

## ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Деятельность Лаборатории информационных технологий в 2001 г. была направлена на выполнение главных задач, поставленных на 88-й сессии Ученого совета ОИЯИ: обеспечение функционирования и развития вычислительной и сетевой инфраструктуры ОИЯИ.

Вычислительная и сетевая инфраструктура как базовая установка ОИЯИ включает в себя:

- внешние каналы компьютерной связи, распределенные информационные системы и телекоммуникационные сервисы;
- локальную сеть ОИЯИ и суперкомпьютерный центр (СКЦ);
- поддержку и развитие стандартного программного обеспечения и современных средств вычислительной физики для пользователей.

Научная программа ЛИТ в 2001 г. определялась двумя темами первого приоритета Проблемно-тематического плана научных исследований и международного сотрудничества ОИЯИ. Сотрудники лаборатории участвовали также в исследованиях по 11 другим темам на уровне проектов и по 14 темам в рамках сотрудничества.

В 2001 г. ЛИТ выступила организатором ряда международных конференций:

- 21–22 февраля — совещание «Роль операционной системы Linux в вычислительной инфраструктуре

будущего» совместно с компанией «Hewlett Packard»;

- 28–30 июня — международное совещание «Компьютерная алгебра и ее приложения в физике» (СААР-2001);

- 3–4 июля — первая конференция в России «Решения по управлению данными в научных исследованиях» совместно с компанией «Техносерв А/С»;

- 12–18 сентября — XVIII Международный симпозиум ОИЯИ по ядерной электронике и компьютерингу (NEC'2001).

Представленные сотрудниками ЛИТ доклады свидетельствовали о высоком уровне проводимых исследований.

Цикл научно-методических работ «Обнаружение и исследование экзотических адронных состояний  $N(3520)$  и  $K(1630)$  с похожими особенностями» авторов В. М. Карнаухова, В. И. Мороза и К. Коки был удостоен второй премии на конкурсе научных работ ОИЯИ за 2001 г.

Для пользователей компьютерной сети ОИЯИ издан первый «Информационный бюллетень ЛИТ» (ОИЯИ, 4-7998. Дубна, 2001) по сетевым, вычислительным и информационным ресурсам.

### ВНЕШНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ КАНАЛЫ

ОИЯИ имеет доступ к российским сетям и информационным ресурсам (до 30 Мбит/с), используя арендованный канал связи с Москвой у государственного предприятия «Космическая связь» (ЦКС «Дубна»), а также доступ к международным сетям через сеть RBNET в общем потоке и до 1 Мбит/с в рамках гарантированной полосы.

В табл. 1 приведено распределение входного трафика ОИЯИ по лабораториям за 2001 г. (общий объем информации составляет 4,15 Тбайт). Университет «Дубна» и модемный пул (см. табл. 2) имеют значительную долю в общем трафике.

Перспективы улучшения внешней компьютерной связи для ОИЯИ связаны с развитием в России

**Таблица 1. Распределение входного трафика ОИЯИ (> 25 Гбайт)**

ЛИТ+ прокси+ серверы	ЛЯР	ЛЯП	Унив. «Дубна»	Мод. пул.	ЛВЭ	ЛТФ	ЛФЧ	ЛНФ	Упр.	УНЦ
1500	768,45	396	302	249	237	228	222	121	74	26
36 %	18 %	8,7 %	7,1 %	5,8 %	5,6 %	5,4 %	5,2 %	2,8 %	1,7 %	0,6 %

**Таблица 2. Статистика по модемному пулу (часы)**

ЛНФ	ЛЯП	Упр.	ЛЯР	ЛВЭ	ЛИТ	ЛФЧ	Прочие	ЛТФ
12930	10778	9236	7930	7337	6552	3965	1096	216
20,88 %	17,41 %	14,92 %	12,81 %	11,85 %	10,58	6,40 %	1,77 %	0,35 %

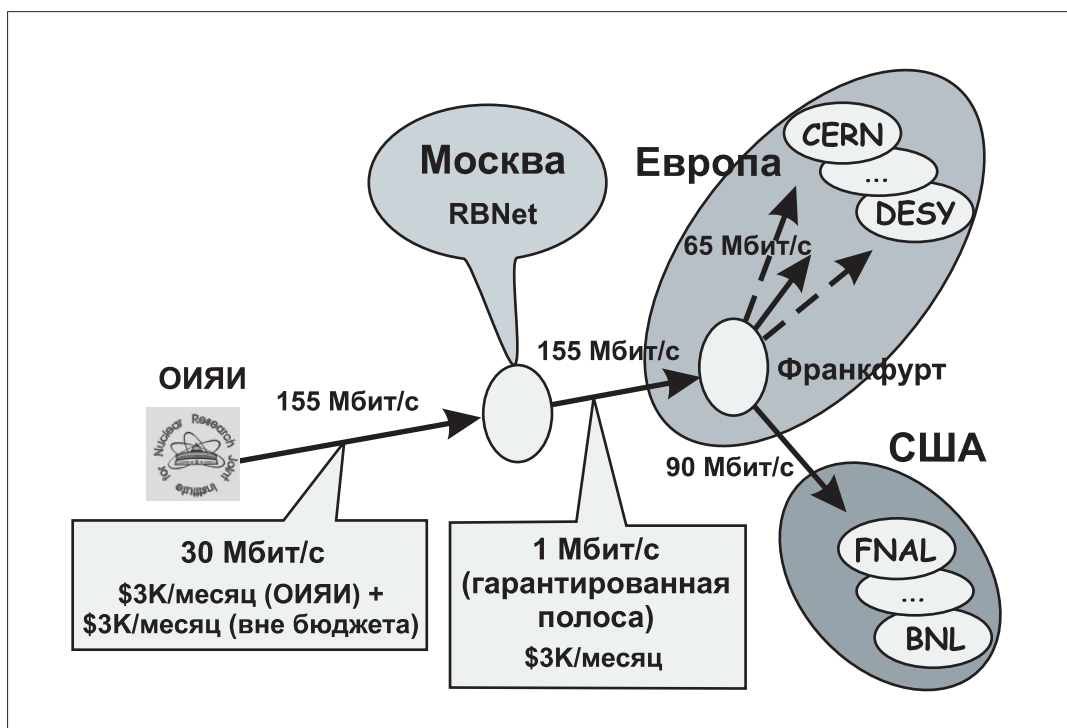


Рис. 1. Внешние каналы компьютерной связи ОИЯИ

системы международных каналов для науки и образования, с развитием высокоскоростной сетевой инфраструктуры, особенно для центров ядерной физики. Развитие сотрудничества ОИЯИ с ЦКС «Дубна», государственным предприятием «Космическая связь» и Российским научно-исследовательским институтом развития общественных сетей в рамках общего соглашения позволит облегчить решение этой задачи.

Приказом директора ОИЯИ образована Комиссия по изучению потребностей научной программы по физике частиц в компьютерных коммуникациях и для разработки рекомендаций по улучшению работы каналов связи. Основная задача состоит в организации специализированных каналов связи с ЦЕРН и DESY (рис. 1).

Систематическая работа по управлению локальной сетью выполнялась Центром управления сети

ОИЯИ (<http://nos.jinr.ru/>). Для удобства пользователей и повышения надежности работы центрального почтового сервера @jinr.ru был предусмотрен ряд новых услуг:

- антивирусная проверка почты;
- псевдонимы почты;
- защита от коммерческих и нежелательных сообщений (SPAM);
- использование многоязычного web-интерфейса (русский, английский язык и т. д.) <https://web-mail.jinr.ru/> для быстрого доступа в почтовые ящики, особенно для пользователей, находящихся вне сети ОИЯИ.

В 2001 г. ОИЯИ получил лицензию на предоставление услуг передачи данных. Правила на подключение пользователей к сети передачи данных ОИЯИ находятся в стадии подготовки.

## ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ ОИЯИ

В базе данных IP-адресов ОИЯИ на конец 2001 г. зарегистрирован 3451 элемент локальной сети (3105 — в 2000 г.). В настоящее время локальная сеть ОИЯИ работает в критическом режиме по временной схеме на основе технологии Fast Ethernet, что является результатом выхода из строя основного ATM-оборудования.

Проект по модернизации топологии сети и выбору адекватной технологии находится в стадии разработки, а построение опорной локальной сети будет главной задачей в течение ближайших лет. Основанием для работы над проектом служат рекомендации 89-й сессии Ученого совета ОИЯИ по дальнейшему развитию удаленного доступа к экспериментальным установкам, обработке данных и передаче информации, участию в международном сотрудничестве по проекту GRID в Европе и Америке. Высокоскоростная сеть позволит организовывать распределенные вычисления, эффективно используя большие компьютерные комплексы в лабораториях ОИЯИ. Это особенно важно при обработке данных для экспериментов ЛНС в ЦЕРН, где ОИЯИ принимает активное участие.

В 2001 г. проведен ряд обсуждений будущей опорной сети. В течение 2001 г. опорная сеть ОИЯИ использовала две технологии: ATM и Fast Ethernet в трех лабораториях, и начиная с 30 октября 2001 г. вся локальная сеть ОИЯИ перешла на технологию Fast Ethernet (рис. 2) из-за аварийного отказа и выхода из строя центрального оборудования ATM.

Две компании по информационным технологиям из Москвы («Техносерв А/С» и «Инфосистемы Джет») и кафедра телекоммуникаций Российского университета дружбы народов были приглашены для участия в разработке предложений по проекту новой локальной сети ОИЯИ. Все внешние эксперты и специалисты по сетям от лабораторий Института пришли к выводу, что работа по институтским научным программам и участие в международных исследовательских программах требуют создания высокоскоростной надежной опорной сети, которая может быть реализована на основе технологии Gigabit Ethernet. С информацией относительно проектов ЛИТ и организации сети можно ознакомиться на странице <http://noc.jinr.ru/projects.htm>.

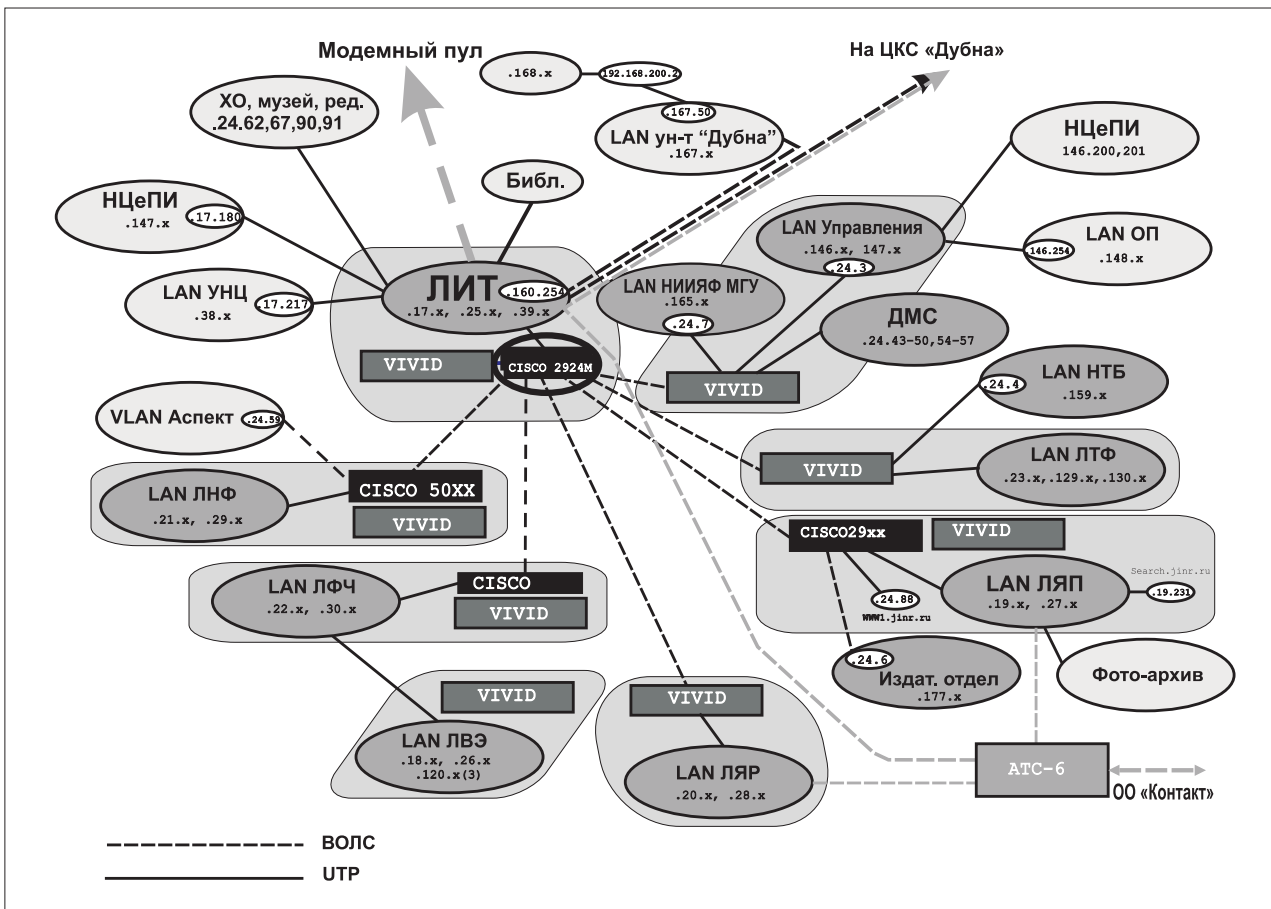


Рис. 2. Схема локальной сети ОИЯИ

Дирекция ЛИТ совместно с Центром прикладных исследований ОИЯИ организовала обучение для четырнадцати сетевых специалистов с помощью лекторов, приглашенных из Москвы. Десять из обучающихся сдали экзамены и получили сертификаты в 2001 г.

В 2001 г. прошел первый прием 10 студентов на кафедру информационных технологий вычислительных систем Московского технического университета радиотехники, электроники и автоматики, организованную на базе ЛИТ.

### Распределенные информационные системы, суперкомпьютерный центр (СКЦ)

Более тысячи специалистов ОИЯИ и других исследовательских центров, сотрудничающих с Институтом, являются пользователями СКЦ. В настоящее время СКЦ (рис. 3) — один из десяти самых производительных российских вычислительных центров. ОИЯИ активно сотрудничает с другими ведущими центрами — Межведомственным суперкомпьютерным центром, Институтом высокопроизводительных вычислений и баз данных (Санкт-Петербург). В сотрудничестве с ведущими центрами ядерной физики России СКЦ ОИЯИ участвует в создании Российского регионального центра обработки данных с ЛНС.

В 2001 г. продолжалось создание сегмента GRID в России. Кроме ОИЯИ, еще десять институтов Российской Федерации приняли участие в проекте. Главное участие ЛИТ состоит в установке системы GLOBUS, организации общего информационного

сервера GRIS (Grid Resource Information Service) и GIS (Grid Index Information Service), создании сертификационного центра, тестировании метадиспетчера, которому пользователи направляют свои задания для их распределения по свободным исполнительным узлам, развитии средств мониторинга ресурсов и сервисов в ОИЯИ, организации управления данными, массовом моделировании физических событий для экспериментов по физике частиц и созданию распределенной базы данных на серверах СКЦ и РС-ферме.

В 2001 г. сервер SPP2000 использовался 81 из 142 зарегистрированных пользователей и был загружен на 96 %. В табл. 3 приведено относительное использование вычислительных мощностей SPP2000 лабораториями ОИЯИ.

Таблица 3

ЛИТ, %	ЛЯР, %	ЛЯП, %	ЛФЧ, %	ЛНФ, %	ЛТФ, %	ЛВЭ, %
22	13	9	8	15	22	11

Convex 220 использовался как вычислительный сервер, сервер электронной почты и web-сервер 1215 пользователями компьютерной сети ОИЯИ. Активно использовали электронную почту 1031 человек. В табл. 4 приведено распределение числа зарегистрированных пользователей по лабораториям и подразделениям ОИЯИ.

Таблица 4

ЛЯР	ЛЯП	ЛФЧ	ЛНФ	ЛТФ	ЛВЭ	ЛИТ	Упр.
165	166	124	57	109	129	372	93

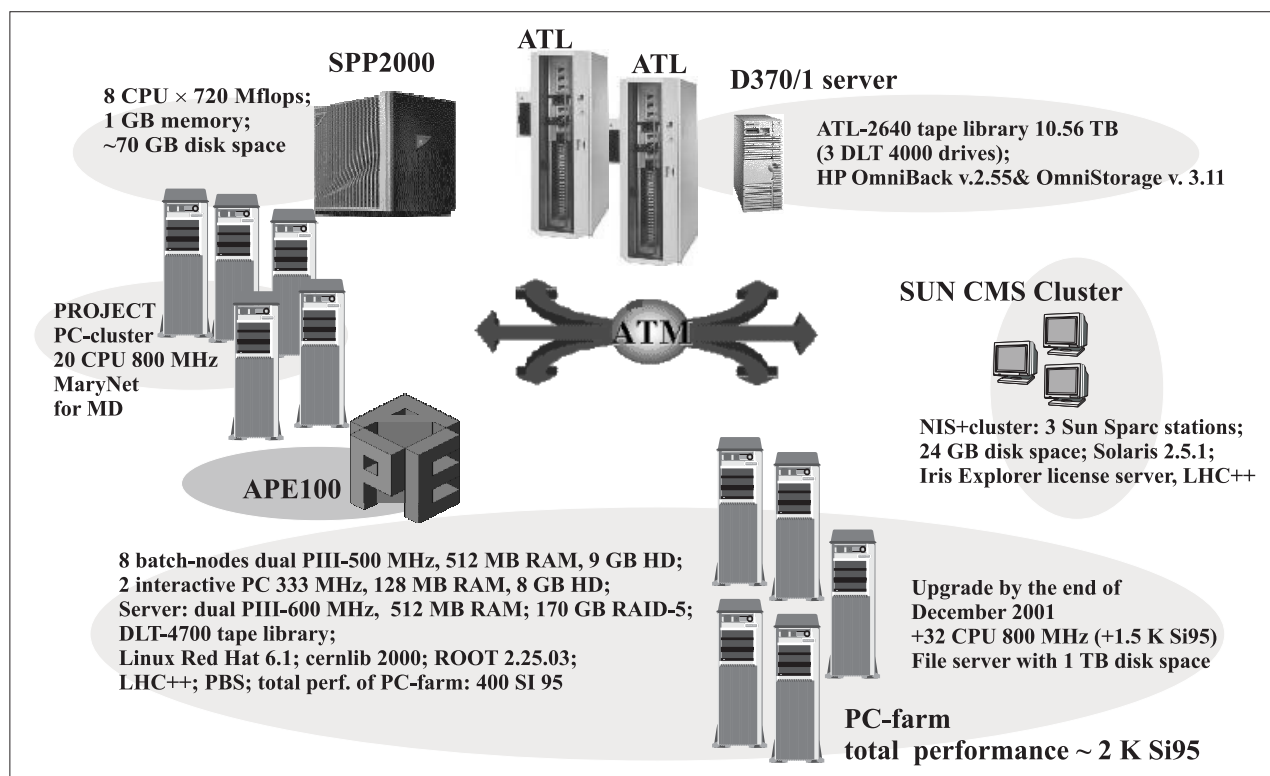


Рис. 3. Основные компоненты СКЦ ОИЯИ

Следует отметить, что устаревшая система OpenVMS 220 должна быть заменена кластером серверов на базе процессора Intel.

### Вычислительный сервис

В 2001 г. осуществлялась информационная и компьютерная поддержка совместных экспериментов в ЦЕРН, DESY и BNL. Выполнялись работы по дальнейшей адаптации и поддержке текущих версий библиотеки Anarhe (LHC++) для платформ Linux и Windows NT.

### БАЗЫ ДАННЫХ И WWW-СЕРВИС

Систематическое обновление и обслуживание созданных ранее баз данных (БД) и информационных систем продолжалось с учетом потребностей пользователей. Среди них:

- Информационная система IPDB — интерфейс базы данных IP-адресов ОИЯИ (<http://iis.jinr.ru/ipdb/>);
- База данных ускорителей (<http://iis.jinr.ru/acc/>);
- Система для учета и статистики работы базовых установок ОИЯИ (<http://iis.jinr.ru/basic-fac/>), разработанная с использованием ASP-технологии;
- Система для контроля работы по подготовке элементов установки ATLAS в ОИЯИ, запущена в эксплуатацию и поддерживается на <http://wnlse50.jinr.ru/wf/new/wf.html>. Система разработана в Институте ядерной физики (Санкт-Петербург). В рамках этого проекта создано приложение OAS (Oracle Application Server) на PL/SQL для представления текущего состояния БД в глобальной сети. База данных была перемещена с сервера WinNT на сервер Linux Redhat. Разработан и включен в систему специализированный модуль на Perl для еженедельного архивирования БД в полуавтоматическом режиме;
- Система оцифровки графиков по запросам пользователей и подготовки библиографических данных по физике высоких энергий для базы данных PPDS

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Основными задачами направления «Вычислительная физика» являются обеспечение алгоритмической и программной поддержки экспериментальных и теоретических исследований, проводимых в Институте, а также обеспечение эффективного использования вычислительных средств ОИЯИ.

В 2001 г. опубликовано и представлено более 80 научных работ в ведущих научных журналах, сообщениях и препринтах ОИЯИ, а также в материалах конференций.

Новый сеанс массовой генерации событий был проведен на PC-ферме ЛИТ ОИЯИ (16 процессорных единиц по 500 МГц) для триггера высокого уровня CMS. Объем моделируемых данных составляет более 75 Гбайт. Генерация данных была выполнена с использованием программ моделирования и реконструкции событий Pythia и CMSIM для эксперимента CMS.

Выполнен ряд исследований на специализированной вычислительной системе APE-100, основанной на SIMD-архитектуре.

(<http://www.jinr.ru/~diginfo/>). Информация о 150 научных работах была подготовлена для размещения в базе данных PPDS. Более 50 документов были включены в эту базу данных. Более 50 работ в настоящее время находятся в стадии подготовки. Работа выполнена в сотрудничестве с ИФВЭ, BNL и другими физическими центрами. 148 графиков была оцифрованы по заявкам сотрудников ОИЯИ и физиков из стран-участниц;

- Информационная система «Проблемно-тематический план ОИЯИ» (<http://dbserv.jinr.ru/~deadhead/tp/>). Разработано и добавлено программное обеспечение для автоматической трансляции файла с LaTeX в БД Oracle;
- Информационная система «Система расчетов между ОИЯИ и Опытным производством (Access, VBA)» для бухгалтерии ОИЯИ.

Среди работ, связанных с центральными серверами ОИЯИ и ЛИТ (<http://www.jinr.ru>, <http://lit.jinr.ru>), особого внимания заслуживает разработка новой web-страницы ОИЯИ, обновление разделов в соответствии с основными научными результатами и программами исследований ОИЯИ; информация о конференциях, школах и совещаниях, проводимых в ОИЯИ; разработка и техническое обслуживание WWW-JavaStation (<http://dbserv.jinr.ru/js/>).

### Математическое моделирование и информационная поддержка в экспериментальных исследованиях

**Обеспечение обработки данных в физике элементарных частиц.** Работы в этой области были связаны с развитием основных ресурсов (как программных, так и специализированных вычислительных систем) для экспериментов в физике высоких энергий. Разработаны и установлены системы для обработки экспериментальных и моделируемых методом Монте-Карло данных эксперимента ЭКСПАРМ на новом мощном сервере РИСК Linux-кластера. Следует отметить, что по масштабируемости, полноте, ком-

плексному подходу и уровню задач это направление, связанное с созданием и применением систем обработки данных, является перспективным. Опыт и методические результаты, полученные в эксперименте ЭКСЧАРМ, применяются и в других экспериментах, включая эксперименты в ЦЕРН с участием ОИЯИ [1].

#### Развитие новых методов обработки данных.

Одним из перспективных методов анализа экспериментальных данных является вейвлет-анализ. В ЛИТ разработан программный пакет WASP (Wavelet Analysis of Secondary Particles). Пакет программ написан на языке C++ и применяется для анализа угловых распределений вторичных частиц в высокоэнергетических взаимодействиях ядер с ядрами. (WASP предназначен для анализа данных экспериментов STAR и ALICE). WASP имеет дружественный графический интерфейс для пользователя (GUI), который реализуется с использованием ROOT GUI классов. Первая версия пакета была успешно применена для анализа данных. Проанализированы угловые распределения вторичных частиц, полученных при взаимодействиях ядер серы и ядер кислорода с ядрами фотоэмульсии при энергиях 200 и 60 ГэВ/нуклон. С помощью вейвлет анализа удалось увидеть, что распределения псевдоскорости частиц, просуммированной по всем событиям, имели три подструктуры. Распределения в отдельных событиях имеют больше чем одну подструктуру в 40 % случаев. Вейвлет-анализ позволяет отделять события с различными подструктурами (рис. 4) [2]. Новая версия WASP позволяет выполнять как одно-, так и двумерный вейвлет-анализ. Таким образом, этот метод может использоваться для обнаружения кольцевых структур [3–7].

В рамках запланированной работы в коллаборации HERA-B в ЛИТ проведено исследование по повышению эффективности усовершенствованных программ для камер по распознаванию изображений (PC) внешней следящей системы HERA-B (OTR). Новая версия программы калибровки для PC была разработана на основе согласованного применения робаст-

ного подхода к алгоритмам нахождения треков и вычислению функции калибровки. В дополнение к улучшению точности калибровки эта программа позволила ускорить процедуру калибровки на порядок по сравнению с обычной программой калибровки. Наиболее эффективной была робастная подгонка кубических сплайнов непосредственно к сырым данным, являющимся результатом нескольких тысяч измерений дрейфового времени. Пример фитирования приведен на рис. 5.

В рамках сотрудничества с ЛВЭ проведено сравнение экспериментальных данных о распределениях протонов и  $\pi^-$ -мезонов по быстротам в  $CC$ -взаимодействиях с различной множественностью  $\pi^-$ -мезонов при энергии 3,36 ГэВ/нуклон с предсказаниями моделей RQMD и FRITIOF. Показано, что модель RQMD удовлетворительно воспроизводит распределение  $\pi^-$ -мезонов, но неудовлетворительно описывает характеристики протонов. В модифицированной модели FRITIOF при подборе свободных параметров удается достичь хороших результатов [8].

Завершен цикл обработки экспериментальных данных для выявления экзотических состояний адронных структур. Установлены экзотические состояния  $K$  (1630),  $N$  (3520),  $\Sigma$  (3170). Эти предполагаемые экзотические состояния образуются в процессах с большими четырехмерными переданными импульсами. Особенность распада указывает на пространственную кластеризацию бесцветных продуктов распада  $K$  (1630) и  $N$  (3520), их угловое разделение на две части [9].

**Применение метода объемных и граничных интегральных уравнений в моделях магнитных систем со сверхпроводящими экранами.** Получены новые результаты по моделированию магнитных систем со сверхпроводящими экранами. Выведены нелинейные объемные и граничные интегральные уравнения, которые определяют распределение намагничивания в нелинейной среде и распределение

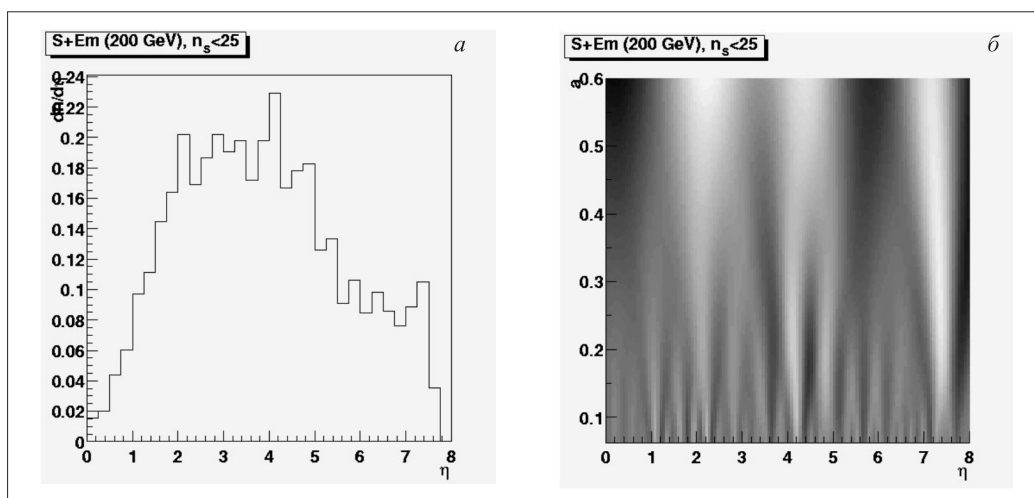


Рис. 4. Распределение частиц по псевдоскоростям в событиях с  $n_s < 25$  (а) и их вейвлет-спектр (б). При 0,4 выделяются три подструктуры

токов по границе сверхпроводника. Разработаны методы дискретизации уравнений и итерационного решения нелинейных систем, полученных таким путем. Созданное математическое и программное обеспечение использовалось для моделирования магнитной системы для установки ALICE [10].

**Применение математического моделирования в физике низких и промежуточных энергий.** С использованием модели температурного пика, измеренных радиусов треков в высокотемпературном сверхпроводнике  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ , а также его теплофизических характеристик рассчитано эффективное время электрон-фононной релаксации для этого материала. Оно оказалось в хорошем согласии с экспериментально измеренными (методами лазерной фемтосекундной техники) значениями этой величины. Таким образом, впервые построено самосогласованное описание процесса трекообразования в ВТСП, не содержащее никаких подгоночных параметров [11].

Предложен новый подход к решению задачи локальной аппроксимации и сглаживания кривых с ошибками. Создан простой для вычислений и устойчивый к случайным ошибкам кубический сглаживающий фильтр в режиме адаптации (LOCUS). Эффективность и помехоустойчивость алгоритма подтверждены примерами и сравнением с результатами обработки кривых другими известными непараметрическими сглаживающими фильтрами [12].

Исследована математическая модель подкритического каскадного реактора, управляемого протонным ускорителем и состоящего из первичной свинцово-висмутовой мишени, основного реактора, созданного аналогично реактору на расплавленных солях (MSBR), и реактора-бустера, аналогичного активной зоне жидкометаллического реактора БН-350. Посредством моделирования методом Монте-Карло показано, что изучаемый реактор обеспечивает режимы надежной и безопасной работы ( $k_{эф} = 0,94-0,98$ ), способен эффективно трансмутировать ядерные отходы и уменьшает на порядок требования к величине тока пучка ускорителя. Расчеты дают максимальный поток нейтронов в тепловой зоне  $10^{14} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ , в быстрой зоне —  $5,12 \cdot 10^{15} \text{ см}^2 \cdot \text{с}^{-1}$  при  $k_{эф} = 0,98$  и токе протонов в пучке ускорителя  $I = 2,1 \text{ мА}$  [13].

#### Алгоритмическая и программная поддержка теоретических исследований

**Методы вычислительной молекулярной динамики и программное обеспечение.** Оптимизированная версия DL\_POLY — программы для моделирования молекулярной динамики (МД) — использовалась при изучении процессов соударения кластер–поверхность для металлических фаз. Характеристики столкновений кластер–поверхность изучались в широком диапазоне энергий ( $E_{inc} = 0,035-3,5 \text{ эВ/атом}$ ). Модификация поверхности, облучаемой пучками кластеров, исследовалась с помощью мониторинга динамики конфигурации молекулярной системы в реальном времени. Детально были изучены плотность и рас-

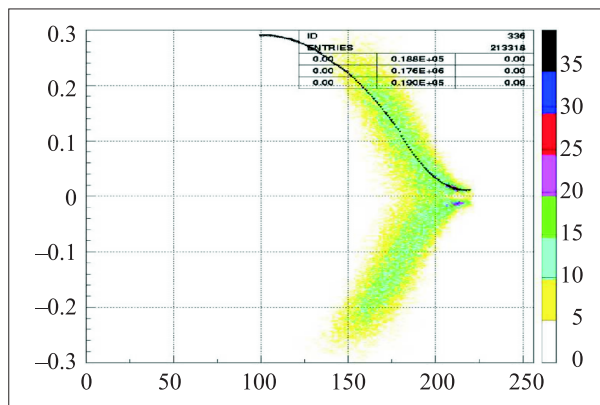


Рис. 5. Результат фитирования кубическим сплайном с 5 мм РС

пределения температур в системе под воздействием энергетически эффективной радиации. Определены и оценены три основных вида ударного воздействия: мягкое оседание, капельное распыление и имплантация. На основе данных о плотности и распределении температур проанализировано низкоэнергетичное соударение кластер–поверхность и дана новая интерпретация процесса капельного распыления [14]. Результат МД-моделирования для энергии  $E_{inc} = 0,56 \text{ эВ/атом}$  приведен на рис. 6.

**Моделирование термоупругого взаимодействия пучка с поверхностью.** Разработан метод численного анализа задачи Стефана для металлического образца, подвергнутого воздействию сильного ионного импульсного пучка [15]. В предположении, что боковые поверхности образца термоизолированы, изучена динамика перемещения межфазовой границы, отделяющей расплавленную и твердую части образца. Установлено, что форма источника влияет на форму межфазовой границы, поэтому путем выбора параметров источника можно управлять эволюцией межфазовой границы.

**Вычислительные схемы высокой точности для исследования квантовых систем.** Предложен корреляционный вариационный метод для вычисления связанного изоэлектронного состояния атома гелия. Новые проективные координаты  $s = r_1 + r_2$ ,  $v = r_2 / (r_1 + r_2)$ ,  $w = (r_1 - r_2) / r_2$  вводятся вместо обычных координат  $s = r_1 + r_2$ ,  $t = r_1 - r_2$ ,  $u = r_{12}$ . Все матричные элементы гамильтониана и весовая функция выражаются простыми произведениями трех одномерных интегралов. Вариационный базис формируется множеством полиномов Лагерра с единственным нелинейным параметром и двумя множествами полиномов Якоби для проективных координат  $s$ ,  $v$ ,  $w$  соответственно. Это обеспечивает высокую скорость сходимости энергии  $E = E(N)$  относительно числа  $N$  членов разложения по базису. Как частный случай, вычислена энергия основного состояния гелия [16].

Построена ньютоновская итерационная схема для решения задачи рассеяния с использованием вариационного функционала Швингера. Задача рассея-

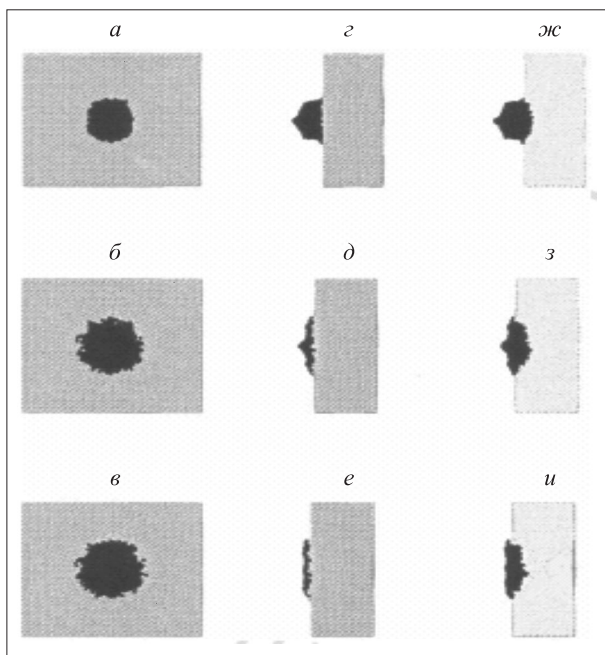


Рис. 6. Результат МД-моделирования для кластера: вид сверху (*а, б, в*), сбоку (*з, д, е*) и в разрезе (*ж, д, и*) МД-конфигураций при  $t = 1,3$  пс (*а, з, ж*),  $t = 2,1$  пс (*б, д, з*) и  $t = 5$  пс (*в, е, и*) для энергии  $E_{inc} = 0,56$  эВ/атом

ния сформулирована как задача на собственные значения относительно пары неизвестных: фазового сдвига и волновой функции. Эффективность предложенной итерационной схемы и ее точность проверены на точно решаемых примерах задачи упругого рассеяния с потенциалом Морзе и сферическим потенциалом [17].

**Численные методы в моделях теории ядра.** В рамках квазичастичной фоновой ядерной модели (КФЯМ) с использованием формализма, разработанного в работах В. Г. Соловьева, выполнены численные расчеты характеристик долгоживущего изометрического состояния нуклида  $^{180}\text{Ta}$ . Результаты расчетов позволили сделать вывод о механизмах переходов промежуточных состояний при дезактивации  $^{180}\text{Ta}^m$  в реакции  $(\gamma, \gamma')$  [18].

**Компьютерная алгебра.** Для эффективного вычисления базисов Жане разработан и реализован на

## МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

В соответствии с соглашением между ОИЯИ и Исследовательским центром FZR (Россендорф, Германия) о сотрудничестве в сфере применения и развития вычислительных систем специалисты ЛИТ приняли участие в реализации проекта «Zentrale Nutzerdatenbank» для администрирования вычислительного комплекса FZR с использованием технологии WWW. Разработан и включен в систему ряд Java-программ. Исследована возможность использования программ-

языках «Редьюс», Си и Си++ новый класс инволютивных алгоритмов. Эти алгоритмы используют специально введенные для них структуры данных, названные деревьями Жане. Использование этих типов данных позволяет значительно ускорить приведение в инволюцию нелинейных систем уравнений. Созданные пакеты программ были сравнены, по эффективности вычислений, с написанной на языке Си системой компьютерной алгебры специального назначения «Сингуляр», которая разработана для задач коммутативной алгебры и алгебраической геометрии и является одной из наиболее быстродействующих программ для вычисления базисов Гребнера. С большинством задач, взятых из широкоизвестной базы данных нелинейных систем, созданной для тестирования программных продуктов, разработанные программы работают быстрее, чем система «Сингуляр». Более того, новые алгоритмы, в отличие от классического алгоритма Бухбергера для построения базисов Гребнера, встроенного в систему «Сингуляр» и во все универсальные системы, такие, как «Математика», «Мэйпл», «Редьюс» и др., допускают эффективное распараллеливание, что было явно показано на двухпроцессорном компьютере. Моделирование многопроцессорных вычислений на этом компьютере выявило зависимость времени счета от числа процессоров, близкую к обратной пропорциональной. Разработанные последовательные версии алгоритмов и программ встроены в виде специальных модулей в систему «Математика» [19–21].

Вычисление кохомологий для алгебр Ли и супералгебраическое явное вычисление кохомологий (супер)алгебры Ли имеет большое значение для изучения современных моделей теоретической и математической физики. Разработан новый алгоритм для этих задач. Алгоритм разбивает комплексы коцепей, содержащие пространства большого размера, на меньшие. Во многих приложениях эта стратегия ведет к значительно более быстрым вычислениям. Этот алгоритм был осуществлен на языке Си и применялся к некоторым конкретным примерам, представляющим физический интерес. Такой подход может также применяться для явного определения кохомологии Спенсера супералгебры Ли в степенях  $Z$  [22].

ного обеспечения на основе протокола LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) для автоматизированного удаленного администрирования персональных компьютеров с различными операционными системами (W2000 и Linux).

В сотрудничестве с DESY (Цойтен) выполнялась работа по развитию и созданию прикладного и системного программного обеспечения для высокопроизводительного многопроцессорного вычислитель-



ного комплекса APEmille, по развитию и созданию комплекса areNEXT. Проведена отладка и испытание программного обеспечения и оборудования для APEmille. Выполнено моделирование предварительной модели VHDL для areNEXT. Разработана версия прототипа компилятора Си, включая интерфейс для ТАО-компилятора. Проведены испытания с функциональным моделирующим устройством архитектуры areNEXT на персональных компьютерах с операционной системой LINUX.

Совместно с ЦЕРН в рамках проекта CERN-INTAS выполнены работы по созданию системы «Correlation Engine». Цель этой системы — своевременное обнаружение аномальных состояний на узлах PC-ферм и предотвращение сбоев. Первый прототип системы корреляции написан на языке Perl, и идет его тестирование. Параллельно расширяются возможности созданного прототипа.

В сотрудничестве с ЦЕРН и Национальной лабораторией в Брукхейвене выполнены [23]:

1. Разработка объектно-ориентированной программной среды (в рамках ROOT) для решения широкого класса научных задач с использованием рабочих станций и персональных компьютеров (<http://root.cern.ch>).

2. Разработка, развитие и реализация информационной модели процессоров для сбора, реконструкции и физического анализа данных для больших экспериментов.

3. Развитие современных объектно-ориентированных технологий для эксперимента STAR.

4. Развитие объектно-ориентированной системы ввода-вывода для эксперимента ATLAS.

В рамках совместного проекта DFG/GSI/JINR «Неравновесная сильно взаимодействующая плотная материя, образованная в ядро-ядерных столкновениях» получил дальнейшее развитие кинетический (транспортный) подход с учетом эффектов схода с массовой поверхности, в частности, таких, как конечность ширины распределения по массе нестабильной

## ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сдана в эксплуатацию графическая версия ПРОГРЭС++: программы расчета и оптимизации городских распределительных электрических сетей. ПРОГРЭС++ работает на IBM PC в среде Windows. Сейчас она эксплуатируется на всех 35 электросетевых предприятиях Московской области, а также на отдельных предприятиях других областей России. Программа является эффективным инструментом для решения задач анализа потерь энергии. Исполнение ее рекомендаций позволяет снижать потери в распределительных сетях с 8–10 % до 5–8 %. Программа позволяет создавать и отображать на экране схемы любой сложности, умеет определять индекс связности графа сети, обнаруживать циклы в схеме. Решение системы из  $N$  уравнений Кирхгофа производится за время порядка  $N$  операций. Получен сертификат от Минэнерго за номером 001.

частицы, и возможных фазовых переходов в сжатой возбужденной материи, а также применение разработанных схем в различных динамических моделях, т. е. исследование эволюции резонансной материи и динамики фазовых переходов.

Модель диссоциации чармония в горячем газе мезона была исследована в сотрудничестве с Университетом Росток (Германия). Полученные результаты способствуют изучению столкновений тяжелых ионов в рамках модифицированной модели Глаубера и явления аномального  $J/\psi$ -подавления [24]. Результаты применимы для случая Pb–Pb-столкновений в экспериментах ЦЕРН.

Активное сотрудничество было продолжено с Германией в области компьютерной алгебры. Совместно с Техническим университетом (RWTH, Ахен), были разработаны два пакета программы «Мэйпл», называемые Involutive и Janet, реализующие оригинальные алгоритмы, разработанные в ЛИТ, для преобразования (приведения) систем нелинейных алгебраических уравнений и линейных PDE-систем, соответственно, в каноническую инволютную форму.

Совместно с университетом Greifswald был создан инструмент Invo в системе «Математика» для приведения нелинейных алгебраических и линейных дифференциальных систем к инволютному виду. Разработанное программное обеспечение позволяет пользователю экспериментировать с различными инволюционными разделами, генерирующими различные алгоритмические процедуры для приведения [21].

В 2001 г. продолжалось сотрудничество с Сольвеевским международным институтом физики и химии (Брюссель). На базе разработанных вычислительных инструментальных средств и методов, основанных на искусственных нейронных сетях и клеточных автоматах, проведен нелинейный анализ временного ряда, полученного при измерениях трафика на входе локальной сети среднего размера [25].

В 2001 г. проведен ряд работ в сотрудничестве с Сольвеевским международным институтом физики и химии (Брюссель) в области прикладных исследований:

- Опубликован обзор, посвященный вычислительным методам и инструментальным средствам для моделирования и анализа различных сложных процессов в физике, медицине, социальной динамике и природе [26].
- Исследована способность искусственных нейронных сетей восстанавливать дискретные хаотические отображения с сингулярными точками [27].
- Предложен новый подход к проблеме эффективного распределения ресурсов в различных типах экономических систем [28].

- Предложено использование эластичных нейронных сетей (ЭНС) для нахождения начальной оценки в автоматизированной процедуре локализации сейсмических событий. Преимущества ЭНС — это простота алгоритма, быстрая сходимость и высокая эффективность. Предложенный метод опробован на модельных сейсмических событиях [29].

В 2001 г. активно развивалось сотрудничество между ЛИТ и Институтом проблем радиационной физики и химии НАН Белоруссии. Важные результаты получены в области исследований по компьютерному моделированию и вычислениям в рамках проекта

подкритической сборки на МОХ-топливе и трансмутации ядерных отходов. Одна из опубликованных совместных работ [30] посвящена теоретическим исследованиям скорости трансмутации для ряда долгоживущих продуктов распада и слабых актинидов, а также нейтронным спектрам, которые формируются в подкритической сборке, управляемой пучками протонов с энергией 660 МэВ и нейтронов с энергией 14 МэВ. Главная цель исследования — сравнение нейтронного спектра в МОХ-сборке для различных внешних источников управления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ivanchenko I. M. et al.* // Scientific session МЕРPhI-2001. Proc. МЕРPhI «Computer Systems and Technologies». 2001. P. 32;  
*Aleyev A. N. et al.* JINR, D1-2001-98. Dubna, 2001 (submitted to the «European Physical Journal C»).
2. *Uzhinskii V.V. et al.* JINR Commun. P7-2001-168. Dubna, 2001.
3. *Ososkov G. et al.* JINR Commun. E11-2001-38. Dubna, 2001.
4. *Soloviev A. G.* JINR Commun. E10-2001-105. Dubna, 2001.
5. *Uzhinskii V. et al.* JINR Commun. E2-2001-119. Dubna, 2001.
6. *Akkerman K. et al.* // Phys. Rev. Lett. 2001. V. 86. P. 402.
7. *Ososkov G., Stadnik A.* //Advances in Neural Networks and Applications / Ed. N. Mastorakis. Athene, 2001. P. 304.
8. *Galoyan A. S. et al.* JINR Commun. E1-2001-68. Dubna, 2001.
9. *Karnaikhov V.M., Moroz V.I., Coca C.* JINR Commun. E1-2001-185. Dubna, 2001.
10. *Akishin P. G.* // Comp. Math. and Math. Phys. 2001. V. 41, No. 7. P. 1054.
11. *Goncharov L. N., Kostenko B. F., Philinova V. P.* JINR Preprint E14-2001-109. Dubna, 2001 (submitted to «Phys. Lett. A»).
12. *Dikoussar N. D.* JINR Preprint E10-2001-48. Dubna, 2001 (submitted to «Computer Physics Communications»).
13. *Bzmini S. A. et al.* JINR Preprint P2-2001-124. Dubna, 2001.
14. *Kholmurodov K. et al.* // Comp. Phys. Commun. 2001. V. 141. P. 1.;  
*Kholmurodov K. et al.* // J. Chem. Phys. 2001. V. 114, No. 21. P. 9578.
15. *Амирханов И. В. и др.* Сообщение ОИЯИ P11-2001-164. Дубна, 2001.
16. *Chuluunbaatar O., Puzynin I. V., Vinitsky S. I.* // J. of Phys. B: Atomic, Molecular and Optical Physics. 2001. V. 34. P. L425
17. *Chuluunbaatar O., Puzynin I. V., Vinitsky S. I.* JINR Preprint P11-2001-61. Dubna, 2001 (submitted to «JCMASE»).
18. *Соловьев В. Г., Сушков А. В., Шурикова Н. Ю.* // ЯФ. 2001. Т. 64. № 7. С. 1275.
19. *Gerdt V. P., Blinkov Yu. A., Yanovich D. A.* // Comp. Algebra in Scientific Computing (CASC'01);  
*Gerdt V. P., Blinkov Yu. A., Yanovich D. A.* // Progr. and Comp. Software. 2001. V. 27, No. 1. P. 22.
20. *Gerdt V. P.* To be published in «Progr. and Comp. Software». 2001;  
*Yanovich D. A.* To be published in «Progr. and Comp. Software». 2001.
21. *Berth M., Gerdt V. P.* // Proc. of the 3rd Intern. Workshop on Mathematica System in Teaching and Research, Siedlce, Poland, Sept. 5–8, 2001.
22. *Kornyak V. V.* // Comp. Algebra in Scientific Computing (CASC'01). Berlin: Springer-Verlag, 2001.;  
*Kornyak V. V.* // Programming. 2001. V. 27, No. 3. P. 142.
23. *Alverson G. et al.* Summary of the HEPVis'01 Workshop (CHEP 2001), Beijing, China, Sept. 3–7, 2001;  
*Fine V. et al.* // Phys. Rev. Lett. 2001. V. 86. P. 402;  
*Fine V. et al.* «Open Inventor» Viewer to Render ROOT 3D Objects // HEPVis'01 Workshop, Boston, USA, May, 2–5, 2001.
24. *Burau G., Blaschke D., Kalinovsky Yu.* // Phys. Lett. B. 2001. V. 506. P. 297.;  
*Blaschke D. et al.* // Int. J. Mod. Phys. A. 2001. V. 16. P. 2267.
25. *Akritas P. et al.* // Applied Non Linear Dynamics. From Semiconductors to Information Technologies: Book of abstr. Thessaloniki, Greece, Aug. 27–30, 2001. P. 18 (to be published in «Chaos, Solitons & Fractals»).
26. *Antoniou I., Ivanov V. V.* // Unconventional Models of Computation / Eds.: I. Antoniou, C. Calude, M. J. Dinneen, Springer-Verlag; London Limited, 2001. P. 10.
27. *Akishin P. G. et al.* // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2001. V. 6. P. 147.
28. *Antoniou I. et al.* // Physica A. 2001 (in press).
29. *Antoniou I., Ivanov V. V., Kisel I. V.* // Discrete Dynamics in Nature and Society. 2001 (in press).
30. *Barashenkov V. S. et al.* // Belarus NAS Journ., Physics and Technique series. 2001. No. 3. P. 150.