

УДК 001.89:681.3

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТОКАМАК-10 НА ДРУГИХ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ**

М.М. Соколов

В статье рассматривается разработанный под руководством автора измерительно-вычислительный комплекс как масштабируемое решение для сбора и обработки данных на экспериментальных термоядерных установках, а также возможность его интеграции в информационную сеть Fusion Grid.

THE POSSIBILITY OF TOKAMAK-10 MEASURING AND COMPUTING SYSTEM UTILIZATION IN OTHER EXPERIMENTAL INSTALLATIONS. M.M. SOKOLOV. In the article, the measuring and computing system developed under the direction of the author as a scaled decision for data gathering and processing on experimental thermonuclear installations is considered. The opportunity of its integration into the information network Fusion Grid is described as well.

Для современного эксперимента на установках управляемого термоядерного синтеза (УТС) характерно использование большого числа многоканальных (более 32 каналов) диагностик с высокой частотой дискретизации (1 МГц и выше). Становится актуальным повышение эффективности анализа диагностической информации, в том числе данных, полученных на различных установках (например, в «мультимашинных» экспериментах, когда один и тот же режим воспроизводится сразу на нескольких установках). Для эффективных исследований в области УТС необходима общая информационная среда, обеспечивающая комплексное исследование данных с различных установок и доступ к ней заинтересованных исследователей через Интернет.

Создание такой среды требует интеграции на основе общих стандартов информационных систем, использующихся в УТС. Примером решения подобной задачи является информационная сеть US Fusion Grid [1], использующая в качестве стандарта для внешнего представления и обмена данными систему MDSPlus [2].

Исходя из этих предпосылок, в 2000—2002 гг. в Институте ядерного синтеза (ИЯС) был создан Измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) для действующих и перспективных экспериментальных установок [3]. Используемая ранее в ИЯС система сбора и обработки данных (ССОД) представляла собой распределенную вычислительную систему на основе компьютерной сети с файловым сервером Novell Netware, проблемно-ориентированной базы данных (БД) Libra, унифицированных диагностических комплексов Captain (стандарт КАМАК) и рабочих станций для обработки экспериментальных данных в программе XPlus. Комплекс Captain работает в среде MS DOS 6.0 и Windows 3.11/98, состоит из резидентной программы для работы с крейт-контроллером КАМАК и консоли оператора, интегрированной со специализированной БД Libra и графической оболочкой для обработки и визуализации данных XPlus. Комплекс Captain обеспечивает одновременную работу с четырьмя крейтами КАМАК, причем каждый крейт может содержать несколько различных групп АЦП, работающих по различным программам. В библиотеке Captain описаны несколько типов крейт-контроллеров КАМАК и модулей АЦП/ЦАП, описания новых типов модулей легко добавляются в формализованном виде в исходный текст на языке Pascal. Разработанная в 1993 г. ССОД отличалась высокой производительностью, гибкостью и стабильностью работы при

незначительных системных требованиях (IBM AT286), но использованные решения на основе DOS накладывали ограничения на размер данных (65 Кб на канал) и затрудняли дальнейшее развитие и интеграцию с другими системами.

Представляемый в статье ИВК — современное, масштабируемое и комплексное решение задач автоматизации эксперимента на установках УТС (регистрация большого количества параметров и сигналов с высоким временным разрешением, обработка полученных данных за время между импульсами и последующий анализ, доступ к экспериментальным данным и управлению сбором через Интернет). Использование комплекса сразу для нескольких установок (Т-10, плазменный нейтрализатор ПН-3, испытательный гиротронный стенд ИГС) позволило отработать механизмы решения поставленных задач, одновременно решались вопросы снижения затрат и повышения эффективности за счет унификации и многофункциональности программ и оборудования. На установке Т-10 комплекс обеспечивает регистрацию и обработку между импульсами порядка 800 диагностических каналов (до 150 Мб), на его основе реализуются программы по проведению совместных работ по тематике УТС и подготовке специалистов. Использование базы данных ИВК Т-10 с доступом через Интернет в рамках федеральной программы «Интеграция науки и высшего образования России на 2002—2006 гг.» позволило совместно с МГТУ им. Н.Э. Баумана проверить механизмы удаленного доступа к экспериментальным данным и методам их обработки. В состав ИВК входят:

- система сбора и обработки данных (многоканальная регистрация и обработка аналоговой и видеоинформации, анализ параметров плазменного режима в условиях физического эксперимента);

- проблемно-ориентированная база данных экспериментальных установок и набор интерфейсов для удаленного доступа и обмена данными с прикладными программами, математическими пакетами и информационными системами;

- система информационной поддержки и коллективного пользования вычислительными ресурсами (информационный сервер, сервер приложений, SQL, E-mail, FTP).

При разработке ИВК приоритетными считались эффективное соотношение цена/производительность, простота эксплуатации, масштабируемость и гибкость, отвечающая требованиям меняющихся условий физического эксперимента, открытость и возможность развития с использованием открытых алгоритмов, стандартных решений и новых информационных технологий, интеграция с другими системами и тиражируемость. Программное обеспечение разработано для среды MS Windows 98/ME/2000/XP/2003, но используемые инструментальные средства и системные решения позволяют при необходимости осуществить его перевод в среду Linux. В качестве измерительного оборудования в настоящее время используются отечественные серийные многоканальные устройства ввода/вывода аналоговой и цифровой информации, выполненные в стандарте ISA/PCI/USB, производства Центр АЦП (www.RudShel.ru) и LCard (www.LCard.ru), список оборудования расширяется. Серверы ИВК работают под управлением MS Windows 2000 Server и MS SQL Server 2000 на компьютерах с процессорами и чипсетом Intel. Трехлетний опыт эксплуатации ИВК Т-10 показал высокую производительность и надежность выбранной платформы.

Основные компоненты ИВК Т-10 (рис. 1): информационный сервер www.Fusion.ru;

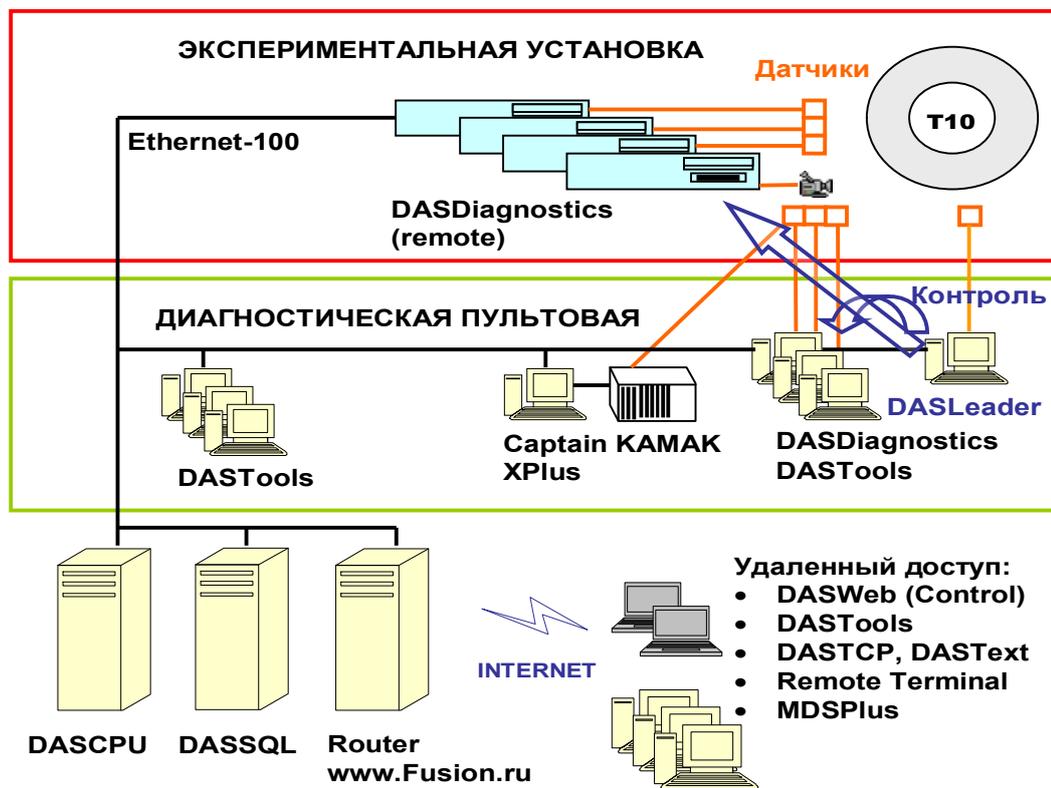


Рис. 1. Основные компоненты ИБК Т-10

сервер приложений DASCPU; центральная БД DASSQL с интерфейсами (DASWEB, DASTCP и др.); графическая оболочка для обработки данных DASTools; мобильные многоканальные диагностические комплексы (МДК) DASDiagnostics с локальным и удаленным управлением; МДК ведущего экспериментатора DASLeader. Все компоненты ИБК работают в сети на основе TCP/IP. На установке Т-10 продолжают работу некоторые диагностики на старом уникальном оборудовании с программным обеспечением Captain/Libra/XPlus. Их работоспособность в составе ИБК обеспечена эмуляцией среды Novell Netware и созданием дополнительных интерфейсов. Это пример интеграции различных систем сбора данных в ИБК Т-10.

Количество диагностик на основе МДК не ограничено. Для управления группами МДК реализован механизм ведущий-ведомый, для управления через Интернет используется стандартный Интернет-браузер или удаленный терминал. Унифицированный программный интерфейс МДК облегчает подключение библиотек с драйверами разнообразных измерительных устройств.

Формат данных ИБК обеспечивает эффективное хранение больших объемов разнообразной диагностической информации и сжатие данных в 3—6 раз. Данные хранятся в проблемно-ориентированной БД DASSQL, а также могут передаваться и использоваться для автономной работы в виде индексируемых транспортных файлов DAST-File. Хранимые данные имеют паспорт переменной длины с дополнительными описательными параметрами (формально максимальный размер элемента данных 2 Гб). БД DASSQL предназначена для создания «Хранилища

данных» по тематике УТС и обеспечивает поиск данных по критериям средствами SQL. Сейчас в БД представлены пять установок и стендов ИЯС — всего около 3 млн записей. Обмен данными с внешними программами и системами обеспечивается интерфейсами (рис. 2):

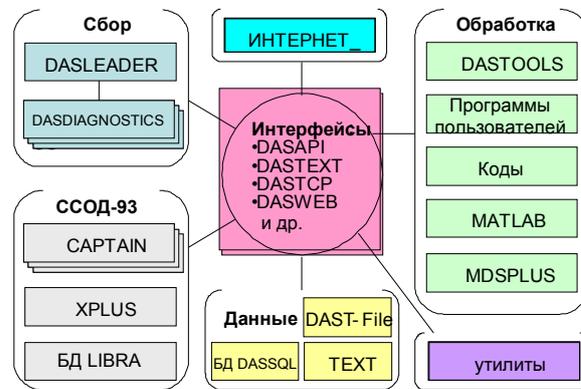


Рис. 2. Обмен данными в ИБК Т-10

- DASAPI — библиотеки для задач ИБК и пользовательских программ;
- DASWEB — доступ через Интернет-браузер;
- DASTCP — для других информационных систем (например, MDSPlus);
- DASText — текстовый интерфейс для математических пакетов (MATLab и др.).

Данные из БД автоматически публикуются в Интернете (www.Fusion.ru). Интерфейс DASWEB обеспечивает формирование запросов к БД через Интернет-браузер одновременно с указанием способа обработки и вывода результатов (визуализация, сохранение в графическом, текстовом или бинарном файле). Эксплуатация ИБК в условиях эксперимента и последующей обработки данных показала, что системные требования к серверу БД незначительны (Dual Pentium III 450 МГц, 512 Мб RAM), а производительность высока: время исполнения запроса 20—100 мс в многопользовательском режиме.

Графическая оболочка для обработки данных DASTools (рис. 3) работает с

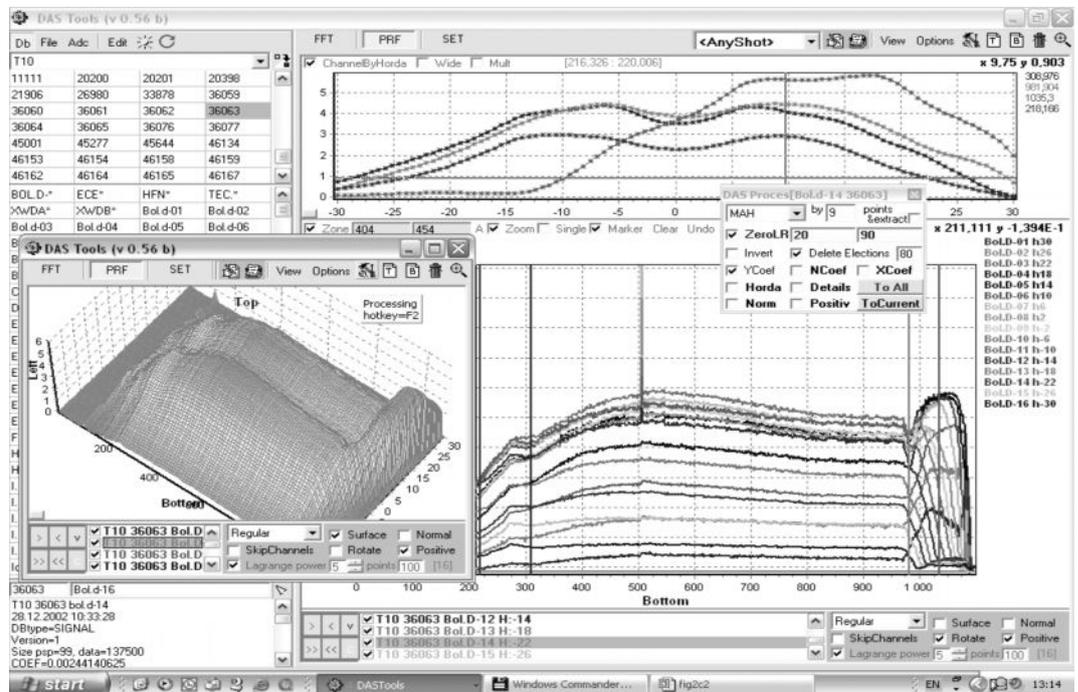


Рис. 3. Графическая оболочка DASTools

несколькими источниками данных: БД (доступ через Интернет и поиск по критериям); локальный архив; МДК в процессе сбора; текстовые и бинарные файлы. Программа обеспечивает эффективную навигацию и работу с наборами данных (создание и дальнейшее обращение по имени к группе каналов с заданием индивидуальных атрибутов обработки и визуализации), а также быструю специализированную обработку (спектральный анализ, построение регулярных и сложных профилей и поверхностей). В DASTools создан механизм для работы с проблемно-ориентированными кодами.

Модульный и комплексный подход в архитектуре ИБК Т-10 обеспечивает его планомерное развитие, но для интеграции с аналогичными российскими и зарубежными системами необходимо наличие и использование общих «корпоративных» стандартов. Распространенность системы MDSPlus на установках УТС, наличие в ней средств описания экспериментального цикла и обмена данными, открытость архитектуры, а также возможность подключения кодов в среде Fusion Grid делают эту систему привлекательной для использования на российских установках УТС. Вместе с тем MDSPlus не решает большую часть задач автоматизации эксперимента: средства управления диагностическим и технологическим оборудованием, сбора данных и анализа не поставляются с MDSPlus и должны разрабатываться с учетом специфики экспериментальной установки и используемого оборудования, малоэффективен собственный механизм хранения данных. По этой причине MDSPlus используется на многих установках не как полномасштабная система управления и сбора данных, а как средство унификации доступа к ресурсам Fusion Grid. В ИБК прозрачный доступ к БД DASSQL из MDSPlus реализован на основе интерфейса DASTCP и механизма динамического создания деревьев разряда [4]. Это создает предпосылки для интеграции ИБК в Fusion Grid. Дополнительно для управления экспериментом на новой установке Т-15М перспективно создание в ИБК механизма программирования сценария разряда средствами MDSPlus.

В настоящее время на российских установках УТС отсутствуют общие стандарты для сбора, хранения и обработки экспериментальных данных. Это препятствует созданию отечественной Fusion Grid. Представляется важным создание унифицированной системы управления и сбора данных для установок УТС на основе кооперации разработчиков действующих систем и профилирующих вузов. При этом ИБК Т-10 можно рассматривать как платформу для создания подобной системы, для этого запланирована полная открытость разработанного программного обеспечения.

Автор выражает благодарность сотрудникам ИЯС: В.В. Бахтурину, Г.Б. Игонькиной и И.Ю. Кучеренко за участие в разработке ИБК Т-10, В.А. Вознесенскому и И.Б. Семенову за информацию по MDSPlus и Fusion Grid.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Интернет:** www.FusionGrid.org.
2. **Интернет:** www.MDSPlus.org.

3. Интернет: www.Fusion.ru (плазменные установки ИЯС; On-line: БД, ИВК Т-10).
4. Вознесенский В.А., Семенов И.Б., Соколов М.М. Организация обмена экспериментальными данными с использованием системы MDSPlus. — В сб.: Тезисы докладов 10-й Всероссийской конференции физики плазмы. Троицк, 2003.

Статья поступила в редакцию 10 ноября 2003 г.
 Вопросы атомной науки и техники.
 Сер. Термоядерный синтез, 2003, вып. 4, с. 73—78.

ТЕРМОЯДЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИАЭ им. И.В. КУРЧАТОВА В 1950—1958 гг.

Обзор*

М.К. Романовский

1958 г. Вторая международная конференция по мирному использованию атомной энергии (Женева)

В докладах советских ученых на Второй конференции в Женеве (1958 г.) в основном подводились итоги проведенных в 1951—1958 гг. теоретических и экспериментальных исследований. Часто авторы ранее опубликованных работ объединялись и представляли доклад, отражающий результаты, полученные в разное время разными, более узкими коллективами, но объединенные одним направлением. Это видно и по числу авторов (например, у работы [1] 11 авторов, у работы [2] 7 авторов), и в основном по сопоставлению содержания докладов и опубликованных работ. Конечно, это не были просто пересказы статей, в каждом докладе было что-то новое, но основу их составили статьи. И в этом нет ничего удивительного: в статьях указывался год выполнения работы, а в доклады включали только наиболее важные, уже апробированные результаты. Поэтому далее в аннотациях докладов будут широко использованы ссылки на ранее аннотированные статьи.

Доклад руководителя делегации Л.А. Арцимовича [3] — это по существу обзор всех отечественных исследований по программе МТР. Во введении автор предлагает классификацию магнитных систем для термоизоляции и нагрева плазмы, исходя из МГД-уравнения:

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{1}{c} \vec{j} \cdot \vec{H} - \text{grad } P. \quad (1)$$

Если на каком-то этапе можно пренебречь градиентом давления, то электродинамические силы ускоряют плазму и приобретенную ею кинетическую энергию можно использовать для нагрева вещества. Ясно, что это первый кратковременный этап, затем происходит нагрев и становится существенным именно $\text{grad } P$, а инер-

* Продолжение. Начало см.: ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, 2002, вып. 1—2, 3—4; 2003, вып. 1, 2, 3.