

# ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Основные задачи Лаборатории информационных технологий в 2002 г. были связаны с обеспечением надежной работы и развитием сетевых телекоммуникаций ОИЯИ, а также с программной и компьютерной поддержкой научных исследований института в рамках направления «Сети, компьютеринг, вычислительная физика».

Научная программа ЛИТ в 2002 г. определялась тремя темами первого приоритета Проблемно-тематического плана научных исследований и международного сотрудничества ОИЯИ. Сотрудники лаборатории участвовали также в исследованиях по 12 другим темам на уровне проектов и по 14 темам в рамках сотрудничества.

В 2002 г. ЛИТ выступила организатором 5-го Международного конгресса по математическому моделированию, 4-й Всероссийской конференции по электронным библиотекам (RCDL-2002), международного рабочего совещания «Quantum Physics and Communication», 9-й международной конференции «Математика, компьютер, образование».

В 2002 г. сотрудниками Лаборатории информационных технологий защищены 4 докторские и 3 кандидатские диссертации.

Цикл работ «Статистическая модель информационного трафика» удостоен второй премии в конкурсе научных работ ОИЯИ за 2002 г.

## ВНЕШНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ КАНАЛЫ

В 2002 г. надежно функционировал внешний канал компьютерной связи, обеспечивающий полосу

пропускания 30 Мбит/с в российские сети и гарантированную полосу 10 Мбит/с в международные

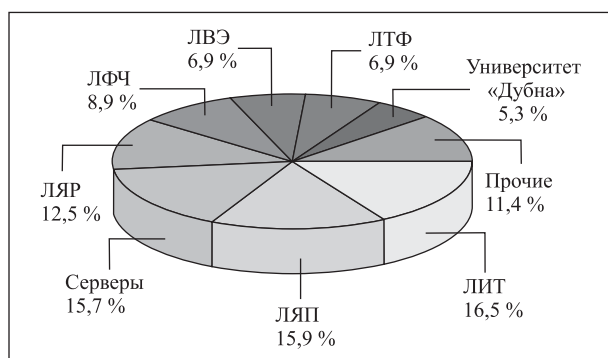


Рис. 1. Распределение входящего трафика по подразделениям ОИЯИ (> 5%)

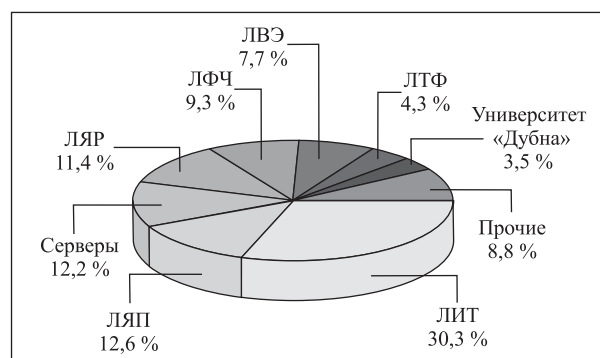


Рис. 2. Распределение исходящего трафика по подразделениям ОИЯИ (> 3%)

компьютерные сети через сеть RВNET по каналам TELIA и STARTAP. За 2002 г. входящий трафик составил 9,72 Тбайт (в 2001 г. — 4,14 Тбайт) (рис. 1), исходящий — 1,9 Тбайт (рис. 2).

Дальнейшее развитие внешних коммуникаций ОИЯИ связано с реализацией межведомственной программы «Создание национальной научной компьютерной сети нового поколения на 2002–2006 гг.»

и российского GRID-сегмента. Реализован первый проект в рамках создания корпоративной компьютерной сети ОИЯИ — совместно с ГПКС «Дубна» проведен монтаж и наладка сети пансионата «Дубна» в г. Алуште. Во время трех международных совещаний была обеспечена компьютерная связь для участников, созданы условия для проведения телеконференций.

## ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ ОИЯИ

В 2002 г. была обеспечена стабильная работа локальной вычислительной сети (ЛВС) ОИЯИ на технологии Fast Ethernet (рис. 3). В настоящее время к ЛВС ОИЯИ подключено 4053 элемента

(в 2001 г. — 3451). Среди них 113 серверов общего и специального назначения. К модемному пулу ОИЯИ подключен 821 домашний компьютер.

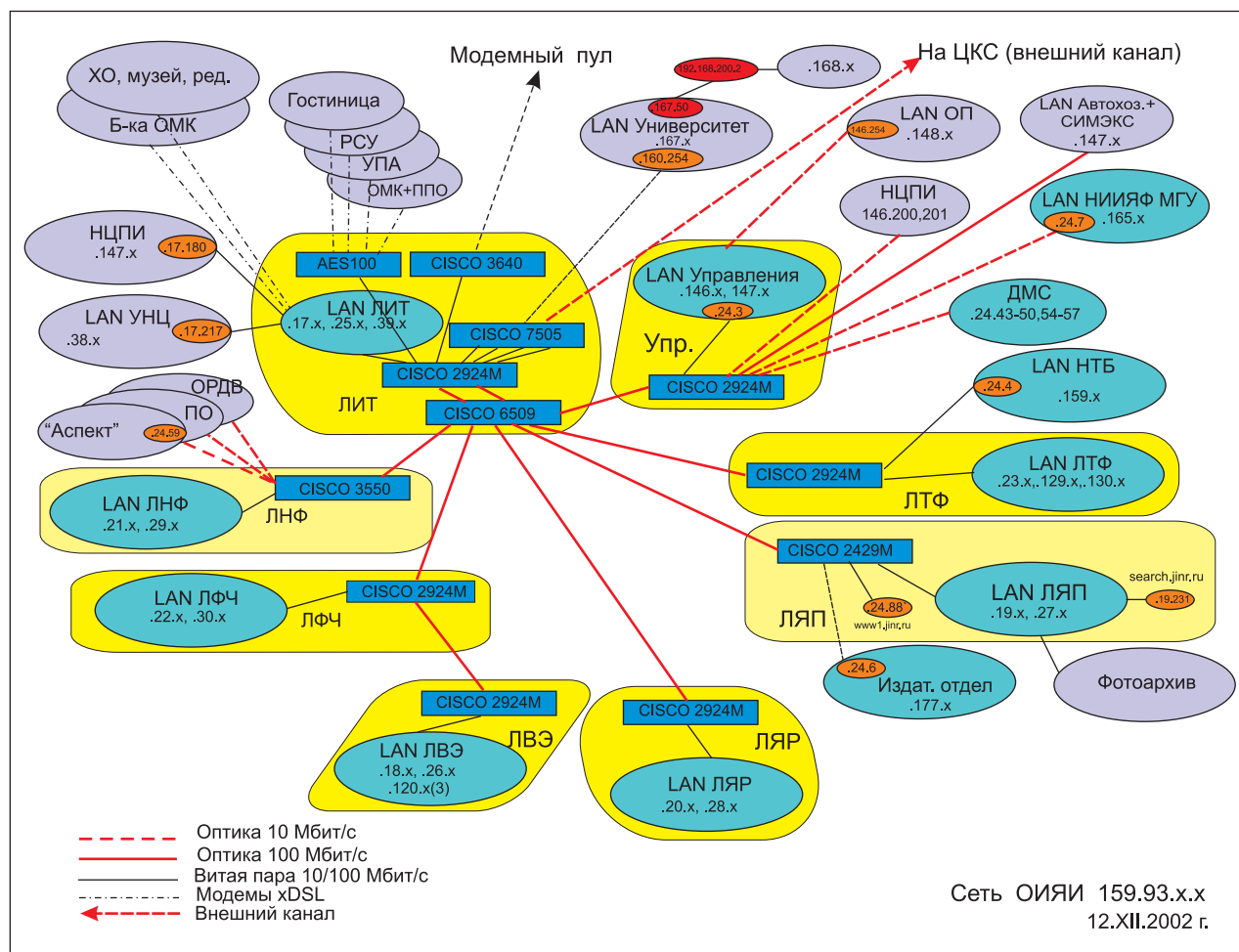


Рис. 3. Схема локальной сети ОИЯИ

## Распределенные информационные системы, центральный вычислительный комплекс ОИЯИ

Продолжено развитие центрального вычислительного комплекса (ЦВК) ОИЯИ на базе кластеров и компьютерных ферм общего и специального назначения. В ЦВК ОИЯИ создан распределенный ПК/Linux-кластер. Кластер состоит из четырех отдельных взаимосвязанных компонент различной аппаратной структуры и функционального назначения. Он включает в себя интерактивную ферму из четырех 2-процессорных ПК Pentium III 1 ГГц, 512 Мбайт RAM, на которой установлены как основное математическое обеспечение, так и специализированное, необходимое для проведения расчетов по тематике отдельных физических экспериментов. В состав кластера входят также 3 специализированные вычислительные фермы: ферма общего назначения, ферма РИВК LHC (большой адронный коллайдер) и ферма параллельных вычислений. Вычислительная ферма общего назначения состоит из восьми 2-процессорных ПК Pentium III 500 МГц, 512 Мбайт RAM; ферма LHC — из шестнадцати 2-процессорных ПК Pentium III 1 ГГц, 512 Мбайт RAM; ферма параллельных вычислений — из восьми 2-процессорных ПК Pentium III 1 ГГц, 512 Мбайт RAM, соединенных коммуникационной средой Myrinet-2000. Кроме того, в состав базового кластера входит ряд специализированных серверов. Достигнутая суммарная производительность кла-

стера общего назначения составляет около 2500 SpecInt95.

Распределенная файловая система AFS обеспечивает прозрачный и защищенный доступ к общему дисковому пространству для хранения информации как для пользователей ЛВС ОИЯИ, так и для участников международных коллабораций и проектов ОИЯИ. Общий объем дискового пространства ЦВК ОИЯИ — 6 Тбайт. Для длительного хранения больших объемов информации и системы резервного копирования используется автоматизированная ленточная библиотека емкостью 15 Тбайт (рис. 4).

В 2002 г. активно велись работы по созданию GRID-сегмента ОИЯИ и включению его в общую GRID-структуру. Начато создание системы глобального мониторинга ресурсов первой крупномасштабной виртуальной организации GRID-LHC в составе локальных сегментов нескольких институтов (НИИЯФ МГУ, ОИЯИ, РНЦ «Курчатовский институт», ИПМ РАН), а также развитие средств локального мониторинга в соответствии с требованиями архитектуры DataGrid. Система работает в тестовом режиме, осуществляется экспериментальное применение ее для моделирования и анализа модельных данных для экспериментов CMS, ALICE, ATLAS. Получены первые результаты по работе системы управления иерархической массовой памятью в виртуальных организациях GRID-LHC с оптимальным использованием средств «backup», фрагментации и тиражирования данных.

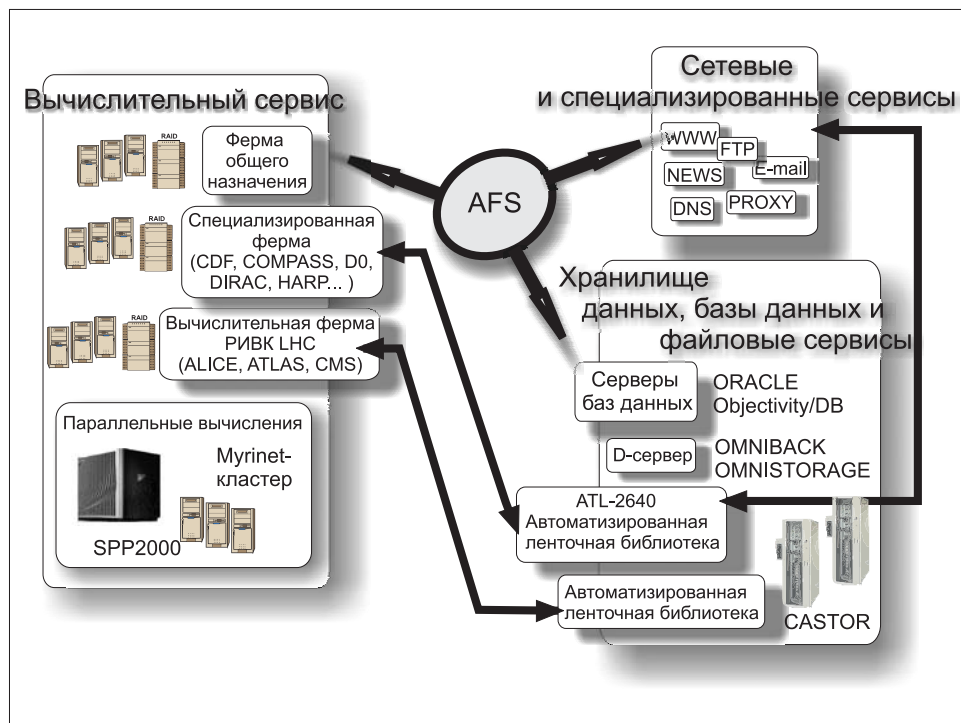


Рис. 4. Сервисы центрального вычислительного комплекса ОИЯИ

В 2002 г. продолжены сеансы массовой генерации событий для эксперимента CMS. На специализированной ферме в ЦВК ОИЯИ было сгенерировано более 110 000 физических событий с возможным образованием электронов, фотонов и адронных струй. Объем сгенерированных данных составил 25 % от общего количества событий, сгенерированных российскими участниками сеансов моделирования (НИИЯФ МГУ, ИТЭФ, ИФВЭ, Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ). Участниками осеннего сеанса массового моделирования событий для CMS были также ЦЕРН, итальянские и французские физические центры, распределенный GRID-центр CMS в США.

Выполнен ряд работ для реализации проектов LHCb, DIRAC и DUBTO, в том числе:

- разработаны Java-модули и программы системы моделирования для триггера первого уровня установки для проекта LHCb;
- сдана в эксплуатацию новая версия программы моделирования GEANT-DIRAC V2.61 для проекта DIRAC;
- на основе пакета GEANT разработана программа для моделирования различных каналов процесса  $\pi^+ ^4\text{He}$  в экспериментальной установке DUBTO.

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

В 2002 г. разрабатывались методы моделирования и создавались программы обработки экспериментальных данных, основанные на использовании новых методов фильтрации, сжатия и визуализации информации, а также распознавания образов [1].

Предложен эффективный алгоритм отбора полезных событий на основе прямой нейронной сети; представлены результаты применения метода как к модельным, так и к реальным данным для эксперимента DUBTO [2].

Завершен цикл работ по разработке статистической модели информационного трафика на основе детального исследования его основных характеристик. Впервые проведен детальный анализ измерений информационного трафика. Показано, что агрегирование измерений трафика (рис. 5) формирует, начиная с некоторого граничного окна агрегации, стабильное статистическое распределение, которое аппроксимируется логнормальным распределением (рис. 6). Логнормальное распределение измерений

Продолжены сопровождение и поддержка информационных WWW-серверов ОИЯИ и ЛИТ (<http://www.jinr.ru>, <http://lit.jinr.ru>). Выполнены необходимые работы по программному обеспечению и централизованной поддержке баз данных научного и административно-хозяйственного профиля ОИЯИ. Обеспечено сопровождение библиотек программ общего и специализированного назначения на компьютерных платформах ОИЯИ. Расширено наполнение и возможности использования библиотеки JINRLIB, формируемой на базе программ, созданных или адаптированных сотрудниками института. Библиотека протестирована на платформах SPP, Convex, Windows 9x/NT/2000/, подготовлены версии для компьютерных платформ Linux и FSF (GNU), что важно в связи с переходом на использование Linux-кластеров в компьютерном центре общего пользования в ОИЯИ. В 2002 г. состав библиотеки пополнен двадцатью новыми программами, отражающими широкий спектр научных задач ОИЯИ. Для JINRLIB подготовлена веб-страница, обеспечивающая электронный доступ к описаниям программ и правилам их использования при вызовах трансляторов. Современное состояние библиотек программ ОИЯИ отражено на странице <http://www.jinr.ru/~tsap/Koi/sss.htm>.

трафика и их мультипликативный характер (рис. 7) подтверждают применимость схемы, разработанной А. Колмогоровым, для однородной фрагментации частиц, а также для сетевого трафика. Развита модель обеспечивает базу для разработки новых эффективных средств для оптимального управления трафиком в компьютерных сетях, увеличения потоков и уменьшения потерь информации, а также предоставляет новые возможности для управления информационным трафиком и защиты компьютерных сетей от несанкционированных вторжений [3].

Разработаны алгоритмы и программа для анализа угловых распределений вторичных частиц с помощью вейвлет-преобразования (WASP), для фильтрации данных с помощью лифтинг-схемы (WALF) и для фитирования экспериментальных данных (FITTER) [4].

Один из результатов, полученных в 2002 г., связан с созданием распределенной системы CHARM для обработки и хранения данных в области фи-

зики частиц. Программно-аппаратный комплекс на базе локального Linux-кластера RISK-2002, компьютерной фермы ЛФЧ и центральной массовой роботизированной памяти используется для обработки модельных и экспериментальных данных установки ЭКСЧАРМ [5].

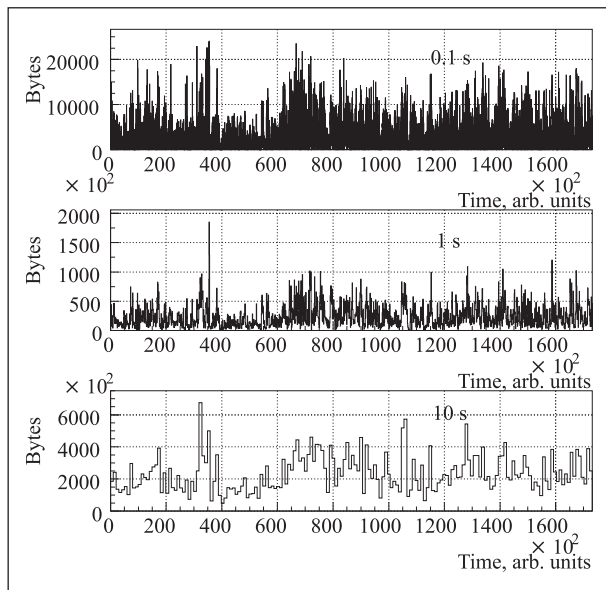


Рис. 5. Измерение трафика с различным агрегированием: 0,1, 1 и 10 с

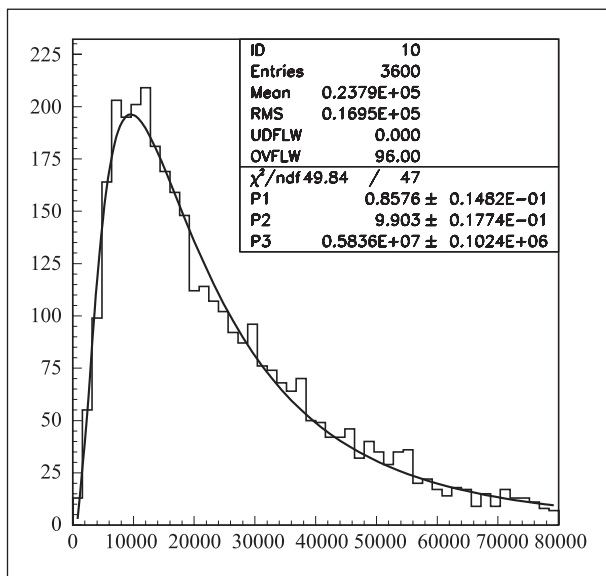


Рис. 6. Распределение размеров пакетов для измерений дневного трафика с окном агрегирования 1 с: фитирующая кривая отвечает логнормальной функции

Развит математический аппарат расчетов вероятности образования составного ядра при взаимодействии ядер в реакциях с тяжелыми ионами в рамках

модели двойной ядерной системы, созданной в ЛЯР и развиваемой в ЛТФ [6].

Разработаны аналитические и численные методы моделирования электродинамики активной парамагнитной нейтронной звезды. Получены результаты аналитического и численного исследования периодов нерадиальных торсионных мод пульсаций нейтронных звезд [7]. Разработанная модель используется для интерпретации данных о пульсарах и магнетарах.

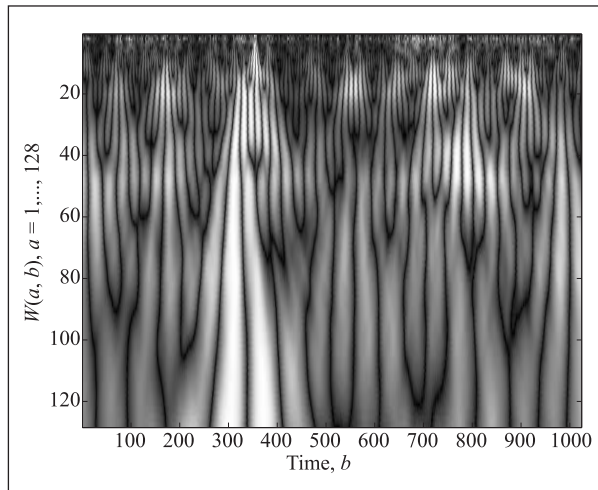


Рис. 7. Диаграмма величин коэффициентов непрерывного вейвлет-преобразования для измерений трафика с окном агрегирования 1 с

Продолжены работы по развитию алгоритмов и программ для численного исследования релятивистских столкновений тяжелых ионов. Рассмотрена комбинация модели квантовой молекулярной динамики и испарительной модели девозбуждения ядер, которая хорошо воспроизводит спектры вторичных протонов и нейтронов до энергий налетающих частиц  $\sim 300$  МэВ [8]. Выполнены работы [9] по исследованию цветовой прозрачности, свойств экзотических ядер, процессов фрагментации и мультифрагментации в столкновениях адронов и ядер с ядрами.

Построен и теоретически обоснован метод аппроксимации высокого порядка точности для линейных эволюционных операторов в гильбертовом пространстве. Метод основан на дискретизации временной переменной исходного уравнения с помощью разложения Магнуса эволюционного оператора и последующей аппроксимации этого разложения рациональными функциями устойчивости [10].

Построены и реализованы на языке фортран вариационно-итерационные алгоритмы для решения с заданной точностью задач на связанные состояния и рассеяния в системах трех квантовых частиц с точечными или кулоновскими парными взаимодействиями в адиабатическом представлении. Выполнены численный анализ и тестирование разработанных ал-

горитмов на моделях трех квантовых частиц с точечными взаимодействиями для исследования реакций захвата с ионизацией при сверхмалых углах рассеяния [11].

Представлен вывод и анализ релятивистских теоретико-полевых уравнений для реакций фотон-протонного рассеяния [12]. Численные решения этих уравнений сравнивались с новыми экспериментальными данными для реакций  $\gamma + \Delta \rightarrow \pi + p + \gamma$  конечными состояниями. Рассмотрено обобщение для обратной задачи рассеяния.

Техника операторов сплетения применяется к дискретным уравнениям, она позволяет генерировать новые семейства точно решаемых матриц Якоби. Показано, что полученные матрицы Якоби приводят к новым точно решаемым нелокальным потенциалам уравнения Шредингера [13]. Получены дискретные алгебраические преобразования Дарбу и процедура факторизации для системы связанных уравнений Шредингера, позволяющие генерировать серии потенциальных матриц с заданными спектральными характеристиками, для которых система дискретных уравнений Шредингера имеет точные решения [14].

Разработана программа [15] численного решения системы уравнений в частных производных, описывающая релаксацию энергии в окрестности траектории иона, движущегося в веществе, а также в области импульсного энерговыделения, обусловленного торможением пучков ионов в веществе. Построена математическая модель формирования радиационных повреждений в ряде радиационно стойких изоляторов.

Предложен новый метод вычисления потенциала от обмотки при расчете трехмерных нелинейных магнитных полей, который не накапливает ошибку. Разработанная методика [16] основана на данных измерений поля для эксперимента ЭКСЧАРМ.

Рассмотрены вопросы применимости техники инволютивных базисов к оптимизационным задачам целочисленного программирования. Путем компьютерных экспериментов установлены ограничения и намечены пути модификации инволютивного подхода, направленные на преодоление выявленных ограничений [17].

С помощью разработанных оригинальных алгоритмов и программ исследована механическая мо-

дель для  $SU(2)$  калибровочной теории. Показано, что в отличие от мгновенной формы механической модели подобного рода форма на световом конусе обладает не только связями первого рода, но и связями второго рода [18].

Предложен новый, эффективный алгоритм вычисления когомологий, основанный на расщеплении больших коцепных комплексов на минимально возможные подкомплексы [19].

Процедуры квазиклассического квантования нормальных форм, основанные на алгебраической теории возмущений, реализованы на языке Reduce в программе QUANTGIT, которая представляет собой центральную часть комплекса программ, ориентированных на моделирование динамических и атомных систем во внешних полях [20].

Проведено [21] монте-карловское моделирование электроядерных систем, состоящих из двух «каскадных» подкритических зон — жидкометаллического реактора на быстрых нейтронах, используемого в качестве бустера, и теплового реактора, в котором выделяется основная часть энергии. Рассмотрены реакторы типа ВВЭР-1000, MSBR-1000 и CANDU-6. Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что наиболее эффективными с точки зрения обеспечения высоких выходных характеристик и безопасных режимов функционирования являются двухреакторные системы с бустером на обогащенном уране и жидкокадмиевым вентилем.

Актуальной проблемой трансмутации ядерных отходов, обсуждению различных подходов и методов уничтожения изотопов, которые по условиям высокой радиоактивности, миграции в биосфере и уровню воздействия требуют обязательной трансмутации, посвящен обзор [22].

В обзоре [23] описано современное состояние исследований в области компьютерного моделирования физических и биологических систем методами молекулярной динамики (МД). Рассмотрены особенности компьютерного моделирования молекулярных и атомных систем на базе параллельных и векторных вычислений. На основе применения методов МД-моделирования проведены расчеты динамики конденсированных систем (кластеров, жидкостей и т. п.) и явлений нуклеации на молекулярном уровне.

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В соответствии с соглашением о сотрудничестве ОИЯИ и исследовательского центра FZR (Росендорф, Германия) выполнен ряд исследований, главное направление которых — выбор, анализ и про-

бование новых технологий для использования их при создании информационных распределенных систем, в частности, для организации доступа к реляционным базам данных [24].

Совместно с ЦЕРН велись работы по развитию средств мониторинга для вычислительных кластеров с очень большим количеством узлов (10000 и более), используемых в создаваемой инфраструктуре EU DataGrid. В рамках проекта «Мониторинг и устойчивость при сбоях» («Monitoring and Fault Tolerance») создается система корреляции событий (Correlation Engine). Задача этой системы — своевременное обнаружение аномальных состояний на узлах кластера и принятие мер по предупреждению сбоев. С помощью созданного прототипа системы ведется сбор статистики аномальных состояний узлов на базе вычислительных кластеров ЦЕРН. Прототип системы установлен на вычислительных кластерах в ЦЕРН и ОИЯИ, где производится сбор статистики.

В сотрудничестве с ЦЕРН и Брукхейвенской национальной лабораторией продолжены работы по:

- развитию объектно-ориентированной программной среды (framework ROOT) для решения широкого класса научных задач с использованием рабочих станций и персональных ЭВМ (<http://root.cern.ch>) [25];
- разработке, развитию и реализации информационной модели процессов сбора, реконструкции и физического анализа данных для больших экспериментов;

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2002 г. было продолжено сотрудничество с Сольвеевским международным институтом физики и химии (Брюссель, Бельгия) в области прикладных исследований, в том числе:

- Проведены исследования по проблемам экономической физики. Развита новая методика к эффективному распределению ресурсов, и предложена модификация дискретной модели Cox–Ross–Rubenstein, учитывающая изменение цен опционов в зависимости от величины процентной ставки [28].
- На основе эластичных нейронных сетей разработаны новые алгоритмы решения задачи странствующего коммивояжера для набора городов с известными оптимальными маршрутами [29].
- Предложен простой и эффективный метод для нахождения начального приближения эпицентра землетрясений на основе применения эластичной нейронной сети [30].
- Получено обобщение алгоритма фильтрации ОКТ-изображений, разработанного ранее для фильтрации группы ОКТ-изображений, измеренных с одного и того же участка кожи [31].

- внедрению (совместно с ЛВЭ) современных объектно-ориентированных технологий для эксперимента STAR.

В рамках совместного DFG–GSI–ОИЯИ проекта «Неравновесная сильно взаимодействующая плотная материя, образованная в ядро-ядерных столкновениях» продолжены работы по созданию программного обеспечения для численного исследования столкновений тяжелых ионов в рамках гидродинамической модели для различных типов уравнений состояния ядерного вещества. При помощи разработанного программного обеспечения совместно с физиками ЛТФ ОИЯИ и РИЦ «Курчатовский институт» исследованы возможные проявления квантово-хромодинамического (КХД) фазового перехода деконфайнмента в столкновении тяжелых ионов [26].

В рамках соглашения о сотрудничестве между ОИЯИ и Кейптаунским университетом проведено исследование нелинейного уравнения Шредингера с дефокусирующей нелинейностью, локализованными решениями которого являются «темные» солитоны (доменные стенки) [27].

В 2002 г. продолжалось сотрудничество с Сольвеевским международным институтом физики и химии (Брюссель). Выполнен цикл работ, посвященный исследованиям информационного трафика [3].

Совместно с сотрудниками Технического университета (Кошице, Словацкая Республика) и отдела вычислительной и статистической физики Академии Синика (Тайвань) продолжаются исследования по математическому моделированию протеинов [32]:

- разработан эффективный аналитический алгоритм вычисления объемов и доступной поверхности молекулы протеина в растворителе;
- разработаны эффективные многосеточные алгоритмы численного решения краевой задачи для нелинейного уравнения Больцмана–Пуассона, описывающего электростатический потенциал взаимодействия атомов молекулы протеина с растворителем.

Программа, реализующая вышеприведенные алгоритмы, написана на языке фортран и поставлена на Linux-кластерах. Параллельная версия программы реализована с использованием пакета MPI.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Осоков Г. А., Полянский А., Пузынин И. В.* // ЭЧАЯ. 2002. Т. 33, вып. 3. С. 676–745.
2. *Bonushkina A. Yu., Ivanov V. V., Pontecorvo G. B.* // Part. Nucl., Lett. 2002. No. 2 [111]. P. 39–44.
3. *Akritas P. et al.* // Chaos, Solitons & Fractals. 2002. V. 14(4). P. 595–606;  
*Antoniou I., Ivanov V. V., Kalinovsky Yu. L.* // Physica A. 2002. V. 308. P. 533–544;  
*Antoniou I. et al.* // Physica D. 2002. V. 167. P. 72–85;  
*Antoniou I. et al.* // Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. (submitted);  
*Antoniou I. et al.* // Physica D (submitted);  
*Antoniou I. et al.* // Physica A (submitted).
4. *Сольвьев А. Г. и др.* <http://www.jinr.ru/~tsap/Koi/jinrlib/xu007/Xu007.htm>;  
*Сольвьев А. Г.* <http://www.jinr.ru/~tsap/Koi/jinrlib/xu008/Xu008.htm>;  
*Сольвьев А. Г., Стадник А. В.* <http://www.jinr.ru/~tsap/Koi/jinrlib/xx010/Xx010.htm>
5. *Aleev A. N. et al.* // Inclusive Production of Antihyperons in  $nC$  Interactions // Eur. Phys. J. C (in press).
6. *Жидков Е. П., Лобанов Ю. Ю.* // Тр. Института математики НАНБ. 2002 (в печати).
7. *Bastrukov S. I. et al.* // J. Exp. Theor. Phys. 2002. V. 95, No. 5. P. 789–799;  
*Bastrukov S. I., Yang J., Podgajny D. V.* // Monthly Notices of the Royal Astron. Soc. 2002. V. 330, issue 4. P. 901–906;  
*Bastrukov S., Yang J.* // Physica Scripta. 2002. V. 65, No. 4. P. 340–344.
8. *Polanski A., Uzhinsky V. V.* // Proc. of the 6th World Multiconf. on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, USA, July 14–18, 2002. P. 79–89.
9. *Musulmanbekov G., Al-Haidary A.* // Yad. Phys. (in press); nucl-th/0206054.
10. *Селин А. В.* // ЖВМ и МФ. 2002. Т. 42, № 7. С. 937–949.
11. *Chuluunbaatar O., Puzynin I. V., Vinitsky S. I.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2. P. 37–49;  
*Chuluunbaatar O. et al.* // J. Phys. A: Mathematical and General. 2002. V. 35. P. L513–L525;  
*Попов Ю. В. и др.* // ЖЭТФ. 2002. Т. 122. С. 717–722;  
*Serov V. V. et al.* // Phys. Rev. A. 2002. V. 65. P. 062708-1-7.
12. *Machavariani A. I.* // Phys. Lett. B. 2002. V. 540. P. 81.
13. *Samsonov B. F., Suzko A. A.* // Phys. Lett. A. 2002. V. 302. P. 234.
14. *Suzko A.* // Phys. Atom. Nucl. 2002. V. 65, No. 8. P. 1553.
15. *Ayrjan E. A. et al.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2, No. 1–2. P. 163–168.
16. *Zhidkov E. P., Yuldashev O. I., Yuldasheva M. B.* // J. Comp. Math. and Math. Phys. 2002. No. 12.
17. *Гердт В. П.* // Программирование. 2002. Т. 28, вып. 2. С. 62–65;  
*Gerdт V. P.* // J. Math. Sci. 2002. V. 108(6). P. 1034–1051.
18. *Gerdт V. P., Khvedelidze A. M., Mladenov D. M.* // Comp. Algebra and Its Application to Phys. 2002. P. 83–92;  
*Khvedelidze A. M. et al.* // Eur. Phys. J. C. 2002. V. 24. P. 137–141.
19. *Korniyak V. V.* // J. Math. Sci. 2002. V. 108(6). P. 1004–1014.
20. *Uwano Y. et al.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2. P. 271–275.
21. *Vznuni S. A. et al.* // Ibid. No. 1–2. P. 21–29;  
*Бзнуні С. А. и др.* // АЭ. 2002. Т. 92, вып. 5. С. 344–351;  
*Бзнуні С. А. и др.* // Там же. Т. 93 (в печати).
22. *Бзнуні С. А. и др.* // ЭЧАЯ. 2003. Т. 34. вып. 4 (в печати).
23. *Kholmurodov K. et al.* // Part. & Nucl. (in press).
24. *Галактионов В. В.* Сообщ. ОИЯИ P11-2002-63, P11-2002-82. Дубна, 2002.
25. *Fine V.* // ROOT-2002. Intern. Workshop, Geneva, 2002; [ftp://root.cern.ch/root/R2002/Valerin\\_ROOT\\_Qt\\_Presentation.pdf](ftp://root.cern.ch/root/R2002/Valerin_ROOT_Qt_Presentation.pdf).
26. *Ivanov Yu. B. et al.* // Heavy Ion Phys. 2002. V. 15. P. 117–130.
27. *Barashenkov I. V., Woodford S. R., Zemlyanaya E. V.* JINR Preprint E17-2002-158. Dubna, 2002; Phys. Rev. Lett. (submitted).
28. *Antoniou I. et al.* // Physica A. 2002. V. 304. P. 525–534;  
*Antoniou I., Ivanov V. V., Kryanev A. V.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2, No. 1–2. P. 105–109.
29. *Antoniou I. et al.* // Ibid. P. 111.
30. *Antoniou I. et al.* // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2002. V. 7, No. 1. P. 1.
31. *Akishin P. G. et al.* // J. Comp. Meth. Sci. Eng. 2002. V. 2, No. 1–2. P. 117.
32. *Ayrjan E. A. et al.* JINR Commun. E11-2002-292. Dubna, 2002.