

ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лаборатория информационных технологий создана в 2000 г. в рамках реорганизации Лаборатории вычислительной техники и автоматизации. Главные задачи лаборатории были сформулированы на 88-й сессии Ученого совета ОИЯИ и заключаются в обеспечении функционирования и развития компьютерно-сетевой инфраструктуры.

Компьютерно-сетевая инфраструктура ОИЯИ (JINR CoNet) как базовая установка включает:

- телекоммуникационный сервис и каналы связи;
- локальную компьютерную сеть ОИЯИ и суперкомпьютерный центр (СКЦ);
- поддержку и развитие стандартного программного обеспечения и современных средств вычислительной физики для пользователей.

Для осуществления работ по данным направлениям разработана новая структура лаборатории. Основная часть задач по техническому сопровождению локальной сети ОИЯИ передана в службу главного инженера лаборатории.

В 2000 г. научная программа ЛИТ определялась тремя темами первого приоритета Проблемно-тематического плана научных исследований и международного сотрудничества ОИЯИ. Сотрудники лаборатории участвовали также в исследованиях по девяти темам других лабораторий Института на уровне реа-

лизации проектов и еще в 16 проектах по линии сотрудничества. Основные результаты проводимых в 2000 г. исследований опубликованы более чем в 100 статьях в научных журналах, в докладах на конференциях, препринтах и сообщениях ОИЯИ.

Свидетельством высокого уровня исследований, проводимых в лаборатории по компьютерной физике, явилось успешное проведение в 2000 г. Второй международной конференции «Актуальные проблемы вычислительной физики». В научную программу конференции были включены доклады по различным направлениям исследований, выполненным в ЛИТ, в области математического моделирования и вычислительных методов для изучения сложных физических процессов, по использованию современных вычислительных систем векторно-параллельной структуры, компьютерных коммуникаций и распределенных вычислений для обработки информации больших объемов, по численным методам и алгоритмам компьютерной алгебры, вычислительным средствам для моделирования и анализа экспериментальных данных, моделированию многофакторных процессов в веществе. Впервые в практике проведения конференций в ОИЯИ пленарные заседания транслировались в Интернете.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

В 2000 г. емкость и пропускная способность телекоммуникационных каналов ОИЯИ осталась на уровне 1999 г. и составила 2 Мбит/с. Основным Интернет-провайдером для ОИЯИ являлся Российский научно-исследовательский институт развития обществен-

ных сетей (РосНИИРОС), который к концу 2000 г. обеспечивал для ОИЯИ платный доступ в международные сети на уровне 1 Мбит/с в общем потоке как пользователя сети RBNet и доступ к российским сетям в рамках межведомственной программы развития

Таблица 1. Распределение входного трафика в гигабайтах по подразделениям и лабораториям ОИЯИ (> 4 Гбайт)

ЛИТ + прокси + серверы	ЛВЭ	Унив. «Дубна»	ЛЯР	ЛЯП	ЛТФ	Мод. пул	ЛФЧ	ЛНФ	УНЦ	Управление	Прочие
695,2	235,6	177,8	199,3	160,2	123,09	112,8	106,6	84,7	49,92	47,57	16,1

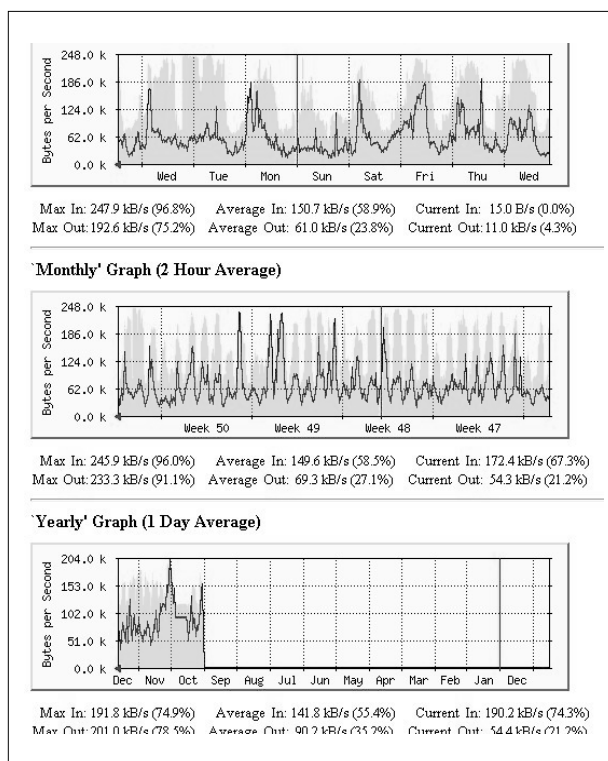


Рис. 1. Статистика работы внешнего канала ОИЯИ

сетей и телекоммуникаций для науки и высшей школы. Канал компании «Контакт–Демос» с пропускной

ЛОКАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СЕТЬ ОИЯИ

Ресурсы локальной сети ОИЯИ в 2000 г. использовались на пределе. Увеличение загрузки сети вследствие постоянно растущего числа элементов сети (в настоящее время в базе данных IP-адресов зарегистрировано 3188 элементов) и выход из строя части оборудования АТМ-опорной сети наметили задачи реорганизации локальной сети и перевода ее на современные сетевые технологии. В конце 2000 г. в ЛИТ совместно с лабораториями ОИЯИ начата разработка проекта модернизации топологии локальной сети и выбор адекватной технологии для ее реализа-

способностью 256 кбит/с с 5 %-й загрузкой использовался для организации резервной связи.

Однако такая пропускная способность не соответствует потребностям ОИЯИ. На рис. 1 приведена информация по загрузке сети, демонстрирующая регулярную максимальную пиковую нагрузку канала в рабочее время при средней еженедельной загрузке 65,4 % (<http://noc.jinr.ru/stats/>) за период с октября по декабрь 2000 г. В табл. 1 приведено распределение входного трафика (общий объем информации составляет два терабайта) по подразделениям и лабораториям, подключенным к локальной сети ОИЯИ за период с мая по декабрь 2000 г.

Следует отметить, что университет «Дубна» и модемный пул ОИЯИ вносят заметный вклад в общий трафик. В ЛИТ ОИЯИ разработано программное обеспечение, позволяющее оперативно получать информацию о наиболее активных пользователях внешних каналов ОИЯИ, что даст возможность контролировать правильность использования телекоммуникационных ресурсов.

Перспективы развития внешних телекоммуникаций ОИЯИ обсуждались в июне 2000 г. на рабочем совещании «Стратегия развития внешних каналов ОИЯИ». Материалы совещания и предложенные на нем проекты представлены в электронном виде на WWW-сервере ЛИТ (http://noc.jinr.ru/LCTA/E_Publications/Workshop/).

На рис. 2 приведена современная топология локальной сети ОИЯИ. Как временное решение предложена замена выходящих из строя АТМ-коммутаторов на коммутаторы Catalyst фирмы «CISCO».

Систематическая работа по управлению сетью проводилась центром управления сетью (ЦУС) (<http://noc.jinr.ru/>). Правила работы в сети выработаны и утверждены дирекцией ОИЯИ. Разработана новая информационная страница ЦУС ОИЯИ с использованием современных Интернет-технологий.

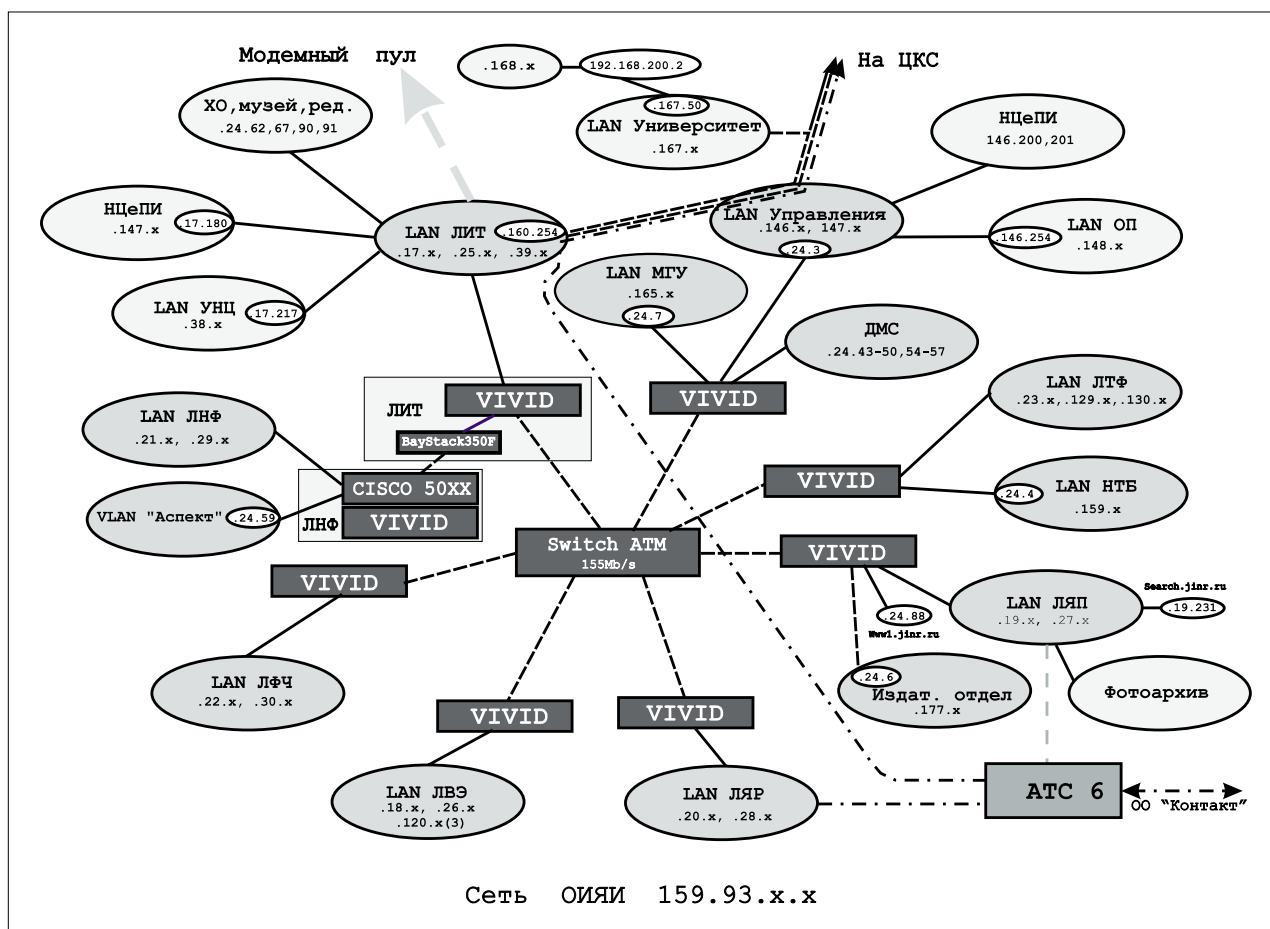


Рис. 2. Современная топология локальной сети ОИЯИ. Сплошная линия — УТР; штриховая линия — ВОЛС; штрихпунктирная линия — ОО «Контакт»

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ СЕРВИС

Суперкомпьютерный центр ОИЯИ представлен высокопроизводительными вычислительными системами различной архитектуры (векторно-скалярные, многопроцессорные, фермы, кластеры с системами массовой памяти). Услугами центра пользуются более тысячи сотрудников ОИЯИ и других научных центров. СКЦ входит в пятерку крупнейших центров России и активно сотрудничает с ведущими центрами: Межведомственным суперкомпьютерным центром, Институтом высокопроизводительных вычислений и баз данных (Санкт-Петербург). Совместно с ведущими ядерно-физическими центрами России ОИЯИ участвует в создании Российского информационно-вычислительного комплекса для обработки и анализа данных экспериментов на большом адронном коллайдере (РИВК–БАК), используя ресурсы СКЦ (см. табл. 2).

Основные характеристики СКЦ ОИЯИ:

- суммарная дисковая память на серверах СКЦ — 0,5 Тбайт,
- система хранения данных на базе автоматизированной ленточной библиотеки АТЛ 2640, общая емкость — 10,56 Тбайт,
- производительность — 16,2 Гбайт/ч,
- скорость обмена данными — 1,5 Мбайт/с.

Таблица 2

Основные компоненты СКЦ ОИЯИ	Пиковая производительность, Мflops
HP Exemplar S-Class (SPP -2000)	5760
Convex C-3840	960
АРЕ-100	1600
РС-ферма	9200
Итого:	17520

Центральный вычислитель СКЦ ОИЯИ SPP-2000 в 2000 г. использовался 161 пользователем и был загружен на 97 % при полезном времени центрального процессора 58000 часов. ЭВМ CONVEX-220 использовалась 1140 пользователями в

качестве вычислителя, почтового и http-серверов. В табл. 3 приведено относительное использование основных вычислительных мощностей и модемного пула лабораториями Института.

Таблица 3

	ЛИТ, %	ЛТФ, %	ЛЯП, %	ЛЯР, %	ЛНФ, %	ЛФЧ, %	ЛВЭ, %	Упр., %
SPP-2000	5	18	17	8	17	23	12	—
CONVEX-220	26	9	13	15	5	—	15	7
Модемный пул	16,1	0,1	19,3	12,4	16,4	4,6	13,5	17,6

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В 2000 г. продолжена информационная и компьютерная поддержка участия ОИЯИ в экспериментах на установках ЦЕРН, DESY, BNL. Проводилось освоение технологии создания объектно-ориентированных приложений и баз данных (GEANT4, Objectivity/DB, ROOT). Установлена новая версия библиотеки LHC++ на вычислительной ферме ЛИТ ОИЯИ.

Компьютинг для ЛНС

ОИЯИ на протяжении уже нескольких лет является активным участником трех проектов на ЛНС: ALICE, ATLAS и CMS. Продолжение сотрудничества российских институтов в проектах на ЛНС после запуска ускорителя (2005 г.) и экспериментальных установок напрямую связано с необходимостью создания условий для обработки и анализа экспериментальной информации непосредственно в России. Для этих целей в конце 1999 г. был сформирован совместный проект «Российский информационно-вычислительный комплекс для обработки и анализа данных экспериментов на большом адронном коллайдере (РИВК–БАК)». В проекте участвуют девять ведущих российских физических институтов-участников ЛНС и ОИЯИ. Целью проекта является создание в России регионального комплекса для обработки данных экспериментов на ЛНС. Менее чем за год в ИТЭФ, ИФВЭ, НИИЯФ МГУ и ОИЯИ были созданы фермы персональных компьютеров, ориентированные на ЛНС. Программное окружение этих ферм полностью унифицировано и соответствует текущему состоянию специализированного программного обеспече-

ния, используемого в ЦЕРН. Таким образом, положено начало для отработки прототипа российского регионального центра.

В сентябре–октябре сотрудники ЛИТ ОИЯИ на PC-ферме (16 процессорных единиц по 500 МГц) участвовали в сеансе массовой генерации событий для триггера высокого уровня CMS. В течение суток на ферме ЛИТ формировались массивы модельных данных до 20 Гбайт. Генерация данных осуществлялась по программе *ruthia* (v.6136) и по программе моделирования и реконструкции событий для эксперимента CMS *CMSIM* (v.120); данные записывались в *zebra*-формате (*fz*) блоками порядка 1 Гбайт — примерно по 500 событий в одном сформированном файле. Полученные данные переданы в ЦЕРН для включения в объектно-ориентированную базу данных (Objectivity/DB), которая используется для выбора базовых единиц информации, оптимизации алгоритмов триггера и реконструкции событий. Возможности системы массовой памяти СКЦ ОИЯИ позволяют проводить как тестирование различных моделей работы с большими объемами данных, так и вести работы по совершенствованию технологий совместного использования системы массовой памяти с институтами Москвы.

Исследования в области параллельных вычислений

В 2000 г. в СКЦ ОИЯИ была установлена и введена в строй 32-процессорная система APE-100 в конфигурации 2×2×8. Проект APE был разработан и ре-

ализован группой итальянских физиков-теоретиков, специализирующихся в квантовой хромодинамике. Сотрудники ЛИТ внесли определяющий вклад в переработку ядра ТАО-компилятора, которая позволит улучшить производительность создаваемой системы AREMille. Данное усовершенствование также учитывает специфические архитектурные изменения, необходимые для портирования компилятора на систему areNEXT. Эти разработки позволят получить надежный прототип самостоятельного ТАО-компилятора для системы areNEXT и осуществить совместное использование ТАО-компилятора с Си-компилятором.

БАЗЫ ДАННЫХ И WWW-СЕРВИС

Продолжалось систематическое пополнение и сопровождение разработанных ранее баз данных и информационных систем (ИС) с учетом запросов пользователей. К ним относятся:

- ИС «Проблемно-тематический план ОИЯИ» (<http://dbserv.jinr.ru/~deadhead/tp/>);
- ИС «Сводные финансовые ведомости по подразделениям ОИЯИ» для бухгалтерии;
- система учета и статистики работы базовых установок ОИЯИ (<http://wnct132.jinr.ru/basic-fac/>);
- ИС для интерактивного управления работой установки и съема данных для эксперимента КОМБАС (http://noc.jinr.ru/LCTA/E_Publications/A-D_Presentation_files/frame.htm) [1];
- сервер регистрации публикаций (<http://wnct132.jinr.ru/student/marina/>) — клиент-серверная система с интерфейсом в среде Интернет/Инtranет, позволяющая пользователям регистрировать данные о своих публикациях;
- оцифровка графиков по заявкам пользователей (<http://www.jinr.dubna.su/~diginfo/>), подготовка библиографических данных по физике высоких энергий для базы данных PPDS.

Обширный круг задач решался в области информационного обеспечения. Среди них:

- доступ к специализированным международным базам данных и информационным системам через Интернет (INIS, PPDS и т.п.);
- развитие и сопровождение созданного в ОИЯИ базового информационного центра для организаций, работающих в области прикладной ядерной физики и изучения фундаментальных свойств материи (проект БАФИЗ). Запущена программа Htdig, которая позволяет осуществить быстрый поиск документов по ключевым словам на серверах пространства БАФИЗ. В настоящее время этот сервис (<http://dbserv.jinr.ru:8008/htdig/baphys.html>) осуществляет поиск по 14 серверам;

Сопровождение библиотеки программ ОИЯИ

В 2000 г. подготовлены и представлены на WWW-сервере новые документы по библиотекам программ. Реализован электронный доступ к текстам программ библиотеки CPCLIB (Belfast, Northern Ireland) и журнала CPC (Computer Physics Communications); осуществлялось сопровождение библиотеки NAG и CERNLIB на вычислительных платформах ОИЯИ. Продолжалось пополнение библиотеки JNRLIB новыми программами.

— развитие специального программного сервера (Java-станции) для пользователей ОИЯИ, осваивающих методику программирования с применением языка Java, возможностей применения новой XML-технологии, средств организации распределенных вычислений на основе объектно-ориентированного аппарата CORBA, языков C++ , HTML, MathML, VML (<http://dbserv.jinr.ru/js/>).

Для осуществления поддержки и развития специального Web/ftp-сервера FAXE с программными продуктами для пользователей ОИЯИ была проведена модернизация аппаратно-технических и программных средств сервера (<http://faxe.jinr.ru> и <ftp://faxe.jinr.ru>).

Проведены изучение и исследования технологии XML (eXtensible Mark-up Language) — нового промышленного стандарта, определяющего архитектуру программных средств Интернета следующего поколения [2].

Разработана программа-конвертер xcvr на языке Java для обработки XML-документов. Конвертер включает стилевые таблицы для преобразования XML-документов в HTML и LaTeX. Проведены практические исследования Интернет-приложений, разработанных под эгидой W3C-консорциума и применяемых в WWW: Mathematical Mark-up Language, Vector Mark-up Language и XHTML. Эти исследования могут эффективно использоваться для визуализации математических формул при помощи MathML и Аmауа совместно с пакетом аналитических вычислений Mathematica; построения графики (диаграмм) непосредственно в Web-странице при использовании средств VML в стандартном браузере MSIE 5.0.

Разработана программа WDK (Web Development Kit) на языке Java в качестве инструментального пакета для разработчиков Интернет-приложений на языках HTML, JavaScript, Java, XML.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Научная визуализация является эффективным инструментом для изучения и анализа исследуемых объектов или процессов. В ЛИТ используются и поддерживаются некоторые передовые системы визуализации. Двумя наиболее мощными из них, так называемыми модульными системами визуализации, являются CONVEXAVS и Iris Explorer.

В ЛИТ разработаны и специальные программы визуализации. Например, программа PICASSO написана для визуализации и интерактивного анализа результатов программы моделирования GEANT-DIRAC. Она необходима для отладки программ и исследования процессов на установке DIRAC. Другим примером является программа JUNO (рис. 3), при помощи которой обрабатываются, преобразовываются

и статистически анализируются большие массивы экспериментальных данных. Программа обладает уникальными возможностями, которые помогают пользователю, практически незнакомому с программированием, осуществлять сложные манипуляции с данными, производить построение одномерных и двухмерных статистических распределений, выполнять выделение редких событий с помощью наложения условий и дополнительных критериев. Программа не требует никаких дополнительных настроек, написана в среде Visual C++ и работает под управлением операционной системы Windows 9x/NT, применяется для обработки данных, полученных на экспериментальных установках для исследований в области физики тяжелых ионов.

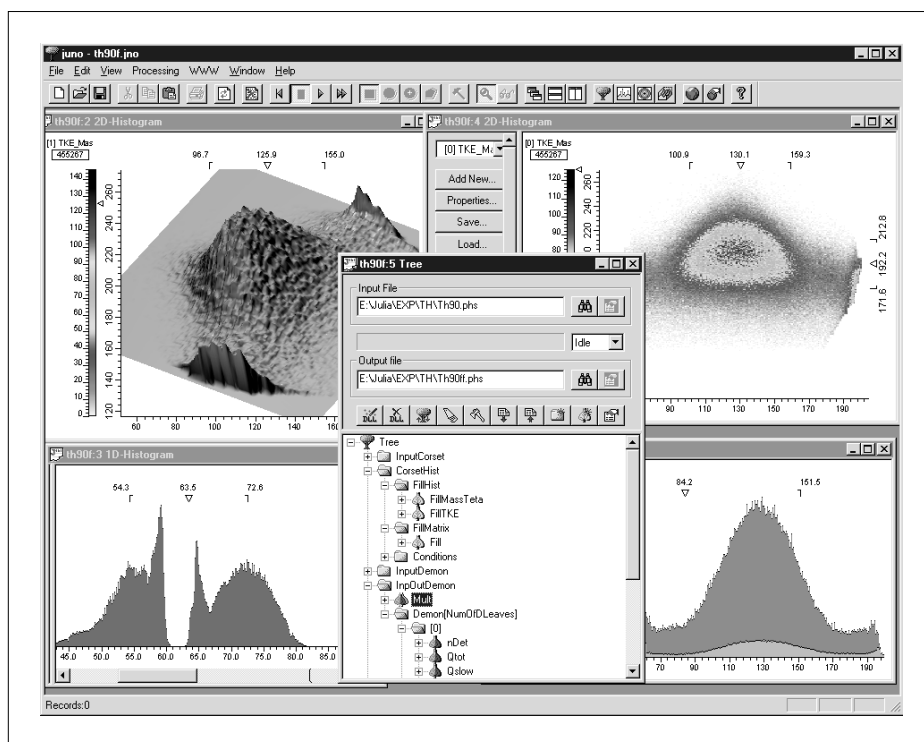


Рис. 3. Рабочая панель программы JUNO

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Основными задачами вычислительной физики в ОИЯИ являются:

- создание и развитие методов математического моделирования физических процессов и анализа данных для теоретических и экспериментальных исследований;

- алгоритмическое и программное обеспечение компьютерного моделирования на основе новых технологий программирования с использованием и оптимизацией вычислительных систем современной архитектуры и высокоскоростных сетей;
- поддержка пользователей для обеспечения эффективного использования СКЦ ОИЯИ.

Математическое моделирование для экспериментальных исследований

С помощью программ транспортировки частиц LCS, MCNP4B/DLC189, CASCADE исследованы свойства проектируемой экспериментальной установки SAD — подкритической системы в Дубне, управляемой протонным пучком действующего в ОИЯИ фазотрона на энергию 660 МэВ [3]. Система состоит из центральной свинцовой мишени в виде цилиндра, окруженной стандартным MOX-топливом ($\text{PuO}_2 + \text{UO}_2$) и свинцовым отражателем (рис. 4). Рассчитаны зависимость энергетического выхода от энергии протонов, коэффициент мультипликации нейтронов и энергетический спектр нейтронов. Путем расчетов показано, что для подкритической сборки на MOX-топливе (29 % $\text{PuO}_2 + 71$ % UO_2), которое обычно используется в реакторах БН-600, коэффициент мультипликации $k_{\text{эф}}$ равен 0,947, энергетическое усиление равно 30 и нейтронный поток — $10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Выполнена математическая обработка экспериментальных данных, полученных в рамках первого эксперимента по проекту SAD. Главной целью эксперимента было изучение дифференциальных характеристик вторичного радиационного поля, возникающего вокруг толстой свинцовой мишени, облученной протонами. Такие экспериментальные данные необходимы для проверки расчетов межъядерного каскада вторичных частиц, произведенных первичными протонами в этой мишени. На рис. 5 приведено сравнение вычисленных и экспериментальных спектров нейтронов для свинцовой мишени под углом 75° [4].

Одной из важных проблем физики частиц является вопрос о существовании аномально узких многокварковых состояний, предсказываемых в ряде теоретических работ. Экспериментальное решение вопроса о существовании экзотических адронов, выяснение их внутренних свойств и характера процес-

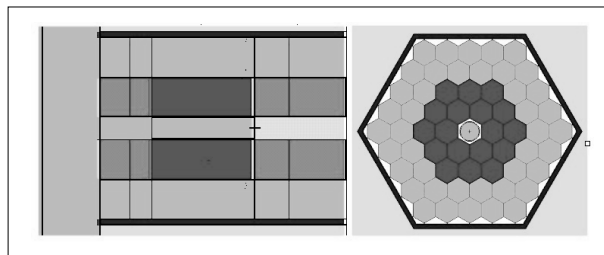


Рис. 4. Схема SAD

сов их образования имеют принципиальное значение для основных представлений о природе адронной материи. По методике, разработанной в ЛИТ, выполнен анализ экспериментальных данных с двухметровой водородной пузырьковой камеры ЦЕРН по $\pi^- p$ -взаимодействию при энергии 16 ГэВ/с. Обнаружена узкая резонансная структура $K(1630)$ в спектре эффективных масс $K_s^0 \pi^+ \pi^-$. Ширина пика сопоставима с экспериментальным разрешением [5]. При дальнейшем исследовании структуры $K(1630) \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-$ были найдены кинематические особенности ее образования и распада, отличающие группу событий из интервала пика от событий из других интервалов спектра масс. Вероятность случайного проявления этих особенностей меньше 10^{-7} . В связи с этим был сделан вывод о наблюдении неизвестного ранее странного мезона $K(1630)$. Результаты опубликованы Particle Data Group [6].

Методы и программное обеспечение для расчетов сложных физических систем

В рамках сотрудничества с вычислительным центром Института физико-химических исследований (RIKEN) выполнен ряд работ в области моделирования молекулярной динамики процессов соударения

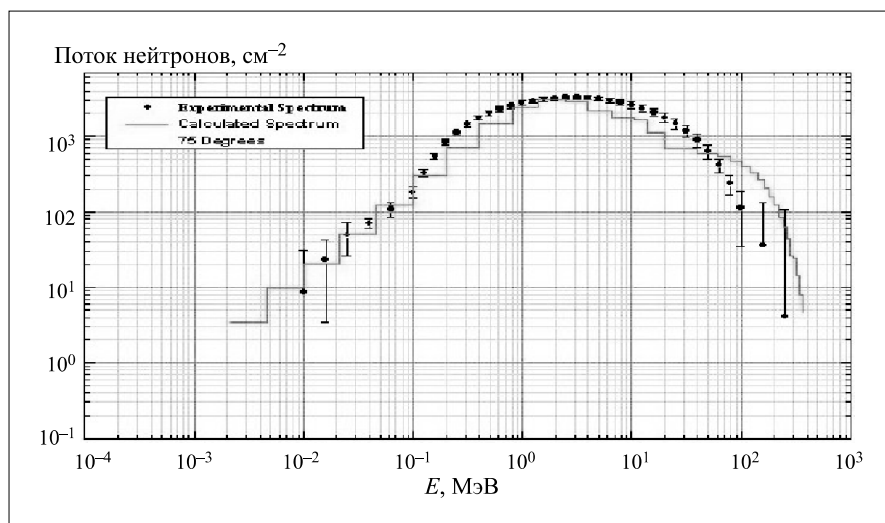


Рис. 5. Сравнение вычисленных и экспериментальных спектров нейтронов для свинцовой мишени под углом 75°

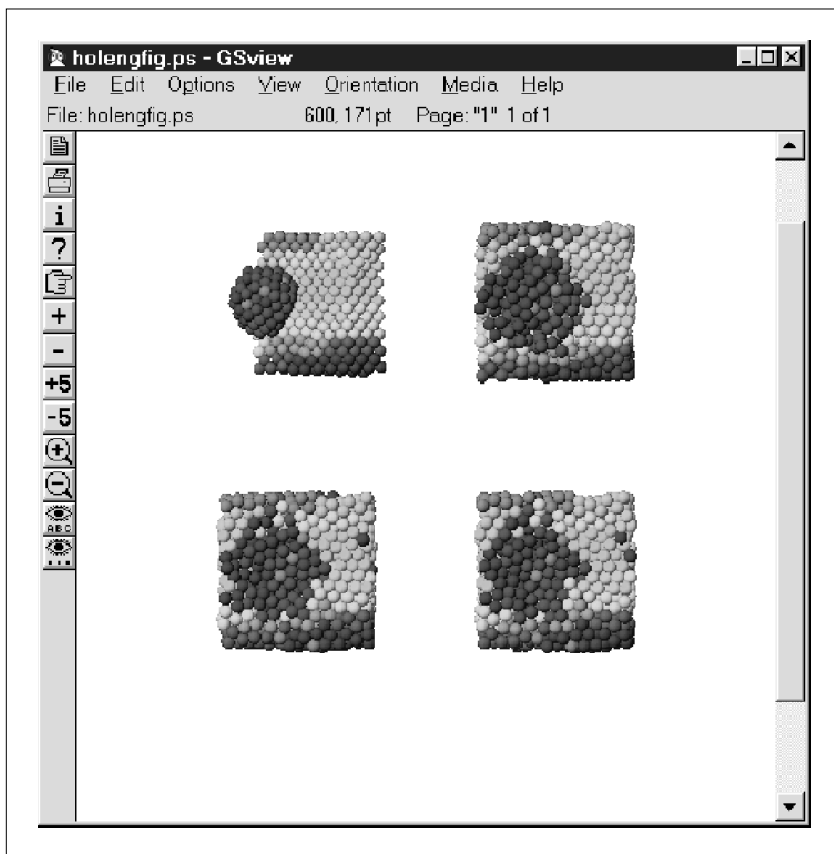


Рис. 6. Четыре последовательных моментальных снимка моделирования процесса молекулярной динамики

кластер–пучок–поверхность для металлических фаз. Для расчетов использовалась оптимизированная версия компьютерной программы моделирования динамики молекул DL_POLY [7]. Взаимодействие энергетических кластеров атомов с твердыми поверхностями изучается с помощью потенциала взаимодействия многих тел Финниса–Синклера. Характеристики этого столкновения варьируются от мягкого оседания (менее 0,1 эВ/атом) до более высоких энергий соударений (менее 1 эВ/атом). Проникновение кластера в твердую подложку приводит к таким динамическим процессам, как пластическая деформация материала и ударная волна. Ударные волны термоупругих эффектов, возникающих в материалах, являются существенными факторами для анализа новых нетривиальных структур на поверхности и могут быть использованы для объяснения структурно-фазовых изменений обрабатываемой поверхности. Изменение поверхности, облучаемой высокоэнергетическими пучками, исследуется посредством мониторинга конфигураций этой системы в режиме реального времени и путем определения критических энергий соударений, необходимых для проведения имплантации (рис. 6) [8].

Исследована математическая модель эволюции термоупругого импульса, возникающего в металле под воздействием источника ионов. На основе численных расчетов изучается связь формы термоупругой волны с формой и местом расположения источни-

ка, режим усиления и погашения термоупругих волн. Установлено влияние температуры на скорость термоупругой волны [9].

Разработан эффективный алгоритм вычисления волновых функций непрерывного спектра задачи двух центров. Для решения использованы конечно-разностная схема 4-го порядка точности и непрерывный аналог метода Ньютона. Вычислены как волновые функции непрерывного спектра задачи двух центров для положительного иона молекулы водорода, так и фазовые сдвиги и матричные элементы между непрерывным и дискретным спектрами. Абсолютная точность вычисленного фазового сдвига составляет $\sim 10^{-6}$ для импульса электрона $k \geq 1$ и $\sim 10^{-4}$ для $k \sim 0,1$ [10].

Разработано математическое обеспечение для компьютерного моделирования столкновения релятивистских тяжелых ионов в рамках гидродинамической модели для различных уравнений состояния. В нем использован метод PIC (Particle-in-Cell) для моделирования движения ядерного вещества, метод Ньютона и другие итерационные методы для решения уравнения состояния и методы численного интегрирования для вычисления наблюдаемых величин. Разработаны программы на языках C++ и Фортран для проведения вычислений. Для визуализации результатов расчетов использовался язык IDL (Interface Definition Language).

Продолжалось развитие эластодинамического метода в теории ядерной материи и применение его к физике ядерного деления. Построенная модель предсказывает двухмодовый характер деления: сферoidalный (S -мода) и торсионный (T -мода). Следует отметить, что барьеры деления ядер для T -моды лежат выше, чем для S -моды. Так как T -мода характеризуется компактной конфигурацией деления, то можно ожидать, что полная кинетическая энергия (ТКЕ) разлетающихся фрагментов будет выше, чем ТКЕ для S -моды. Данные о таком поведении ТКЕ были получены в экспериментах (Обнинск) по делению изотопов урана быстрыми нейтронами с энергией 8–10 МэВ. Сравнение барьеров деления, вычисленных в эластодинамической модели (S - и T -мода), с экспериментальными данными позволяет сделать вывод о том, что крутильный механизм деления хорошо соответствует области деления средних ядер (с массовыми числами $170 < A < 210$) [11].

Завершено доказательство инвариантности относительно замены координат фейнмановского интеграла по путям (амплитуды перехода — в квантовой механике, частичной функции — в статистической механике, производящего функционала — в теории поля) в функциональном подходе (т.е. без использования конечно-кратной аппроксимации) по теории возмущений в двух петлях, начатое в 1999 г. Полностью решены все проблемы, связанные с определением меры интегрирования и с существованием контрчленов, возникающих на квантовом уровне [12]. Главное приложение этих работ состоит в том, что их результат позволяет применять обычный метод теории возмущений для функционального интеграла к задачам с нетривиальными (топологически) граничными условиями.

Современные вычислительные методы для обработки экспериментальных данных

В рамках разработки математического обеспечения для внешнего трекера для эксперимента HERA-B развит новый алгоритм быстрой инициализации программы распознавания треков RANGER на основе метода преобразования Радона–Хафа. Алгоритм реализован в виде программы на языке C++. Разработан и проверен на реальных данных алгоритм очень быстрого робастного фитирования дуг окружностей по данным, учитывающим радиусы дрейфа в XoZ -плоскости камеры магнита.

Выполнен мультифрактальный анализ изображений поверхности тонких ниобиевых пленок, полученных на атомном силовом микроскопе. Проведенный анализ позволяет предложить модель нового механизма подавления параметра порядка на границе сверхпроводник — вакуум [13].

Расчеты физических полей и транспорта частиц

В рамках проектных работ для эксперимента ALICE (ЦЕРН) проводились трехмерные расчеты магнитной системы, состоящей из магнита L3, мюонного фильтра и дипольного магнита (рис. 7).

Выполнены трехмерные расчеты электрического поля установки для эксперимента NA45 (ЦЕРН). Результаты расчетов были доложены на митинге коллаборации NA45 в Дармштадте. Для разрабатываемого в ИТЭФ проекта эксперимента с поляризованной мишенью проведены трехмерные расчеты сил, действующих на обмотку, полюса и поляризующие наконечники магнитной системы [14].

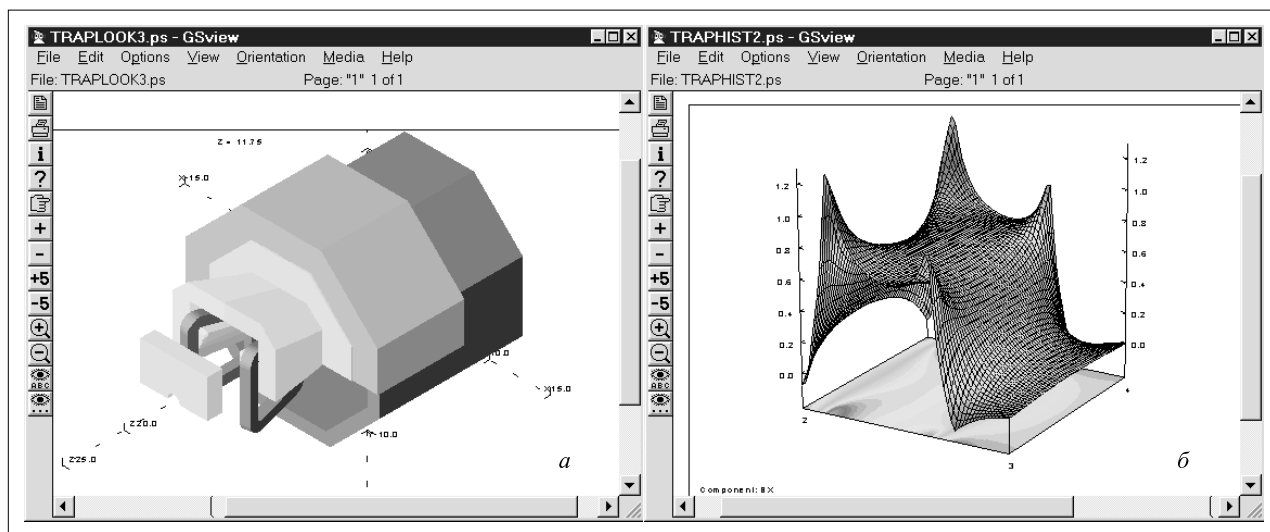


Рис. 7. Компьютерная модель (а) и распределение основной компоненты магнитного поля (б) для одного из вариантов проектируемого дипольного магнита эксперимента ALICE

Математическая обработка экспериментальных данных в физике частиц

Проведены исследования, разработки и интеграция программно-аппаратных платформ для моделирования и обработки ряда экспериментов в физике частиц. Одно из основных свойств созданного локального кластера — его реконфигурируемость и масштабируемость. Локальный кластер РИСК применяется как эффективное средство для решения задач обработки физической информации. Математическая обработка экспериментальных данных, полученных на установке ЭКСЧАРМ, ведется на этом кластере. Сгенерированы и подготовлены для физического анализа банки данных — результаты математической обработки исходной экспериментальной информации (около 200 Гбайт) для эксперимента ЭКСЧАРМ.

Кластер РИСК используется также для моделирования экспериментов по исследованию процессов с очарованными и странными частицами на серпуховском ускорителе У-70. Создана и введена в эксплуатацию новая система обработки, главная особенность которой — интеграция локального Linux-кластера РИСК и средств общеинститутского компьютерного центра. Посредством интеграции локального кластера и роботизированной массовой памяти разработана распределенная программно-аппаратная платформа для обработки экспериментов в физике частиц.

В рамках сопровождения программного обеспечения для коллаборации CMS/LHC проведено тестирование и модернизация программ CMSIM (ftn) и ORCA (C++) для восстановления мюонных треков в торцевой мюонной системе [15].

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В соответствии с соглашением между ОИЯИ и Исследовательским центром г. Россендорфа (Германия) о сотрудничестве в области применения и развития вычислительных систем, в частности для проекта «Zentrale Nutzerdatenbank», ЛИТ участвует в выполнении работ по созданию автоматизированной системы администрирования компьютерного комплекса с применением технологии WWW как средства доступа через Интернет к базе данных Oracle. Сотрудники ЛИТ обеспечивали Java-сервис: разработку программ на языке Java, выполняющихся в операционных системах Microsoft Windows и UNIX (Linux, AIX) под управлением стандартных средств WWW-браузеров Netscape Communicator и Internet Explorer. Эти программы в виде Java-апплетов, обеспечивают в диалоговом режиме графический пользовательский интер-

Компьютерная алгебра

В 2000 г. были проведены следующие исследования:

- Выполнена алгоритмизация метода Дирака для вычисления и разделения связей в динамических системах полиномиального типа, основанная на использовании инволютивных полиномиальных базисов [16].
- Осуществлена эффективная реализация в системе REDUCE, а также на языках Си и Си++ оригинальных алгоритмов приведения систем нелинейных алгебраических уравнений к каноническому базису Жана (являющемуся базисом Гребнера специального вида), удобному для исследования систем и их решения.
- Выполнено вычисление когомологий некоторых супералгебр Ли векторных полей с нечетной скобкой Пуассона (антискобкой) [17].
- Проведено вычисление второго коэффициента в разложении ядра оператора теплопроводности для неминимального дифференциального оператора на искривленном многообразии с кручением [18].
- Получено явное решение рекуррентных соотношений для фейнмановских интегралов, написанных по отношению к размерности пространства-времени [19].
- Установлена тесная связь между базисами Жана и Поммаре [20].

Алгоритм и результаты, приведенные выше, разработаны впервые. Программы на языках Си и Си++ за счет эффективности встроенных в них оригинальных алгоритмов превосходят лучшие зарубежные программы, реализующие классический алгоритм Бухбергера для вычисления базисов Гребнера.

фейс (GUI) для работы с базой данных Oracle. Сетевой доступ к базе данных осуществляется также средствами языка Java-JDBC.

В рамках сотрудничества с ЦЕРН и BNL выполнено следующее:

- В официальную версию пакета ROOT была включена новая подсистема, поддерживающая создание объектно-ориентированных моделей иерархически организованных данных. Подсистема включает ряд классов для создания и навигации таких объектов, представляет дополнительный сервис и обеспечивает эффективный ввод/вывод, интерактивный анализ и графическое двух- и трехмерное представление результатов анализа (<http://root.cern.ch/root/R2000Welcome.html>). В настоящее

- время система позволяет получать объемные стереоизображения, а также имеет дополнительный выход на объектно-ориентированную систему трехмерной графики Open Inventor. Это открывает неограниченные возможности по интеграции указанной системы с пакетом ROOT (<http://conferences.fnal.gov/acat2000/>).
- Завершена разработка рабочей среды для использования объектно-ориентированных технологий для «больших» экспериментов в ядерной физике и физике высоких энергий. Созданная на ее базе «технологическая линия» реконструкции событий с установки STAR была принята в официальную эксплуатацию в Брукхейвене (США). С ее помощью летом 2000 г. в ходе первого физического сеанса на новом ускорителе RHIC было обработано 10 Тбайт экспериментальных данных и получено 3,3 Тбайта DST. Необходимо отметить, что все четыре эксперимента (STAR, PHENIX, BRAMS, PHOBOS) на ускорителе RHIC выбрали пакет ROOT в качестве базового средства для развития своих подсистем анализа и обработки данных.

Совместно с НЦПИ сотрудники ЛИТ участвовали в работах в рамках соглашения ОИЯИ–ЦЕРН.

- Инсталлированы, протестированы и сопровождаются новые версии систем LabVIEW (вер.6i) и BridgeVIEW (v.3.0) для участников экспериментов ATLAS, CMS и других, а также для систем контроля и тестирования LHC.
- Обновлены и протестированы библиотеки системы LabVIEW для новой версии системы для операционных систем Windows-2000 и Linux (Red Hat 6.2).
- Разработана и запущена в эксплуатацию с августа 2000 г. база данных пользователей систем LabVIEW/BridgeVIEW в ЦЕРН с Web-интерфейсом.

- Осуществлялись поддержка и обновление системы NICE по мере поступления новых версий и новых коммерческих продуктов (новая версия Netscape v.4.75 для всех платформ, расширение Web-сервиса и т.д.).

- Начата интеграция операционной системы Windows-2000 в систему NICE в ЦЕРН и в ОИЯИ.

В рамках сотрудничества со Словакией начато качественное и численное исследование класса нелинейных систем дифференциальных уравнений, описывающего в рамках калибровочной модели существование и стабильность дисклинационных вихрей в упругой среде. С помощью системы компьютерной алгебры MAPLE получены асимптотики сингулярных и несингулярных вихрей в нуле. Численно исследовано поведение вихрей при больших r для различных значений параметров задачи и параметров асимптотики.

В рамках сотрудничества с Кейптаунским университетом (ЮАР) в ЛИТ ведутся исследования нелинейного уравнения Шредингера с параметрической накачкой. Показано, что это уравнение имеет широкий класс движущихся солитонных решений, некоторые из которых стабильны. При малой накачке стабильные неподвижные и движущиеся солитоны сосуществуют, в то время как при сильной накачке стабильными являются только солитоны, движущиеся достаточно быстро [21].

Динамично развивалось в 2000 г. сотрудничество с Сольвеевским институтом физики и химии в Брюсселе. Разработано новое интегральное математическое обеспечение для анализа электрокардиограмм [22]. Проводились исследования по анализу результатов оптической когерентной томографии микроструктуры кожи [23]. Изучались вопросы резонансного поведения, корреляции, стабилизации и управления сложными системами [24].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грушецки М., Манафов А.Я., Никонов Э.Г. *Сообщение ОИЯИ P13-2000-173*. Дубна, 2000.
2. Галактионов В.В. *Препринт ОИЯИ P10-2000-44*. Дубна, 2000.
3. Polanski A. // *Acta Phys. Polonica B*. 2000. V. 11. No. 1. P. 95; Barashenkov V.S. et al. *JINR Preprint E2-2000-131*. Dubna, 2000.
4. Bamblevski V.P. et al. (subm. to «Nucl. Instr. and Meth.»).
5. Карнаухов В.М., Кока К., Мороз В.И. // *ЯФ*. 2000. Т. 63. С. 652.
6. *The European Phys. J. C*. 2000. V. 15. No. 1–4. P. 536.
7. Kholmurodov K. et al. // *Comput. Phys. Commun.* 2000. V. 125. P. 167–192.
8. Puzynin I.V. *JINR Preprint E11-2000-228*. Dubna, 2000.
9. Амирханов И.В. и др. *Сообщение ОИЯИ P11-2000-263*. Дубна, 2000.
10. Pavlov D.V. et al. *JINR Preprint E11-2000-185*. Dubna, 2000.
11. Bastrukov S. et al. // *Proc. of the IV Workshop on Nuclear Fission Physics*. Obninsk, 2000. P. 5–12.
12. Kleinert P., Chervyakov A. // *Phys. Lett. B*. 2000. V. 477. P. 373; *Phys. Lett. A*. 2000. V. 269. P. 63; *Phys. Lett. A*. 2000. V. 273. P. 1; *Europhys. Lett.*

- 2000; FU-Berlin Preprint 2000 (quant-ph/0002067).
13. Altaisky M.V. et al. // *Particles and Nuclei, Letters*. 2000. No. 2[99]. P. 14–26.
 14. Ivanov A.I., Yuldashev O.I., Yuldasheva M.B. // *Nucl. Instr. and Meth. A*. 2000. V. 441. No. 1–2. P. 262–266.
 15. Golutvin I. // *CPC*. 2000. V. 126. P. 72–76; *Proc. of CHE-2000. Padova, Italy, 2000*. P. 128–132.
 16. Gerdt V.P. // *Problems of Modern Physics. Dubna, 2000*. P. 164–171.
 17. Korniyak V. // *Intern. J. of Modern Phys. C*. 2000. V. 11. No. 2. P. 397–414.
 18. Korniyak V. // *Computer Algebra in Scientific Computing. Berlin, 2000*. P. 273–284.
 19. Tarasov O.V. // *Nucl. Phys. B (Proc. Supl.)*. 2000. V. 89. P. 112–116.
 20. Gerdt V.P. // *Computer Algebra in Scientific Computing. Berlin, 2000*. P. 115–137.
 21. Barashenkov I.V. et al. *JINR Preprint E17-2000-147. Dubna, 2000 (subm. to «Phys. Rev. E.»)*.
 22. Ivanov V.V., Zrelov P.V. // *New Approach to ECG's Features Recognition Involving Neural Networks (subm. to «Particles and Nuclei, Letters»)*.
 23. Akishin P.G. et al. // *Computer Phys. Commun.* 2000. V. 126. No. 1–2. P. 111–132.
 24. Antoniou I., Akritas P., Ivanov V. // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2000. V. 11. P. 337–344;
 Antoniou I. et al. // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2000. V. 11. P. 223–229;
 Akishin P.G. et al. // *Chaos, Solitons and Fractals*. 2000. V. 11. P. 207–222;
 Antoniou I., Ivanov V.V. // *Computational Methods and Tools for Modeling and Analysis of Complex Processes (subm. to Proc. of «MTCP-2000»)*.