



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

98-122

Д11-98-122

И.А.Голутвин, В.В.Кореньков, А.А.Лаврентьев,  
Р.Г.Позе, Е.А.Тихоненко

**ПОДДЕРЖКА КОМПЬЮТИНГА CMS В ОИЯИ**

1998

## Введение

Научная программа исследований на создаваемом в ЦЕРН ускорительном комплексе частиц - большом адронном коллайдере (LHC - Large Hadron Collider) выполняется крупнейшими научными коллаборациями. Коллаборация CMS создает одну из двух основных экспериментальных установок на LHC - компактный мюонный соленоид (CMS - Compact Muon Solenoid) для решения фундаментальных проблем физики высоких энергий. В настоящее время в коллаборацию CMS входит более 1600 ученых из 151 научного центра мира, в том числе и большая группа сотрудников ОИЯИ. Для оптимального выполнения принятых обязательств в 1994 году Российские институты и страны-участницы ОИЯИ организационно объединились ( RDMS - Russia-Dubna Member States).

Решение многих задач как на стадии конструирования установки CMS, так и на этапе ее эксплуатации, предполагает активное использование компьютерных средств. Учитывая широкий спектр таких задач и факт удаленности месторасположения научных центров - членов коллаборации друг от друга, в ЦЕРН создан проект по компьютерингу CMS (TPC - Technical Proposal for CMS Computing) [1]. Определение стратегии компьютеринга CMS проводилось в контексте координации работ всех специалистов, работающих в различных научных центрах, и с учетом стремительно меняющейся ситуации в компьютерной сфере.

Правильно выбранная стратегия компьютеринга позволит успешно решать задачи проектирования установки CMS (а в дальнейшем и ее эксплуатации). Развитие высокоскоростных компьютерных сетей связи будет способствовать консолидации усилий всех участников коллаборации: это и возможность проводить телеконференции, и координация разработок программного обеспечения, и организация доступа по сети к экспериментальным данным, документации и физическим результатам.

Разработанные в ЦЕРН предложения по компьютерингу CMS касаются как стадии конструирования установки, так и периода ее эксплуатации. Компьютерные требования на этих двух этапах существенно разнятся. В данном кратком обзоре мы будем касаться в основном ближайших лет, т.е. работ на стадии конструирования установки CMS.

## Поддержка компьютеринга CMS в ОИЯИ

Поскольку поставленные в проекте CMS физические задачи диктуют свои специальные требования к компьютерным системам (компьютерам и математическому обеспечению, системам памяти и организации сетей), то наша стратегическая цель - максимально этим требованиям соответствовать. В этой связи можно считать, что поддержка компьютеринга CMS в ОИЯИ должна обеспечивать возможность выполнения (и продолжения уже начатых в ЦЕРН) работ в ОИЯИ в условиях, максимально приближенных к условиям компьютерной инфраструктуры ЦЕРН.

## Некоторые общие требования к компьютерингу CMS

В проекте ЦЕРН по CMS-компьютерингу можно выделить некоторые основные задачи на этапе конструирования установки CMS:

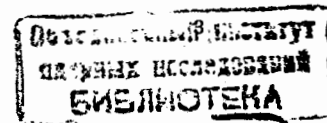
### 1. Моделирование физических процессов и установки:

- генерация событий;
- трекинг частиц;
- моделирование радиационного фона и электронных шумов;
- моделирование триггеров различного уровня;
- реконструкция и анализ событий;
- визуализация событий и процессов.

Перечисленные задачи решены и решаются в общей программе моделирования CMSIM установки CMS. Программу CMSIM предполагается в ближайшее время перевести на объектно-ориентированную платформу. Главное требование коллаборации CMS - наличие во всех научных организациях, участвующих в работах по моделированию, актуальных версий CMSIM, соответствующего программного окружения и использование общепринятых Монте-Карло генераторов физических процессов (пакеты PYTHIA, ISAJET, JETSET, HERWIG и др.).

### 2. Оптимизация установки:

- определение акцептанса детекторов (эффекты пустот, "мертвых" материалов и т.д.);
- оценка разрешения по энергии калориметров и импульсного разрешения мюонных камер и центрального трекера;



- минимизация количества вещества (особенно в трекаре);
- оценка загрузочной способности детекторов.

### 3. Проведение beam-тестов и обработка данных с beam-тестов.

### 4. Конструкторские разработки:

- механические и конструкционные разработки;
- разработка электроники;
- контроль за качеством готовых частей прототипов и установки.

### 5. Распространение информации и сообщение по сети:

- доступ к информации через WWW-серверы;
- наличие на WWW-серверах коллаборации гибкой и мощной системы поиска информации;
- быстрые каналы сетевой связи с ЦЕРН и между организациями, членами CMS;
- проведение телеконференций.

Предполагается наличие WWW-серверов в основных региональных компьютерных центрах коллаборации (с рекомендацией ЦЕРН-проекта использовать возможности языка JAVA). Большое внимание будет уделяться развитию и совершенствованию сетей связи.

### 6. Унификация компьютерной инфраструктуры:

- выбор операционной системы, обеспечивающей:
  - 32- и 64-битную поддержку;
  - оконный пользовательский интерфейс;
  - мультизадачный режим работы;
  - широкий набор языков программирования (C++, C, F90, F77);
  - возможность служить задачам инженерных разработок;
- выбор языка программирования, который должен:
  - быть объектно-ориентированным;
  - обеспечивать высокий уровень абстракции;
  - быть конкурентоспособным по отношению к основному на данный момент в физике высоких энергий языку программирования FORTRAN;

- быть стандартным языком с точки зрения широкого распространения его на рынке;
- поддерживать ANSI-стандарт;
- поддерживать необходимые прикладные библиотеки (GEANT4, NAG++, LAPACK++ и др.);
- иметь препроцессорные возможности для избирательного компилирования;
- выбор системы обработки текстов с точки зрения создания документов коллаборации (публикаций, технических предложений и т.п.);
- выбор script- языка, который должен:
  - давать пользователю не только возможность определять набор операций, которые следует выполнить, но и предоставлять возможность вызова script-файла с параметрами, иметь интерфейс с операционной системой и широкий набор алгебраических функций, допускать возможность не только интерпретирования, но и компилирования.

На данный момент выбор остановлен на операционной системе UNIX с непременным условием наличия программного окружения типа PERIX во всех региональных центрах. (В более узком смысле есть требование перехода от операционной системы SunOS к операционной системе Solaris, поскольку с 1996 года CERNLIB в среде SunOS не поддерживается).

В качестве языка программирования предпочтение отдано языку C++ в связи с полным переходом на объектно-ориентированную платформу. При этом следует отметить, что к 1998 году предполагается полный отказ от использования языка FORTRAN. Происходит переход от CMZ-технологии сборки библиотек к технологии CVS.

Текстовый процессор LaTeX пока предлагается как основной инструмент для создания документов (с возможностью извлечения графики из статей в eps-формате). Отдельные иллюстрации должны представляться на WWW-серверах в gif- и jpeg-форматах. Perl выбран в качестве языка для написания script-файлов.

### 7. Организация региональных компьютерных центров.

Организации региональных вычислительных центров придается крайне важное значение прежде всего потому, что только половину требуемых ресурсов (CPU и дисковой памяти) для работ по Монте-Карло моделированию планируется иметь непосредственно в ЦЕРН, т.е. 50% работ по моделированию будет производиться в региональных центрах. Это потребует не только наличия соответствующих вычислительных мощностей в региональных центрах, но и надежных и быстрых сетевых коммуникаций для возможности работы на компьютерах региональных центров по сети.

### **Исследования и разработки, ведущиеся в ОИЯИ по тематике CMS с привлечением компьютерных средств**

Коллаборация RDMS, в составе которой работают сотрудники ОИЯИ, полностью отвечает за проектирование, изготовление и ввод в эксплуатацию торцевых адронных калориметров (Endcap HCAL) и передней мюонной станции ME1/1.

ОИЯИ также принимает участие в работах по созданию предливневого детектора (Endcap Preshower) и по разработке мюонного триггера и программ физического анализа экспериментальных данных.

Если иметь в виду использование компьютерных средств, то ведутся работы по механическому проектированию, разработке электроники для указанных детекторов, их моделированию, изучению физических процессов и обработке данных beam-тестов на прототипах этих детекторов.

Эффективность проведения работ обусловлена тем, что они выполняются как на основе моделирования, так и с привлечением информации, полученной на beam-тестах.

Для проведения этих работ в ОИЯИ должен быть обеспечен доступ к экспериментальной информации, записанной на beam-тестах.

### **Создание Sun-CMS-кластера в ОИЯИ**

В 1997 году для проведения перечисленных работ по тематике CMS был создан кластер из трех SunSparc-станций с общим дисковым пространством 24 Gb, работающий под управлением операционной системы Solaris 2.5.1. Приобретение ОИЯИ site-лицензий на трансляторы языков C++ и Fortran77 дает возможность полноценной работы со всеми программными продуктами, поддерживаемыми в ЦЕРН. На кластере также инсталлировано большинство из широко используемых програм-

мных продуктов GNU/FSF. Программное окружение на Sun-CMS-кластере в ОИЯИ максимально приближено к программному окружению на ЦЕРН-кластере cms.cern.ch.

На Sun-CMS-кластере ОИЯИ сотрудниками ЛВТА и ЛСВЭ проводится обработка данных с прототипов детекторов CMS, осуществляется постановка актуальных версий CMSIM и проводятся работы по моделированию физических процессов и установки. Кластер также используется как архивный сервер для электронных и механических разработок. Пользователями кластера являются около 40 сотрудников ОИЯИ, участвующих в проекте CMS.

### **Информационная поддержка участия коллаборации RDMS в эксперименте CMS**

В 1996 году был создан информационный WWW-сервер (<http://sunct2.jinr.dubna.su>), который летом 1997 года был принят как официальный Web-сервер коллаборации RDMS. Структура сервера и качество представления информации получили высокую оценку экспертов ЦЕРН. На RDMS CMS WWW-сервер в настоящее время имеются ссылки с ЦЕРН web-серверов CMSDOC и CMSINFO.

На сервере содержится информация об основных направлениях деятельности RDMS, в том числе "RDMS CMS Project", "RDMS 1996 Annual Report", списки участников коллаборации RDMS, основные публикации, данные об институтах-участниках RDMS, а также различные рабочие материалы и сведения о семинарах, совещаниях и конференциях RDMS. На рисунке представлена главная страница (Welcome-page) RDMS CMS WWW-сервера.

ОИЯИ является головной организацией проекта БАФИЗ ("Создание распределенной сети баз знаний в области фундаментальных свойств материи и прикладной ядерной физики"), финансируемым РФФИ. Соисполнителями проекта являются несколько ядерно-физических центров России, в число которых входят такие участники коллаборации RDMS, как Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ (НИИЯФ МГУ), Институт физики высоких энергий (ИФВЭ, Протвино), Институт теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ, Москва), Петербургский институт ядерной физики (ПИЯФ, Санкт-Петербург), Институт ядерной физики Сибирского отделения РАН (ИЯФ, Новосибирск). В рамках проекта БАФИЗ также осуществляется информационная поддержка

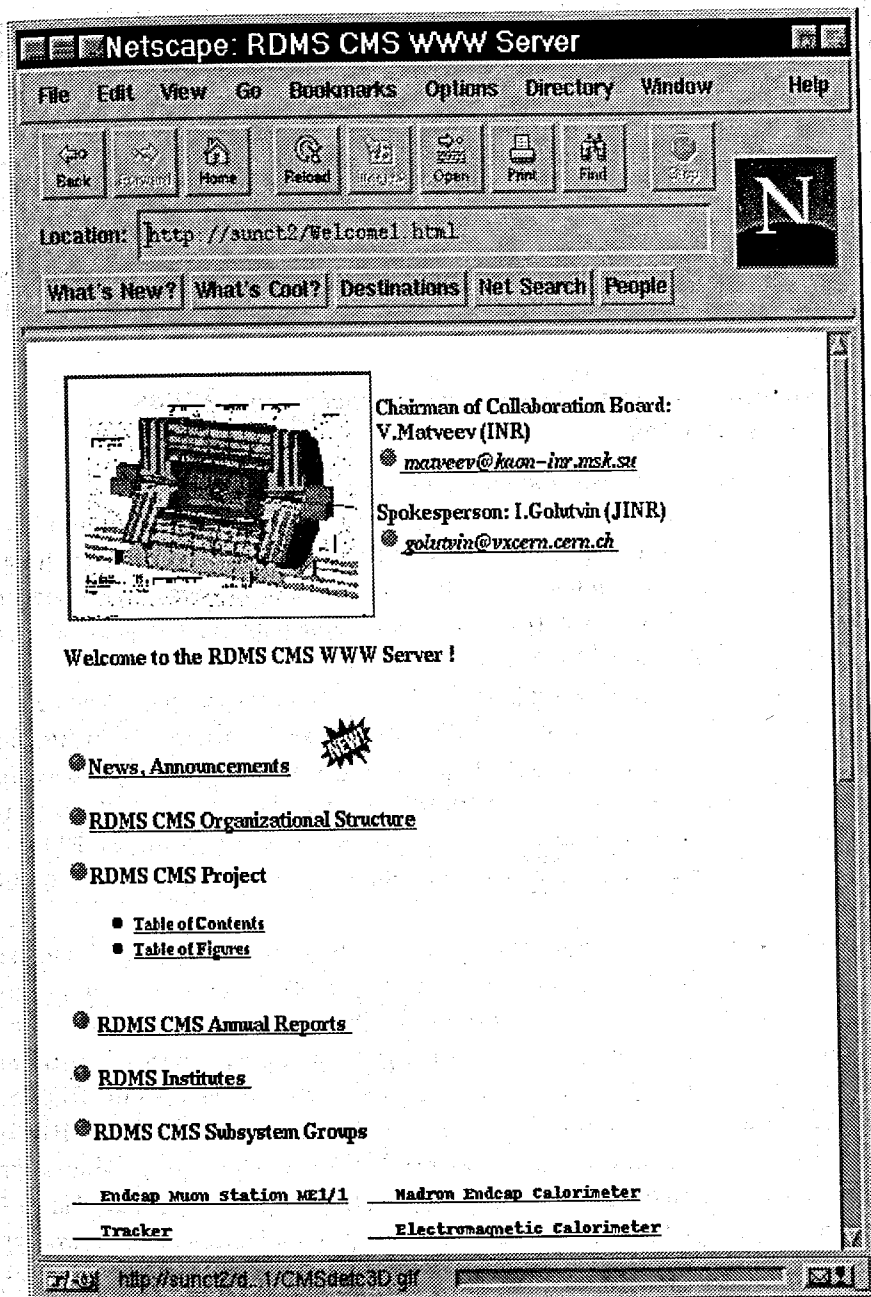


Рис. Главная страница RDMS CMS WWW-сервера

участия этих физических центров в коллаборации CMS.

### Дальнейшая поддержка компьютеринга CMS в ОИЯИ

Дальнейшую поддержку компьютеринга CMS в ОИЯИ можно рассматривать, с одной стороны, как расширение существующих вычислительных мощностей и создание инфраструктуры, соответствующей единым требованиям к компьютерингу CMS:

- развитие внешних сетевых коммуникаций;
- модернизация локальной сети ОИЯИ (переход к технологии ATM);
- поддержка и расширение Sun-CMS-кластера;
- дальнейшее развитие информационного WWW-сервера RDMS (<http://sunct2.jinr.dubna.su>);
- централизованное обеспечение в ОИЯИ CAD/CAM программным обеспечением;
- наличие адекватного ЦЕРН-оборудования и математического обеспечения для проведения телеконференций.

Однако стратегически важным является освоение новых программных технологий, с том числе переход к объектно-ориентированному программированию, работа с объектно-ориентированными базами данных и современными средствами визуализации, что потребует от ОИЯИ приобретения соответствующих программных продуктов, переориентации специалистов, многие годы использовавших язык Fortran, к программированию на C++, а также привлечения молодых специалистов, владеющих объектно-ориентированным подходом.

Планы по компьютерингу CMS в ОИЯИ и текущее состояние реализации этих планов докладывались на ежегодных совещаниях коллаборации RDMS в ЦЕРН в 1996 и 1997 гг. [2-5].

### Литература

1. "CMS Computing Technical Proposal", CERN/LHCC 96-45.
2. R.Pose, E.Tikhonenko "CMS Computing at JINR", in Proc. of Second Annual RDMS CMS Collaboration Meeting, CMS Document, 1996-213, Meeting General, p. 118-120.

3. E.Tikhonenko "Proposal for RDMS CMS WWW-Server", *ibid.*, p. 121-126.
4. V.Kadykov, V.Korenkov, A.Lavrent'ev, V.Mitcin, R.Pose, E.Tikhonenko "Sun-CMS Cluster at JINR", in Proc. of Third Annual RDMS CMS Collaboration Meeting, December, 1997 (to be published).
5. V.Korenkov, V.Razuvakina, E.Tikhonenko "Technical Support of RDMS CMS WWW-Server", *ibid.*

Рукопись поступила в издательский отдел  
12 мая 1998 года.