных Туман-3М, Глобус-М, Л-2М.

Для работы с экспериментальными данными предусмотрено четыре основных графических интерфейса (Рис. 3): DAS Tools, Интернет браузер, MATLAB и MDSPlus.

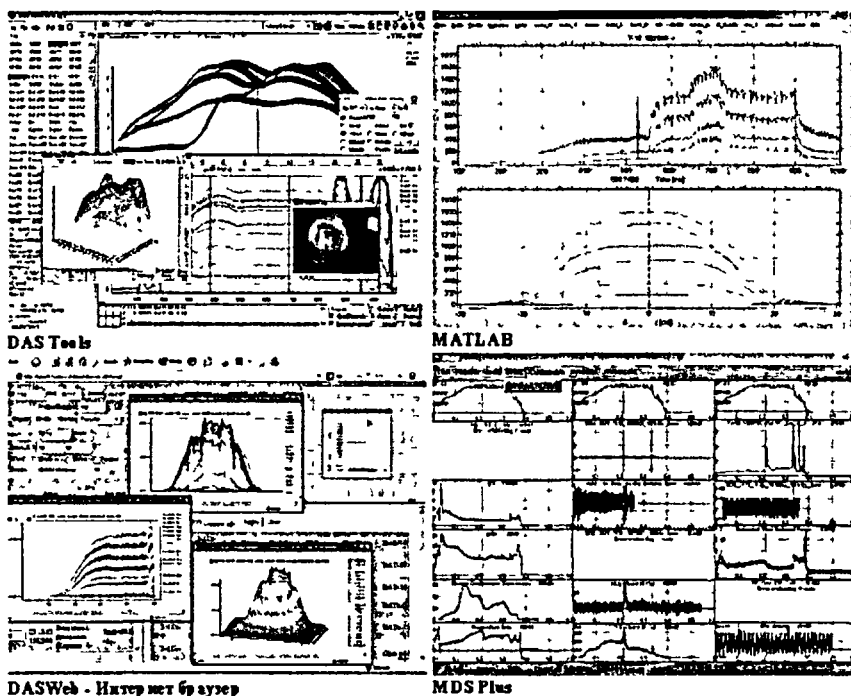


Рис. 3. Основные графические интерфейсы для обработки данных в ИВК

Для работы с однотипными данными различных экспериментальных установок целесообразно иметь высокоэффективные инструментальные средства с унифицированным пользовательским интерфейсом и широ-

ким набором специальных возможностей, необходимых в данной предметной области. Примером может служить разработанная на основе анализа запросов физиков-экспериментаторов графическая оболочка DAS Tools, используемая на этапах сбора, предварительной обработки и последующей углубленной работы с данными различных плазменных установок. DAS Tools обеспечивает эффективную навигацию по БД и локальным архивам, быструю специализированную обработку экспериментальных данных, получаемых на различных установках и стендах УТС. Имеются механизмы для совместной работы с внешними кодами и широкий набор средств представления результатов. DAS Tools может работать с данными в виде временных рядов и таблиц, а также с фото и видео данными из следующих источников:

- БД DASSQL (доступ через Интернет);
- локальный архив в виде транспортных файлов DAS TFile;
- программа сбора данных с АЦП DAS Sampler, через именованную область памяти;
- файлы: текстовые и бинарные с регулярной структурой, медиа.

Набор средств для работы с экспериментальными данными определен, исходя из сложившейся на установках и стендах ИЯС практики работы с данными:

- 1) Пакет математической обработки сигнала и анализа временных рядов DAS Processing.
- 2) Пакет спектрального анализа сигналов на основе FFT.
- 3) Пакет построения профилей и поверхностей для многоканальных измерений.
- 4) Средства для работы с изображениями и видео данными.
- 5) Механизм поиска данных по критериям в БД DASSQL.
- 6) Набор функций для редактирования БД DASSQL и загрузки данных.
- 7) Декодеры для загрузки из файлов данных Libra, DAS TFile, ТуманЗМ, Глобус-М, Л-2М.

Среди дополнительных возможностей, предоставляемых в DAS Tools, следует выделить:

- минимизация приближения функций к экспериментальным данным;
- запуск внешних кодов и обмен данными с ними;
- экспорт данных и результатов обработки в виде изображений, файлов и печати;
- просмотр медиа данных (gif, avi и т.п.);
- выбор параметров визуализации и представления результатов обработки данных.

Эффективная работа с большим количеством анализируемых данных обеспечена продуманным интерфейсом и сценарием работы при выборе данных и задании параметров математической обработки. Для частых однотипных операций разработан механизм наборов данных - создание и

дальнейшее обращение по имени к группе каналов с заданием индивидуальных атрибутов обработки и визуализации для каждого канала, а также подобный механизм для работы с наборами графиков.

Широкий набор методов работы с экспериментальными данными плазменных установок и дружественный пользовательский интерфейс позволяют применять программу DAS Tools на различных экспериментальных установках (Т-10, Т-11М, ПН-3, Туман-3М, Глобус-М, Л-2М и др.), а также использовать ее в учебном процессе.

БД ИВК ИЯС автоматически публикуется в Интернет на сайте www.fusion.ru. Сервис DASWEB основанный на технологии ISAPI обеспечивает формирование запросов к БД DASSQL через Интернет-браузер одновременно с указанием способов обработки данных и вывода результатов. Основные возможности DASWeb:

- Получение справочной информации по диагностикам, каналам и импульсам;
- Выполнение обработки данных, построение профилей и поверхностей;
- Получение результатов в виде графика или текста;
- Сохранение результатов в виде файлов в формате GIF, ASCII или DAS TFile.

Вычисления производятся на стороне сервера, и пользователю передаются уже результаты обработки в виде динамически создаваемых HTML страниц (сжатых методом Deflate) и изображений, без создания на сервере промежуточных файлов.

Платформа Sigma Web предназначена для запуска расчетных кодов на сервере приложений. Выбор кода, задание и получение результатов вычислений производится через Интернет браузер (сайт www.fusion.ru). Для увеличения скорости передачи HTML-страницы упаковываются методом Deflate. Запускаемые коды имеют доступ к БД DASSQL и к собственным архивам. Выполнение кода в многопользовательском режиме обеспечивается созданием временного контекста для каждой запускаемой копии кода. Входными данными кодов являются передаваемые методом POST из Интернет-браузера клиента значения и параметры, а также файлы из архива кода на сервере приложений. Главное требование к расчетному коду для возможности его запуска на платформе SigmaWeb - входные и выходные данные должны представляться в виде текстового файла. На случай зависания кода предусмотрен механизм снятия процесса по тайм-ауту. Код может представлять собой группу исполняемых модулей, объединенных в командный файл.

Для доступа к данным ИВК ИЯС через TCP-stream из пользовательских программ, работающих в различных ОС, разработан data socket к БД. Сетевой сервис DASTCP в соответствии с разработанным

БД. Сетевой сервис DASTCP в соответствии с разработанным набором команд передает пользовательской программе результаты запросов к БД по сети TCP/IP. Возможности задавать число возвращаемых точек в указанном интервале времени, производить обработку данных на стороне сервера и сжимать передаваемые данные позволяют эффективно работать с БД даже при медленном канале Интернет. DASTCP выполняет следующие задачи:

- Многократное использование ограниченного числа SQL-соединений;
- Контроль доступа к БД и вычислительным ресурсам сервера приложений;
- Обмен данными с клиентом DAS Access через сеть Интернет (сжатие и передача информации для навигации, данных и результатов заданной обработки).

Для унифицированной работы с различной измерительной информацией сервис DASTCP конвертирует подходящие типы данных в универсальную бинарную таблицу DAS BinTable. Реализованные механизмы авторизации, диагностики ошибок и эффективной передачи данных позволяют надстраивать над сервисом DASTCP распространенные протоколы и средства представления данных.

Библиотека DAS Access позволяет создавать пользовательские приложения, имеющие доступ к БД и серверу приложений через сетевой сервис DASTCP. Библиотека написана на Free Pascal (www.freepascal.org) и предоставляется не только в виде загружаемых модулей для Win32 и Linux, но и в исходных текстах. Это позволяет пользователям самостоятельно создавать библиотеки доступа к данным DASSQL для следующих ОС: Win32, Linux, Openbsd, Os2, Palmos и Sunos. Обмен данными между приложением и БД DASSQL происходит по следующей цепочке: *{Application-DASAccess}*—*{DASTCP-DASSQL}*. Библиотека позволяет получать данные в оригинальном формате, а также результаты заданной обработки в виде текстовой или универсальной бинарной таблицы DAS BinTable, которая обеспечивает унифицированный подход при обработке различных измерительных данных. Дополнительно, библиотека содержит набор функций для работы с данными в формате DAS BinTable.

Для представления данных ИВК ИЯС в формате Fusion Grid и подключения кодов в этой среде используется пакет MDSPPlus (www.mdsplus.org), подключенный к сервису DASTCP с помощью библиотеки DAS Access. Фактически ИВК ИЯС является grid - узлом научно-образовательной сети УТС, аналогичный узел создан в ИОФ РАН (plasmadb.fpl.gpi.ru). До конца 2004г. аналогичные grid - узлы на основе ПО ИВК ИЯС в ТРИНИТИ, в МГТУ им. Баумана и в МИФИ на кафедре физики плазмы образуют сегмент научно-образовательной сети УТС.

Безопасность данных. В БД и сетевых сервисах ИВК ИЯС предусмотрена авторизация. Удаленный доступ к МДК DAS Sampler защищен паролем, а также наличием у диагностического комплекса приватной IP-сети. Дополнительная регламентация доступа к информационным и вычислительным ресурсам осуществляется встроенными средствами MS Windows 2000 Server, Internet information server, Remote access service и SQL Server. Организация широкого доступа к ресурсам ИВК ИЯС удаленных пользователей может потребовать дополнительной защиты от несанкционированных действий. Для этого можно использовать дополнительный брандмауэр и SSL/TSL в сетевых приложениях.

Четвертая глава посвящена описанию ПО, составляющего основу ИВК ИЯС. Рассмотрены основные подходы при выборе и разработке ПО САЭ на установках УТС, состав программных модулей DASAPI для работы с экспериментальными данными в СУД ИВК ИЯС и пакет алгоритмов DAS Processing для обработки экспериментальных данных.

Для обеспечения требуемой в международном проекте ИТЭР открытости и высокой эффективности САЭ установок УТС (как по производительности, так и по соотношению цена-качество) необходимо найти компромисс и приемлемый уровень унификации при выборе готовых компонентов и разработке новых. Причем, целесообразно создавать компоненты, которые можно будет многократно использовать при создании новых систем. При создании унифицированной программной среды для установок ИЯС наряду с оригинальными форматами, алгоритмами и решениями широко использовались современные информационные технологии, средства операционной среды и готовые решения, открытые алгоритмы, протоколы и общепринятые стандарты, учитывалась возможность использования распространенных математических пакетов для обработки и стандартного представления данных. Исходя из требований, предъявляемых к ИС установки УТС, был определен необходимый для реализации набор функциональных возможностей. При этом учитывалось, что в состав САЭ входит множество подсистем (диагностических, технологических и управляющих), которые в свою очередь должны эффективно взаимодействовать. Одновременно рассматривались существующие компоненты и технологии на предмет применимости их в разрабатываемой ИС. В отличие от технической interoperability (совместной деятельности) основанной, например, на основе архитектуры промежуточного слоя CORBA, рассматривалась interoperability в широком смысле соответствия выбранных и вновь создаваемых компонентов контексту решаемой задачи. Для сокращения времени разработки и повышения надежности создаваемой проблемно-ориентированной ИС, были выбраны подходящие компоненты interoperability в среде ИВК ИЯС. Такими компонентами стали, например, сервисы, встроенные в операционную среду MS Windows 2000

server, пакет MDSPlus для представления данных в среде Fusion Grid, технологии ADO, DirectX, ISAPI и Web, программные компоненты для работы и шифрования данных в сети TCP/IP и некоторые другие. При этом конечный продукт - разработанная ИС для работы с экспериментальными данными установок УТС в свою очередь тоже является интероперабельным компонентом, обеспечивающим повторное использование в среде научно-образовательной сети УТС. Представленный подход позволяет снизить затраты на разработку и сопровождение ИС, обеспечить развитие программной среды вместе с развитием используемых компонентов, облегчить кооперацию при создании и использовании ПО для различных установок УТС.

Специализированное ПО разработано в среде Delphi6/Kylix3. Это обеспечивает эффективное использование готовых компонентов, работу создаваемого ПО в среде Win32 и возможность его переноса в Linux. Наряду с оригинальными алгоритмами, там, где это было возможно, использовались эффективные кросс-платформенные библиотеки, алгоритмы и методы, например:

- DSPack (www.progdigy.com) - работа с медиа в среде DirectX;
- TeeChart (www.teechart.com) - графический пакет;
- Indy (www.nevrona.com/indy) - работа в среде Интернет/Инtranет;
- Synapse (www.ararat.cz/synapse) - работа в среде Интернет/Инtranет;
- ZLib (www.zlib.org) - сжатие данных.

Программные модули DASAPI, составляющие ядро специализированного ПО ИВК ИЯС, можно разделить на четыре основные группы:

1. Работа с источниками данных.
2. Обработка данных.
3. Визуализация и представление данных.
4. Вспомогательные функции, базовые типы и алгоритмы.

Представленная в DASAPI объектная декомпозиция отражает иерархии наследования объектов предметной области, а также их базовые взаимосвязи. Центральное место декомпозиции занимает унифицированная структура THead для работы с записью данных и объект TSignal, реализующий набор специальных методов для обработки и представления измерительных данных разных типов, осуществляющий координацию работы инкапсулированных объектов со следующими основными функциями:

- обмен данными с БД DASSQL, локальными архивами DAS TFile; текстовыми и бинарными файлами регулярной структуры;
- работа с унифицированной структурой данных THead;
- обработка сигналов, построение профилей и поверхностей, работа с сериями данных.

Для выполнения специализированной математической обработки большого количества измерительной информации за время между импульсами установки требуются эффективные методы работы с данными. Исходя из

предложенной структуры записи данных, требуются специальные механизмы для работы с паспортом данных и для интерпретации поля данных. Высокая производительность при интенсивной работе с паспортом данных обеспечена использованием бинарного сбалансированного дерева (класс `TBtree`), надстраиваемого над кортежем параметров. А для работы с параметрами используется класс `TPspBase`, обеспечивающий преобразование типов (на основе типа `Variant`) и оптимизацию параметров - для них подбирается самый компактный тип данных (например, число 12 будет записано как `byte`, а 120000 как `integer`). Все операции с паспортом данных реализуются классом `TPsp`. Интерпретация поля данных с измерительными значениями реализуется классом `TMet`, позволяющим динамически создавать маски нужного типа для работы с областью памяти, как с группой разнотипных массивов переменной длины. Дополнительно этот класс содержит набор методов для сортировки и статистического анализа.

Перед анализом экспериментальных данных требуется выполнить предварительную математическую обработку, включающую в себя подавление наводок, выделение сигнала на фоне шумов, приведение к физической величине и другие методы обработки сигналов. Диагностические подсистемы на основе МДК `DAS Sampler` позволяют получать сигналы с высоким частотным разрешением. Например, сигнал `T-10:38774:ECE2.015` содержит 3000000 точек, измеренных в течение одной секунды, даже для простого отображения таких сигналов в виде графиков требуется использование специальных методов для выявления основных характеристик сигнала. Для анализа данных многоканальных диагностик удобно представление результатов обработки в виде профилей и поверхностей. Пакет обработки экспериментальных данных `DAS Processing` входит в состав сетевых сервисов `DASTCP` и `DASWeb`, задачного интерфейса `DASText` и графической оболочки `DAS Tool` в виде программных модулей. Реализованные в `DAS Processing` методы предварительной и специальной обработки данных позволяют, основываясь на математическом аппарате и интуиции, найти физически верное отражение измеряемых процессов.

Среди разработанного набора программных модулей также следует отметить класс `TDataModule`, реализующий библиотеку SQL-запросов к БД `DASSQL` на основе технологии `ADO`, классы `THeadFile` и `TDSIndexIni` для работы с локальными архивами `DAS TFile`, модуль `ImgSignal` для представления серий данных в виде графиков, графических потоков и файлов, а также модуль `DASFFT` с оптимизированным алгоритмом Д.Кросса (www.intersrv.com/~dcross) для Фурье-анализа. Практически все программные модули, наряду с обеспечением главной задачи - облегчением разработки новых подсистем в среде ИВК ИЯС, обладают функциональной законченностью и самостоятельной ценностью для использования в новых разработках. В частности модули `DASAPI` используются при разработке технологических и управляющих систем для установок `T-10` и `T-15`.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации, обсуждаются пути развития ИВК ИЯС и возможность использования разработанных решений и платформы для выработки отраслевого стандарта для унифицированных ИС установок УТС.

В приложение вынесены: пример работы с диагностической видео информацией ИГС ИЯС, примеры комплексной обработки данных диагностик T-10 и использования кода Function Minimize для обработки данных различных установок УТС в среде DAS Tools, приведен пример удаленного лабораторного практикума на основе DASWeb.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Для установок УТС сформулированы задачи и принципы построения ИС, определена структура программных и вычислительных средств масштабируемого ИВК.
2. Разработаны основные форматы и методы для работы с экспериментальными данными в виде произвольных временных рядов, таблиц переменной размерности и с медиа данными, а также механизм создания новых типов данных и добавления произвольных индексируемых параметров для организации поиска данных средствами SQL.
3. Впервые предложена и реализована СУД, обеспечивающая одновременную работу с данными нескольких крупных термоядерных установок. Наряду с традиционным набором функций, обеспечено представление разнообразных экспериментальных данных в стандартном виде и удаленный доступ к данным, а также интеграция с проблемно-ориентированными кодами и инструментами обработки данных.
4. Разработан открытый для расширения набор программных модулей DASAPI, позволяющий существенно сократить затраты на разработку прикладных систем в среде предложенной СУД. Общие методы математической обработки экспериментальных данных установок УТС реализованы в виде пакета алгоритмов DAS Processing.
5. На основе разработанной СУД и СУБД MS SQL Server 2000 создана специализированная расширяемая БД крупнейших экспериментальных установок и стендов УТС.
6. Созданы сетевые сервисы DASTCP, DASWeb, SigmaWeb и кросс-платформенная библиотека DAS Access для удаленного доступа к экспериментальным данным и средствам их обработки. Обеспечен регламентируемый доступ к экспериментальным данным нескольких термоядерных установок и к расчетным кодам через обычный Интернет браузер и из прикладных программ, работающих в различных ОС. Обеспечена возможность представления данных различных установок УТС в стандарте MDSPlus.
7. " Создана специализированная многофункциональная графическая обо-

лочка DAS Tools с широким набором методов для работы с экспериментальными данными различных термоядерных установок.

8. Разработана архитектура и унифицированная программная среда масштабируемого экономичного ИВК, обеспечивающего одновременное проведение экспериментов на нескольких крупных установках и их интеграцию в научно-образовательную сеть.

Созданное автором ПО обеспечивает проведение экспериментальных кампаний и эффективную обработку данных на крупнейших установках и стендах ИЯС, обмен данными с участниками совместных работ по международной программе ИТЭР, а также используется в учебных целях для проведения лабораторных практикумов на профильных кафедрах МГТУ им. Баумана, МЭИ и МИФИ. Разработанное ПО используется в ТРИНИТИ, ИОФ РАН, на профильных кафедрах МГТУ им. Баумана и МИФИ для создания grid-узлов научно-образовательной сети, а также в ФТИ им. А.Ф. Иоффе для проведения совместных работ. Полученные в результате работы программные средства, опыт и подходы для создания ИС крупных термоядерных установок могут быть использованы в задачах интеграции существующих экспериментальных, информационных и вычислительных ресурсов УТС в научно-образовательную сеть и для построения следующих поколений подобных систем. Например, реализованные в ИВК ИЯС подходы к построению ИС установок УТС используются в Томском политехническом университете при разработке проектных решений для САЭ на Казахском токамаке КТМ.

Автором разработано более 30 программ и программных модулей, составляющих основу ПО ИВК ИЯС. Приблизительный объем ПО созданного автором и находящимся в эксплуатации около 18 Мб кода (около 6 Мб исходных текстов). Документация на разработанное ПО представлена в 12-ти инструкциях пользователя общим объемом около 200 страниц печатного текста с иллюстрациями, а также размещена на сайте www.fusion.ru.

Список основных работ автора по теме диссертации

1. Балабанов Ю.В., Маталин-Слуцкий Л.А., Соколов М.М., Тимонин В.В., Фяхретдинов А.Н., Шугаев Д.Ю. Методы и средства графического представления информации в экспериментах на токамаке. Тезисы докладов IV Всесоюзного семинара по обработке физической информации, Ереван, май 1988, ЦНИИАтоминформ, стр. 89-91.
2. Балабанов Ю.В., Маталин-Слуцкий Л.А., Соколов М.М., Тимонин В.В., Фяхретдинов А.Н., Шугаев Д.Ю. Distributed Software System for Data Acquisition and Processing Between Tokamak Shots. 16th Symposium on Fusion Technology, London, 3-7 Sep. 1990.
3. Маталин-Слуцкий Л.А., Соколов М.М., Тимонин В.В., Фяхретдинов А.Н., Шугаев Д.Ю. Распределенный программный комплекс для авто-

- матризованного сбора и обработки данных между импульсами токамака. Тезисы докладов 5-ой Всесоюзной конференции по проблемам ТЯР. Ленинград, октябрь 1990г, стр. 201.
4. Маталин-Слуцкий Л.А., Соколов М.М., Тимонин В.В., Фяхретдинов А.Н., Шуғаев Д.Ю. Программные средства для работы с базами экспериментальных данных в многомашинной системе автоматизации эксперимента установки Т-10. Тезисы докладов 8-го международного симпозиума по проблемам модульных информационно-вычислительных систем и сетей, Дубна, сентябрь 1991.
 5. Sushkov A.V., Razumova K.A., Gorshkov A.V., Kislov D.A., Kislov A.Ya., Kimeva N.A., Martynov A.A., Pavlov Yu.D., Sannikov V.V., Savrukhin P.V., Sokolov M.M. Plasma Confinement and MHD Stability in the Experiments with Current Profile Modifications Produced by ECCD in T-10 Tokamak. 25th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, Praha, 06.29-07.03 1998, ECA, V. 22C, p. 599-602. P2.035.
 6. Мосейко Л.А., Мосейко Н.И., Слепнева Л.И., Соколов М.М. Фазометрические системы для установок ТОКАМАК. В кн. ACS'2000. Международная школа-семинар по компьютерной автоматизации и информатизации. - М.: Элике, 2000, с. 34-35.
 7. Khvostenko P.P., Mikhailichenko V.A., Notkin G.E., Bogdanov V.F., Bohn F.H., Giesen B., Kucherenko I.Yu., Neubauer O., Sokolov M.M., Vertiporokh A.N., Vostrikov S.N. Vibration measurements of the tokamaks components TEXTOR and T-10 in operation. Fusion Engineering and Design, 56-57 (2001) 959-963.
 8. Poznyak V.I., Bludov A.V., Ermishkina Yu.K., Kalinin A.I., Korotkov V.K., Kucherenko I.Yu., Morozov E.P., Piterskii V.V., Ploskirev G.N., Ploskirev E.G., Savost'yanov S.A., Sokolov M.M., Zorenko A.V. New diagnostics methods of super thermal electron plasma component by its super high frequency emission on tokamak T-10. 30th EPS Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, St Petersburg, Russia, 7-11 July 2003, ECA, V. 27A, P-2.61, (<http://www.ioife.rssi.ru/EPS2003>).
 9. Позняк В.И., Блудов А.В., Ермишкина Ю.К., Зоренко А.В., Калинин А.И., Короткое В.К., Кучеренко И.Ю., Морозов Е.П., Питерский В.В., Плоскирев Г.Н., Плоскирев Е.Г., Савостьянов С.А., Соколов М.М., Степанов А.П. Новый диагностический комплекс для анализа характеристик надтепловой компоненты электронов плазмы по ее СВЧ-излучению на токамаке Т-10. В сб. докладов 10-ой Всероссийской конференции по диагностике плазмы, Троицк, июнь 2003, Б4, с. 10-11.
 10. Вознесенский В.А., Семенов И.Б., Соколов М.М. Организация обмена экспериментальными данными в системе MDSPPlus. В сб. докладов 10-ой Всероссийской конференции по диагностике плазмы, Троицк, июнь 2003, Е6, с. 36.

11. Вознесенский В.А., Соколов М.М., Семенов И.Б. Организация обмена экспериментальными данными с использованием системы MDSPlus. Вопросы Атомной Науки и Техники, серия Термоядерный Синтез, No 4 (2003) с. 68-72.
12. Соколов М.М. Возможность применения вычислительного комплекса Т-10 на других экспериментальных установках. В сб. докладов 10-ой Всероссийской конференции по диагностике плазмы, Троицк, июнь 2003, Е2, с. 32.
13. Соколов М.М. Возможность применения измерительно-вычислительного комплекса Токамака-10 на других экспериментальных установках. Вопросы Атомной Науки и Техники, серия Термоядерный Синтез, No 4 (2003) с. 73-78.
14. Соколов М.М. Организация удаленного доступа к вычислительным ресурсам и экспериментальным данным установок и стендов ИЯС РНЦ КИ. Тезисы докладов 31-й Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, Звенигород, 2004. М.26. <http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XXXI/>
15. Вознесенский В.А., Семенов И.Б., Соколов М.М., Субботин М.Л. Предложения по формированию модели информационного пространства ИТЭР (К вопросу создания системы коллективного пользования ITER-GRID). Тезисы докладов 31-й Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, Звенигород, 2004. М.41. <http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XXXI/>

Подписано в печать 07.07.04. Формат 60х90/16

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,5

Тираж 60. Заказ 42.

Отпечатано в РНЦ "Курчатовский институт"

123182, Москва, пл. Академика Курчатова

№ 13161