

ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКИ ЧАСТИЦ

Научная деятельность ЛФЧ в 2006 г. была сконцентрирована на проведении текущих и подготовке новых экспериментов в области физики элементар-

ных частиц, а также на разработке и исследовании детекторов частиц и различных ускорительных систем.

ТЕКУЩИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В 2006 г. после модернизации продолжалась эксплуатация коллайдера HERA. В ходе эксперимента **H1** были набраны данные с интегральной светимостью 150 пб^{-1} (350 пб^{-1} за период 2004–2006 гг.) во взаимодействиях протонов с энергией 920 ГэВ с продольно-поляризованными электронами/позитронами с энергией 27,5 ГэВ. Сотрудники Объединенного института, участвующие в эксперименте **H1**, внесли определяющий вклад в измерение дифракционной структурной функции F_2^D в процессах дифракционного глубоконеупругого рассеяния [1] и в процессах с образованием лидирующего протона [2].

Последние физические результаты коллаборации **H1** были представлены сотрудниками ОИЯИ на 33-й Международной конференции по физике высоких энергий ICHEP-06 [3]. Ученые ОИЯИ являются соавторами 10 статей, опубликованных коллаборацией **H1** в физических журналах в 2006 г. В рамках программы развития эксперимента **H1** группа специалистов ОИЯИ отвечает за модернизацию, установку и эксплуатацию спектрометра лидирующих протонов FPS, пропорциональной камеры ВРС и Plug-детектора.

Группа сотрудников Лаборатории физики частиц принимает участие в анализе данных, накопленных в эксперименте **HERMES**, а также осуществляет техническое обслуживание мини-дрейфовых вершинных камер. Ниже перечислены основные результаты, полученные в эксперименте **HERMES** в 2006 г.

— Измерения [4] поляризованных спин-зависимых структурных функций протона и дей-

трона $g_1(x, Q^2)$ в кинематическом интервале $0,0041 < x < 0,9$ и $0,18 < Q^2 < 20 \text{ ГэВ}^2$.

— Первые измерения [5] рождения пар адронов в глубоконеупругом рассеянии (ГНР) в ядерной среде.

— Измерения одиночных спиновых асимметрий [6] в полуинклюзивном рождении заряженных пионов в процессе глубоконеупругого рассеяния на поперечно- и продольно-поляризованных протонных мишенях.

В течение отчетного периода группа специалистов ЛФЧ производила техническую поддержку дрейфовых вершинных камер (DVC) во время сеансов набора данных в эксперименте **HERMES**. Камеры DVC были удалены из пучка во время остановки ускорителя, длившейся с ноября 2005 г. по январь 2006 г., после чего были установлены заново для набора данных в 2006–2007 гг. До настоящего момента камеры DVC работают стабильно.

В 2007 г. усилия группы ученых ЛФЧ ОИЯИ будут направлены на анализ полуинклюзивных поляризованных данных, полученных в 1996–2000 гг., с целью измерения распределений поляризованных кварков и их моментов в следующем за лидирующим порядке приближения КХД. Анализ основан на новом методе [7–11], требующем данных о разности и сумме пионных асимметрий. Полученные результаты были представлены на совещаниях коллаборации **HERMES** в марте и июле 2006 г.

После годичной остановки ускорителя SPS в 2005 г. в эксперименте **COMPASS** в 2006 г. возобновлен набор данных с использованием мюонного пучка, новой поляризованной мишени и усовершен-

ствованной установки. Сеанс 2006 г. продолжался с июня по ноябрь, участники от ОИЯИ провели более 200 восьмичасовых смен.

В состав усовершенствованной установки вошел так называемый RICH WALL — трековый детектор, установленный за счетчиком RICH, сооруженный с участием ОИЯИ (ЛЯП).

Продолжается анализ данных, зарегистрированных в 2002–2004 гг. Многие результаты доложены на международных конференциях (49 докладов, включая пять [12–16], представленных физиками ОИЯИ), опубликованы [17,18] и направлены в печать в конце 2006 г. [19, 20]. Состояние анализа по разным проблемам описано в 11 отчетах, 3 из которых подготовлены с участием ОИЯИ. Основные результаты 2006 г. представлены ниже.

Новые результаты измерения спиновой асимметрии $A_1^d(x, Q^2)$ и спин-зависимой структурной функции $g_1^d(x, Q^2)$ дейтрона в кинематической области $1 < Q^2 < 100 \text{ ГэВ}^2$ и $0,004 < x < 0,7$ ([21]) основаны на статистике, в $\sim 2,5$ раза превосходящей статистику, на основе которой получены опубликованные ранее результаты. Эти данные позволяют точно оценить структурную функцию $G_1^d(Q_0^2)$, а также синглетную аксиальную константу:

$$G_1^d(Q_0^2 = 3 \text{ ГэВ}^2) = 0,50 \pm 0,003(\text{стат.}) \pm 0,003(\text{эв.}) \pm 0,005(\text{сист.}),$$

$$a_0(Q_1^2 = 3 \text{ ГэВ}^2) = 0,35 \pm 0,03(\text{стат.}) \pm 0,05(\text{сист.}).$$

Новые данные для $g_1^d(x, Q^2)$, а также все имеющиеся в мире данные для протонов, дейтронов и нейтронов были проанализированы с использованием двух различных методов решения эволюционных уравнений КХД в следующем за лидирующим порядке приближения [21, 22]. Оба метода дали согласующиеся результаты — вклад глюонов в спин нуклона мал.

Прямое измерение поляризации глюонов в нуклоне, $\Delta G(x)/G(x)$, где $G(x)$ — распределение неполяризованных глюонов, могло бы помочь выбрать решение для ΔG . Имеющиеся данные приведены на рис. 1, включая три значения, измеренных в эксперименте COMPASS:

$\Delta G/G = -0,57 \pm 0,41 \pm 0,058$ — на основе анализа рождения очарованных частиц,

$\Delta G/G = 0,016 \pm 0,058 \pm 0,055$ — на основе анализа рождения адронных пар с большим p_T и $Q^2 < 1 \text{ ГэВ}^2$,

$\Delta G/G = 0,06 \pm 0,31 \pm 0,06$ — на основе анализа рождения адронных пар с большим p_T и $Q^2 > 1 \text{ ГэВ}^2$.

Наиболее точное из этих значений ближе к решению с $\Delta G > 0$, хотя оно всего на $1,3\sigma$ отстоит от $\Delta G < 0$. Требуется улучшение точности измерений.

В отличие от глюонов поляризация странных кварков почти идентична в обоих случаях. Соответствующий первый момент, усредненный по двум решениям при $Q_0^2 = 3 \text{ ГэВ}^2$, равен $(\Delta s + \Delta \bar{s}) = -0,10 \pm 0,01(\text{стат.}) \pm 0,01(\text{эв.})$, где последняя ошибка представляет разницу двух методов анализа.

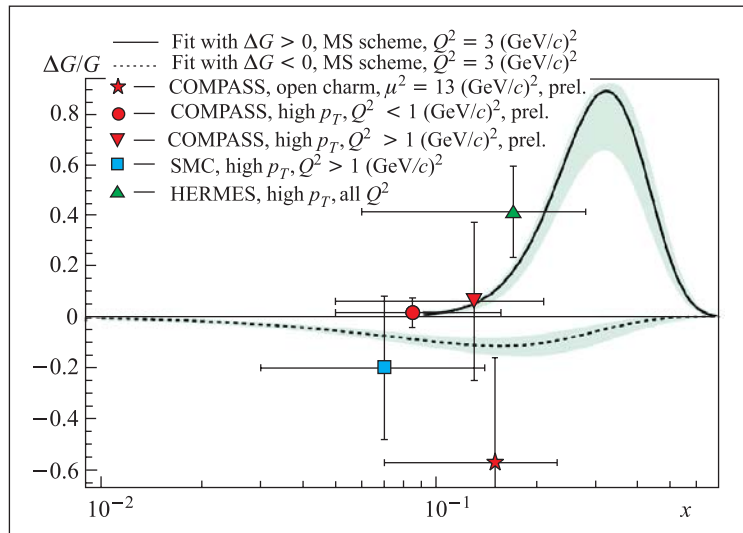


Рис. 1. Поляризация глюонов $\Delta G(x)/G(x)$ при $Q^2 = 3 \text{ ГэВ}^2$ для двух случаев: $\Delta G > 0$ (сплошная кривая) и $\Delta G < 0$ (пунктирная). Фоновые полосы соответствуют статистическим ошибкам

Анализ данных 2002 г. [23], полученных на поперечно-поляризованной дейтериевой мишени, показал, что так называемые коллинз- и сиверс-асимметрии в азимутальных распределениях адро-

нов, рожденных в полуинклюзивных ГНР-процессах, малы и согласуются с нулевыми значениями во всей области измеренных значений x и p_T . Эти результаты подтверждаются полными данными [18]

(см. рис. 2), полученными на статистике, которая в ~ 7 раз больше ранее использовавшейся. Наиболее вероятное объяснение этих результатов с учетом соответствующих измерений HERMES на протонной

мишени сводится к предположению, что на изоскалярной мишени COMPASS происходит компенсация асимметрий на протонах и нейтронах, что подтверждается теоретическим анализом [24].

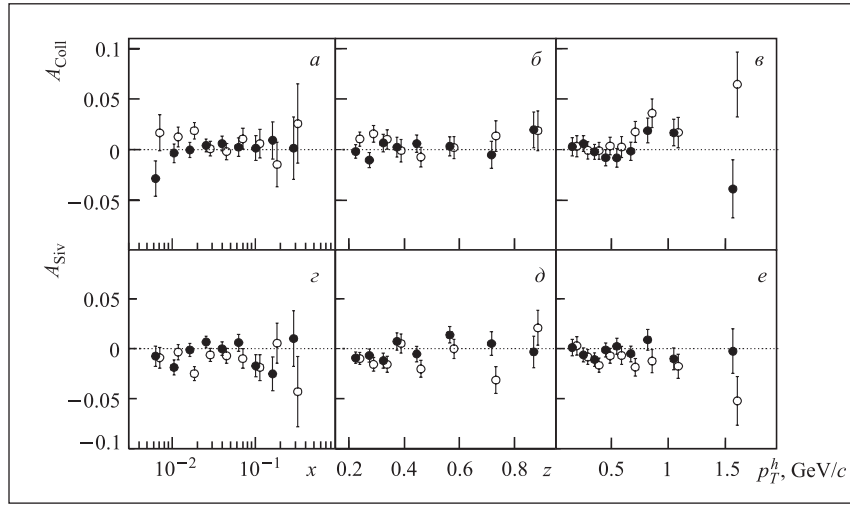


Рис. 2. Коллинз- (вверху) и сиверс- (внизу) асимметрии, по данным COMPASS за 2002–2004 гг., для всех положительных (●) и отрицательных (○) адронов как функции x , z и p_T^h . Ошибки статистические

Серия экспериментов **NA48**, **NA48/1**, **NA48/2**, выполняемых коллаборацией NA48, а также подготовка нового эксперимента в пучке K^+ (P326) направлены на поиск и точное измерение параметров прямого CP -нарушения в распадах каонов и на изучение редких распадов каонов и гиперонов. Главные цели экспериментов NA48 и NA48/1 уже достигнуты. Продолжающийся анализ данных нацелен на поиск и изучение редких распадов каонов с чувствительностью порядка 10^{-9} .

Основными целями эксперимента NA48/2 являются поиск CP -нарушающей зарядовой асимметрии в распадах $K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^\pm$ и $K^\pm \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^\pm$ с точностью, которая на порядок лучше по сравнению с существующими результатами, и измерение длины рассеяния $\pi\pi$, основного параметра теории χ РТ, с использованием более чем миллиона распадов K_{e4} (наибольшая в мире статистика). Данные были записаны в сеансах ускорителя SPS CERN в 2003–2004 гг. и анализировались в 2005–2006 гг.

Коллаборация приступила к подготовке новой программы P326 на SPS в CERN, посвященной изучению очень редкого распада заряженных каонов на пион и два нейтрино. В рамках этой программы ОИЯИ отвечает за разработку трекового детектора, основанного на технологии строу, работающего в вакууме.

Основные результаты, полученные в 2006 г. на основе данных **NA48/2**, накопленных в 2003–2004 гг.

• Окончательный результат по измерению асимметрии распадов $K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^\pm$ на основе данных, зарегистрированных в 2003 г.: $A_g^c = (1,7 \pm 2,1_{\text{стат.}} \pm$

$1,4_{\text{стат. (триг.)}} \pm 1,4_{\text{сист.}}) \cdot 10^{-4} = (1,7 \pm 2,9) \cdot 10^{-4}$ [25]. Этот результат сравним по величине с предсказаниями Стандартной модели и уже имеет на порядок величины лучшую точность по сравнению с предыдущими измерениями такого рода. Предварительный результат по этой асимметрии на основе объединенных данных, зарегистрированных в сеансах 2003–2004 гг.: $A_g^c = (-1,3 \pm 1,5_{\text{стат.}} \pm 0,9_{\text{триг. (стат.)}} \pm 1,4_{\text{сист.}}) \times 10^{-4} = (-1,3 \pm 2,3) \cdot 10^{-4}$, был впервые представлен сотрудником ОИЯИ [26] и опубликован как сообщение ОИЯИ [27].

• Предварительный результат по измерению асимметрии в «нейтральной» моде распада $K^\pm \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^\pm$ на основе данных 2003 г.: $A_g^0 = (1,8 \pm 2,2_{\text{стат.}} \pm 1,0_{\text{триг. (стат.)}} \pm 0,8_{\text{сист.}} \pm 0,2_{\text{экт.}}) \cdot 10^{-4} = (-1,8 \pm 2,6) \cdot 10^{-4}$ [28]. Этот результат не показывает CP -нарушения на уровне точности $< 3 \cdot 10^{-4}$, что на порядок величины лучше точности, достигнутой в других экспериментах. Предварительный и более точный результат уже получен с использованием большей статистики, собранной в 2004 г.; он представлен сотрудником ОИЯИ С. Балевым на 33-й Рочестерской конференции в Москве.

• Аномалия (эффект «острия») в распределении инвариантной массы $\pi^0\pi^0$ (M_{00}) вблизи порога $M_{00} = 2m_+$ (m_+ — масса заряженного пиона), никогда не наблюдавшаяся ранее, была обнаружена и изучена на основе анализа части имеющихся данных — $2,3 \cdot 10^7$ распадов $K^\pm \rightarrow \pi^0\pi^0\pi^\pm$ [29]. Эта аномалия с высокой надежностью интерпретирована как эффект, вызванный в основном рассеянием с зарядовым обменом в конечном состо-

янии $\pi^+\pi^- \rightarrow \pi^0\pi^0$ в распаде $K^\pm \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^\pm$. Это позволяет выполнить точное измерение величины $(a_0 - a_2)$ — разницы между длинами рассеяния $\pi\pi$ в изоспиновых состояниях с $I = 0$ и $I = 2$. Фитирование для модели перерассеяния, поправленной с учетом нарушения изоспиновой симметрии, дает $(a_0 - a_2)m_+ = 0,268 \pm 0,010_{\text{стат.}} \pm 0,004_{\text{сист.}}$ с дополнительной внешней неопределенностью $\pm 0,013$, связанной с ошибкой относительной вероятности распада и с теоретическими неопределенностями. Если учесть корреляцию между a_0 и a_2 , предсказанную киральной симметрией, получается результат $(a_0 - a_2)m_+ = 0,264 \pm 0,006_{\text{стат.}} \pm 0,004_{\text{сист.}} \pm 0,013$.

Специалисты из ОИЯИ сыграли лидирующую роль при анализе асимметрии $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$, анализе асимметрии $K^\pm \rightarrow \pi^\pm\pi^0\pi^0$, выполнили второй анализ (с более детальным моделированием методом Монте-Карло) эффекта «острия», внесли существенный вклад в изучение полуплептонных распадов каонов. Группа из ОИЯИ несла полную ответственность за доработку программы моделирования и ее настройку в соответствии с меняющимися в ходе сеанса условиями эксперимента, за поддержку и доработку основной программы анализа данных («comp-rast»), а также участвовала в подготовке нового проекта: разработке детектора с высоким разрешением на основе технологии стру, работающего в вакууме.

Полученные результаты представлены на многих международных конференциях, в том числе 6 докладов были сделаны от имени коллаборации представителями группы ученых ОИЯИ [25, 30–31].

Специалисты ЛФЧ принимают участие в экспериментах на 4π -детекторе STAR, расположенном на коллайдере RHIC в Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL). В течение отчетного периода группа из ЛФЧ выполнила следующие работы по теме.

1. Завершены работы над статьей «Зависимость подавления выхода электронов с большим попереч-

ным импульсом в $(p + p)$ -, $(d + Au)$ -, $(Au + Au)$ -соударениях при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ от поперечного импульса и центральности соударения», статья отправлена в Phys. Rev. Letters [32].

2. Получены экспериментальные спектры выхода инклюзивных фотонов в $(Au + Au)$ -соударениях при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ методом конверсии на газе STAR TPC, продолжается работа по получению сечений выхода прямых фотонов в $(Au + Au)$ -соударениях при энергиях, доступных на коллайдере RHIC.

3. Совместно с Калифорнийским университетом (Лос-Анджелес, США) и Институтом современной физики (Ланьчжоу, Китай) было подано предложение по изучению мягких прямых фотонов с помощью кристаллического детектора (специализированного калориметра CRD) на установке STAR BNL. Была проделана предварительная работа по изучению технических возможностей построения данного детектора и его работы в составе детектора STAR. Также были сделаны оценки фона, сечений выхода фотонов и эффективности работы на основе проведенного полного моделирования системы CRD в центральных $(Au + Au)$ -соударениях.

4. Группа сотрудников ЛФЧ участвовала в работе по развитию программного обеспечения коллаборации STAR, в частности, в разработке новых компонентов для проекта «Open Science Grid».

5. Проведена разработка кода C++ для анализа данных эксперимента STAR с помощью корреляторов. Получены первые результаты для $(Cu + Cu)$ -соударений при энергии $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ.

6. Подготовлен для публикации ряд статей: «Neutral Kaon Interferometry in Au + Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV» [33], «Proton-lambda Correlations in Central Au + Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV» [34], «Correlation Femtoscopy» [35], «Femtoscopy Theory» [36], «Evolution of Observables in a Numerical Kinetic Model» [37], «A Fast Hadron Freeze-out Generator» [38].

ПОДГОТОВКА НОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

ОИЯИ участвует в проекте CMS в рамках коллаборации России и стран-участниц ОИЯИ (RDMS). Основные усилия ОИЯИ в проекте CMS направлены на создание внутренних торцевых детекторов CMS. RDMS несет также полную ответственность за адронные торцевые калориметры (HE) и первые передние мюонные станции (ME1/1). ОИЯИ участвует и в проекте Endcap Preshower (ES). Летом 2006 г. было впервые закрыто ярмо магнита, а ток в обмотках увеличен для достижения проектной величины

магнитного поля 4 Тл. Группа из ОИЯИ приняла участие в тестировании полного детектора CMS с космическими лучами в магнитном поле в экспериментальном зале на поверхности (MTCC), для которого был оборудован системами триггера, съема и записи данных сегмент с угловым размером 60° . Вторая стадия теста с космическими лучами и измерение карты поля были завершены в октябре. Размещение детекторов в подземном экспериментальном зале началось в ноябре 2006 г. с целью подготовки к

пилотному запуску ЛНС, намеченному на 1 сентября 2007 г. Кроме ввода в действие детекторов специализированной ОИЯИ активно участвуют в разработке долгосрочной физической программы для следующих подсистем CMS: физика, реконструкция и отбор событий (подсистема PRS), компьютеринг и базовое программное обеспечение (подсистема CCS).

Основные обязательства ОИЯИ по созданию адронных торцевых калориметров выполнены. В сотрудничестве с ИФВЭ (Протвино), НЦ ФВЭЧ (Минск), НИКИЭТ (Москва), заводом МЗОР (Минск), «Монокристаллом» и ННЦ ХФТИ (Харьков) оба детектора доставлены в ЦЕРН, оборудованы электроникой, собраны и протестированы. В работы по созданию калориметров были вовлечены предприятия России и стран-участниц ОИЯИ: «Красный выборжец» и «Ижорские заводы» в Санкт-Петербурге, завод им. Октябрьской революции в Минске, Институт кристаллов в Харькове и другие. В частности, в НИКИЭТ (Москва) совместно с предприятиями Санкт-Петербурга была разработана технология производства латуни для абсорберов калориметра из артиллерийских гильз. В 2006 г. оба калориметра были откалиброваны в отсутствие магнитного поля с помощью светодиодов, лазера и радиоактивного источника. Результаты калибровки демонстрируют стабильность и хорошие временные характеристики. Среднеквадратичное отклонение сигналов с тайлов в пределах одного канала считывания составляет около 10%. Были получены коэффициенты выравнивания для каждого канала. Во время МТСС работали четыре сектора HE+. С целью калибровки в магнитном поле был проведен набор данных с космическими мюонами и радиоактивным источником. Исследование влияния поля на характеристики сцинтиллятора планируется в ходе второй стадии МТСС. Анализ данных продолжается. Спуск HE+ в шахту осуществлен в конце 2006 г.

Обязательства ОИЯИ по созданию пропорциональных камер для мюонных станций ME1/1 также выполнены. Все катодные стриповые камеры ME1/1 (включая запасные) доставлены в ЦЕРН, установлены и протестированы. Все камеры тестировались после транспортировки, перед установкой и после нее. Ввод в действие пропорциональных камер в наземном зале SX5 без магнитного поля практически завершен. Во время МТСС работала группа из шести камер, проведен комбинированный тест HE и ME1/1. Во время второй стадии МТСС собраны данные с целью изучения эффектов магнитного поля в ME1/1 и HE и совместной работы двух соседних детекторов как части CMS с окончательной конфигурацией триггера и системы сбора данных. В конце 2006 г. в сотрудничестве с НИИМВ (Зеленоград) закончено производство радиационно-стойких кремниевых детекторов размером (63 × 63) мм (за счет России). Часть произведенных детекторов была протестирована на радиационную устойчивость на ИБР-2. Была

разработана и установлена в ЦЕРНе база данных о детекторах, что необходимо для работы с результатами измерений. В региональном центре ОИЯИ начата сборка детекторных модулей. Основные усилия физиков ОИЯИ в проекте CMS в 2006 г. были направлены на развитие физической программы и подготовку физического раздела технического проекта TDR. Внесен большой вклад в калибровку адронных торцевых калориметров, разработку базового программного обеспечения, программы реконструкции мюона и струи, анализ данных тестового сеанса и развитие сценариев обработки и анализа данных. Особый интерес для группы ОИЯИ представляет программа по изучению процессов с тяжелыми парами мюонов, которая является неотъемлемой частью физической программы CMS.

Ниже перечислены основные результаты, полученные группой ОИЯИ, основанные на полном моделировании и реконструкции с учетом возможных систематических эффектов.

— Проведено детальное исследование возможностей CMS по регистрации и реконструкции димюонных пар.

— Разработаны первые реалистичные сценарии неточной геометрической юстировки, рассматривающие взаимную юстировку трековых детекторов CMS (трекера и мюонной системы). Контроль геометрической юстировки выполняется на уровне реконструкции (программы ORCA), что позволяет использовать для исследований эффектов, вызванных неточной юстировкой, существующие наборы данных.

— Проводится анализ экспериментальных данных, полученных в ходе комбинированного пучкового теста HE-ME.

— Исследован потенциал эксперимента CMS для измерения сечения и асимметрии вперед–назад для димюонных пар вплоть до самых больших масс, которые будут доступны на ЛНС, и проведения тестов в области очень большой передачи импульса в новом диапазоне энергий. Были оценены полные относительные систематические ошибки для сечения рождения пар Дрелла–Яна.

— Исследован распад гравитона Рэндалл–Сандрума.

— Выполнен анализ потенциала CMS для наблюдения сигнала от виртуальных гравитонов ADD в димюонном канале. Вычислена фундаментальная планковская шкала, достижимая на CMS, в зависимости от интегральной светимости. Учтены неопределенности, связанные с геометрической юстировкой, триггером, партонами распределениями (PDF), ошибкой шкалы КХД, электрослабыми и КХД-поправками.

— Разработана процедура оценки энергетической шкалы струй с использованием прямых фотонов в событиях $\gamma + \text{струя}$. Изучены систематические отклонения энергетической шкалы, получаемые с использованием этой техники. Показано, что процесс

γ -струя может обеспечить статистику, достаточную для калибровки, до энергий $E_T^{\text{jet}} \approx 1000$ ГэВ.

Все эти результаты были включены в физический раздел TDR, опубликованы в 17 внутренних публикациях CMS, а также в журналах. Результаты были представлены в 17 докладах на 11-м ежегодном совещании RDMS CMS в Варне 12–18 сентября 2006 г. и в трех докладах на конференции ICHEP-2006 в Москве.

Продолжалось развитие регионального центра RDMS на основе технологии GRID (LCG). В ЛИТ ОИЯИ было установлено новое программное обеспечение CMS. Протестированы модель данных CMS, операции по работе с данными и система запуска задач. Были закончены работы, нацеленные на развитие системы управления данными ЦЕРН–ОИЯИ для магнитного теста, космического теста и базы данных. Проведена проверка цепи преобразования данных Tier-0 \rightarrow Tier-1 \rightarrow Tier-2. Соответствующие ссылки на деятельность ЛФЧ приведены в [39–44].

Согласно обязательствам ОИЯИ по эксперименту ATLAS, который находится в стадии подготовки в ЦЕРН, ЛФЧ участвует в создании жидкоаргонного адронного торцевого калориметра (LArHEC) и трекера переходного излучения (TRT).

На протонном пучке с энергией 70 ГэВ в Протвино начаты исследования возможности использования модулей LArHEC для планируемой программы LHC с высокой интенсивностью. Было протестировано и установлено оборудование для этих исследований. Первый сеанс был проведен в декабре 2006 г.

Продолжается работа над программным обеспечением с целью начать анализ возможности регистрации реакции совместного рождения бозона Хиггса и топ-кварка с помощью моделирования методом Монте-Карло [45, 46]. Продолжается анализ результатов измерений характеристик LArHEC.

Были протестированы последние три 8-слойных детектора EC TRT, созданных в ОИЯИ. Физики ЛФЧ участвовали в установке LArHEC и баррельной части TRT/STC-детектора ATLAS. Устанавливаются сервисные системы. Изучены временные и амплитудные характеристики строу-трубок с целью оптимизации «мертвого» времени в условиях высокой загрузки. Установка и тестирование TRT будут закончены в 2007 г. [47–48].

В эксперименте NIS на нуклотроне ОИЯИ будут проводиться исследования эффектов скрытой поляризованной странности нуклонов. В 2006 г. работы по проекту NIS шли в двух основных направлениях:

- 1) разработка программного обеспечения (онлайн и оффлайн);
- 2) создание и развитие аппаратурной базы (включая производство электроники).

Были выполнены следующие работы.

- Разработаны новые модули для моделирования по методу Монте-Карло; включена карта поля как стандартный элемент программ.

- Созданы новые программные модули реконструкции событий: разработаны и проверены алгоритмы реконструкции треков и определения импульсов/углов; созданы соответствующие программные модули; эти модули включены в состав программного обеспечения.

- С использованием новых модулей реконструкции и генерации событий обновлены оценки ожидаемых характеристик установки, включая реконструкцию вершин распада/взаимодействия.

Результаты этих работ были доложены на XVIII Международном Балдинском семинаре по проблемам физики высоких энергий «Релятивистская ядерная физика и квантовая хромодинамика», ОИЯИ, Дубна, 25–30 сентября 2006 г., и будут опубликованы в его трудах. Они обсуждались также на Рабочем совещании по проекту NIS, проходившем в ЛФЧ 1–2 ноября 2006 г.

Было разработано новое программное обеспечение для онлайн-работы; оно использовалось в декабрьском сеансе 2006 г. во время подготовки установки к работе на выведенном пучке нуклотрона.

Для развития детекторов установки было сделано следующее.

— Два сеанса на пучке нуклотрона состоялись осенью 2006 г.: в октябре и декабре. В обоих сеансах оборудование и детекторы NIS работали интегрированно с детекторами ГИБС; система сбора данных NIS использовалась для съема данных объединенной установки. Главная цель октябрьского сеанса была достигнута, но декабрьский сеанс не был успешным, так как требуемый пучок ${}^6\text{Li}$ не был получен.

— Завершено изготовление жидководородной мишени (длиной 10 см, 3 см в диаметре). Заканчивается (в мастерских ЛФЧ) изготовление юстировочной подставки для мишени. Установка мишени с подставкой на предусмотренном в корп. 205 месте закончена в январе 2007 г.

— Времяпролетные детекторы (RPC, 50 модулей) проверены и исследованы на стенде с помощью космических лучей; исследованы и найдены оптимальные режимы работы детекторов. Две «стенки» RPC смонтированы в установке. Изготовлена часть регистрирующей электроники (модули TQDC). Укомплектована часть высоковольтных разъемов и часть системы высоковольтного (7 кВ) питания. Но комплектация всей системы не завершена из-за недостатка финансирования (необходимы высоковольтные ячейки, кабельная часть высоковольтных разъемов). Пропорциональные камеры и их регистрирующая электроника были подготовлены к сеансам конца 2006 г. и использованы в октябрьском сеансе.

— Производство мини-дрейфовой камеры (MDC, газовый контейнер) ведется в ОП ОИЯИ; оно началось после задержки в первом полугодии 2006 г., вызванной отсутствием финансирования. Ожидается, что в первой половине 2007 г. камера будет готова

к испытаниям на пучке. Система высоковольтного питания создана и готова к работе. Карты для преусилителей переконфигурированы и приготовлены к производству. Необходимые для МДС модули ТДС изготовлены в количестве, достаточном для проведения испытаний.

— Продолжались методические работы по стартовому детектору времяпролетной системы; во время сеансов были проведены испытания прототипов этого детектора.

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В ЛФЧ совместно с АВ-RF CERN (Отделом высокочастотных систем для ускорителей ЦЕРН) ведутся работы по созданию системы подавления (СП) поперечных когерентных колебаний пучка в ЛНС (LHC Damper). Она предназначена для предотвращения поперечных неустойчивостей и демпфирования остаточных колебаний пучка после инжекции, а также для возбуждения поперечных колебаний частиц при измерениях параметров пучка. Система подавления поперечных когерентных колебаний пучка в ЛНС включена в перечень оборудования, которое должно функционировать уже при первой инжекции частиц в коллайдер. Обязательством ОИЯИ в рамках соглашений ЦЕРН–Россия–ОИЯИ являются работы по проектированию и созданию 20 дефлекторов и 20 мощных широкополосных усилителей для СП на ЛНС. Все проектные работы по созданию дефлекторов и усилителей успешно завершены в ЛФЧ и аттестованы в ЦЕРН.

20 вакуумных камер и электродных структур для дефлекторов с подставками и юстировочными приспособлениями были изготовлены на российских предприятиях и в производственных подразделениях ОИЯИ в 2004–2005 гг. После проведения необходимых процедур по подготовке всех компонентов дефлекторов к высоковакуумным работам специалистами ЛФЧ совместно с ЦЕРН в марте 2006 г. был осуществлен монтаж дефлекторов. Необходимые высоковакуумные тесты 8 пар дефлекторов выполнены в ЦЕРН в апреле–мае 2006 г. Измеренные давления находятся в диапазоне от $2,0 \cdot 10^{-10}$ Тор до $1,7 \cdot 10^{-9}$ Тор и превосходят ожидаемый уровень $2 \cdot 10^{-9}$ Тор. Эти 8 пар дефлекторов установлены в тоннеле ЛНС в августе–сентябре 2006 г.

Мощный широкополосный усилитель спроектирован и изготовлен в ЛФЧ совместно с АВ-RF CERN. Испытания усилителя выполнены в июне–августе 2006 г. на специализированном стенде ЛФЧ. Амплитуда напряжения на пластинах дефлектора составляла $\pm 7,5$ кВ, что соответствует проектным значениям. Результаты полномасштабных тестов мощного широкополосного усилителя полностью соответствуют проектным спецификациям.

— Испытан, введен в эксплуатацию и использовался во время сеансов пучковый профилометр для станции перед мишенью.

— Создана система сбора данных; разработан и изготовлен триггерный модуль. Система была испытана во время подготовки к сеансам и использовалась на пучке. Вся DAQ-электроника, равно как и электроника для времяпролетной системы и МДС, была разработана и изготовлена. Создано необходимое программное обеспечение.

Серийное изготовление и предварительный монтаж мощных широкополосных усилителей завершён в ЛФЧ в ноябре 2006 г. Окончательная сборка 16 усилителей осуществлена специалистами ОИЯИ совместно с ЦЕРН в ноябре–декабре 2006 г. Эти мощные усилители вместе с предусилителями и высоковольтными источниками питания испытаны в ЦЕРН (декабрь 2006 г.) и подготовлены к установке в тоннеле ЛНС. 4 мощных усилителя будут смонтированы и испытаны в 2007 г. Эти 4 усилителя вместе с четырьмя дефлекторами будут использоваться в качестве запасного комплекта оборудования.

Продолжаются теоретические исследования систем подавления поперечных когерентных колебаний пучка в современных синхротронах [49]. Подготовлено предложение по системе подавления поперечных когерентных колебаний пучка в проектируемом синхротроне SIS100 в рамках международного проекта FAIR, которое было представлено на 10-й Европейской конференции по ускорителям заряженных частиц [50].

Планируется, что специалисты ЛФЧ будут участвовать в работах по запуску системы подавления поперечных когерентных колебаний пучка ЛНС и исследованиях динамики частиц с целью получения предельных параметров пучка в коллайдере.

В рамках проекта CLIC группа специалистов ЛФЧ участвует в разработке микроволнового устройства, предназначенного для экспериментального определения времени жизни ускоряющих структур для электрон-позитронного коллайдера с импульсным циклическим нагревом при частоте 30 ГГц, рабочей частоте коллайдера.

Основные результаты, полученные в 2006 г., приведены ниже.

На основе МСЭ-генератора с брэгговским резонатором в ЛФЧ создан экспериментальный стенд для определения ресурса ускоряющих структур коллайдера CLIC по отношению к импульсным циклическим воздействиям на частоте 30 ГГц.

Во время сеанса (конец 2005 г. – начало 2006 г.) на стенде при работе с тестовым резонатором (с рабочей нагрузкой) была накоплена информация о 10^5

импульсах в соответствии с требованиями второго этапа Соглашения с ЦЕРН.

По итогам проведенного сеанса можно сделать следующие выводы.

— Осуществлена запитка тестового резонатора от мощного импульсного МСЭ-генератора на частоте 30 ГГц.

— Нагрев рабочей области тестового резонатора (ОТР) составил 45 °С за импульс. При наборе статистики согласно третьему этапу соглашения нужно обеспечить импульсный нагрев ОТР около 120 °С в каждом импульсе. Полученный в сеансе результат привел к внесению изменений в конструкцию тестового резонатора для обеспечения требуемого нагрева ОТР. Резонатор новой конструкции позволяет получить нагрев ОТР в 120 °С без коррекции выходного импульса МСЭ-генератора. Рабочий комплект узлов тестового резонатора из материала заказчика будет изготовлен в ЦЕРН. В лаборатории уже изготовлен такой же резонатор для подготовки и проведения контрольных измерений.

— В ходе экспериментов по запуску и наладке стенда было выявлено несколько технических и физических проблем, которые не были отражены в соглашении:

- отражения от рабочей нагрузки сильно влияют на режим работы генератора (вплоть до полного срыва генерации);

- СВЧ-пробои на различных участках стенда зарегистрированы при уровне мощности 0,3–0,5 % от номинальной;

- расщепление рабочей моды генератора приводило к отражению СВЧ-мощности от тестового резонатора.

Проблемы отражений и пробоев потребовали проведения трехмерного численного моделирования задачи, целого комплекса «холодных» измерений и пучковых экспериментов. В конечном итоге они привели к радикальным переделкам почти всех элементов стенда. В настоящее время найдено приемлемое решение практически всех проблем этого типа.

При выполнении соглашения экспериментально был обнаружен неизвестный ранее эффект расщепления рабочей частоты генератора на две с отстройкой от основной частоты около 0,1 %. Из-за такого расщепления частоты до 70 % импульсов могут оказаться непригодными для запитки тестового резонатора. Однозначного объяснения этого эффекта пока нет. К настоящему времени в экспериментах на стенде проводится проверка новых решений, найденных путем численного моделирования, для устранения этого эффекта.

Продолжались исследования МСЭ в субмиллиметровом диапазоне. Проведены первые эксперименты по наладке трехволновой схемы МСЭ-генератора, предложенной в ИПФ РАН (Нижний Новгород).

РАЗВИТИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Проект **F-cluster** посвящен развитию информационной и компьютерной инфраструктуры ЛФЧ как основного инструмента моделирования и анализа данных для действующих экспериментов по физике частиц и ядерной физике, в которых участвуют физики ОИЯИ. В рамках проекта продолжалось развитие вычислительного кластера ЛФЧ–ЛВЭ [51]. В 2006 г. общая производительность компьютеров кластера составила около 60К SI2K, а количество компьютеров — 34. В настоящее время на машинах кластера возможно одновременное выполнение до 94 задач. В соответствии с запросом участников эксперимента ATLAS 8 компьютеров имеют объем оперативной памяти, равный 1 ГБ или более. Для контроля всех компьютеров с помощью одной консоли используются шесть CPU-свитчей KVM Master View 9138 (в сумме 48 портов). Свободное дисковое пространство для каждого пользователя увеличено до 75 ГБ. Основная часть дискового пространства организована в виде контроллеров RAID5:

- 3ware7500 с дисками Seagate 80 ГБ IDE;
- 3ware8500 с дисками Seagate 200 ГБ IDE;
- 3ware9500S с дисками Seagate 400 ГБ SATA.

Остальная часть дисков организована в виде RAID1 и состоит из 6 дисков Seagate 750 ГБ SATA.

Была введена в эксплуатацию новая система кондиционирования воздуха в зале. Начато использование в лаборатории IP-телефонии. На машинах установлена новая операционная система Scientific Linux CERN 3 (SLC3), заменившая Red Hat Linux 7.3. Совместно с экспертами из ЛЯП было установлено новое программное обеспечение для проекта OKAPI, в частности GEANT4.

В лаборатории были внедрены новые службы организации научной работы и управления документооборотом [52]. Текущее состояние компьютеринга в Объединенном институте требует продолжения работ по проекту, так как существующие вычислительные ресурсы недостаточны для поддержки действующих экспериментов (NA48, COMPASS, STAR). Более того, опыт, полученный во время работы над проектом, показывает, что для будущих экспериментов (OKAPI, CMS, ATLAS и др.) будет наиболее эффективным использование сетевой инфраструктуры Лаборатории физики частиц совместно с вычислительными возможностями и дисковыми серверами кластера ЛФЧ–ЛВЭ. Для увеличения этих возможностей необходимо продление проекта с выделением ресурсов, запрошенных на его реализацию в начале работ.

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В рамках программы по созданию инновационного пояса ОИЯИ ЛФЧ участвует в развитии проекта «Применение методов ядерной физики для идентификации сложных химических соединений». Основная задача проекта — развитие методов идентификации сложных химических соединений путем измерения спектра γ -квантов, испускаемых при облучении мишени быстрыми нейтронами. Нейтроны рождаются в реакции $d + t \rightarrow \alpha + n$, а γ -кванты регистрируются при совпадении по времени с рожденными α -частицами. Для каждого события измеряются координаты и время регистрации α -частиц в α -детекторе, а также амплитуды и время регистрации γ -квантов в γ -детекторе. Эта информация позволяет найти трехмерные координаты объектов внутри исследуемого объема. Будут выполнены исследования различных детекторов для регистрации α - и γ -частиц, созданы системы сбора и анализа данных, проведено моделирование взаимодействий нейтронов и γ -квантов в исследуемом объеме с целью оптимизации детектора, построены прототипы детектора для идентификации скрытых веществ.

В 2006 г. продолжались эксперименты, посвященные изучению свойств прототипа устройства для неразрушающей идентификации веществ, основанного на технике визуализации с помощью ассоциированной частицы (API). Эта техника дает возможность получения трехмерного изображения и идентификации объектов, спрятанных в контейнерах или почве. Исследования методики API ведутся в Лос-Аламосской национальной лаборатории [53], Аргоннской национальной лаборатории [54], Лаборатории специальных технологий (Бектел, Невада) [55], ИНФН (Италия) [56], ОИЯИ [57–60] и в других лабораториях.

Техника API использует быстрые монохроматические нейтроны с энергией 14,1 МэВ, рожденные в двухчастичной реакции $d + t \rightarrow {}^4\text{He} + n$. В этой реакции α -частица с энергией 3,5 МэВ летит в направлении, противоположном направлению нейтрона (в с. п. м.). Измерение траектории α -частицы позволяет определить направление соответствующего нейтрона. Такие меченые нейтроны взаимодействуют с исследуемым объектом и могут вызвать рождение γ -квантов посредством реакции $A(n, \gamma)A'$. Энергетический спектр γ -квантов уникален для каждого химического элемента, содержащегося в объекте, поэтому характеристические спектры γ -квантов могут служить для идентификации скрытого вещества. Ключевой особенностью метода API является измерение разницы во времени пролета между α -частицей и γ -квантом. Она позволяет определить расстояние, пройденное нейтроном до неупругого рассеяния на ядре исследуемого объекта. Таким образом, возможно измерение спек-

тра γ -квантов от определенных точек в пространстве, что способствует значительному подавлению фона. Большая величина отношения сигнала к фону, обеспечиваемая методом API, существенно упрощает идентификацию скрытых веществ. Уникальное преимущество метода состоит в получении трехмерной картины скрытого объекта. Использование быстрых нейтронов с энергией 14 МэВ существенно увеличивает глубину проникновения при исследовании объектов. Важной особенностью метода является его высокая чувствительность к химическому составу веществ.

В 2005 г. были завершены лабораторные тесты стационарной системы обнаружения взрывчатых веществ, спрятанных в контейнеры малого и среднего размера, (600 × 600 × 600) мм. Система включает в себя нейтронный генератор и 9-пиксельный кремниевый α -детектор. Она позволяет работать с 9 пучками меченых нейтронов. Спектры γ -квантов измеряются двумя γ -детекторами ВГО. Электроника системы сбора данных рассчитана на 16 α - или γ -каналов. Программное обеспечение, ответственное за принятие решения и обеспечивающее идентификацию скрытых веществ, основано на методе нейронных сетей. Стационарная система успешно прошла проверки, и ее экспериментальная эксплуатация начинается в центре разминирования. Еще одна система создается для Федеральной службы доставки. Эта система нацелена на поиск наркотиков, взрывчатых и других незаконно транспортируемых веществ. Ее эксплуатация начнется в 2007 г. Некоторые результаты работы опубликованы в [61].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *H1 Collab.* Measurement and QCD Analysis of the Diffractive Deep-Inelastic Scattering Cross Section at HERA. DESY-06-049; hep-ex/0606004; Eur. Phys. J. C (submitted).
2. *H1 Collab.* Diffractive Deep-Inelastic Scattering with a Leading Proton at HERA. DESY-06-048; hep-ex/0606003; Eur. Phys. J. C (submitted).
3. *Kapishin M.* Diffractive Dijet and Open Charm Production at HERA. Talk Presented on Behalf of the H1 and ZEUS Collab. at the 33rd Intern. Conf. on High Energy Physics «ICHEP-06», Moscow, Russia, July 26 – August 2, 2006.
4. *Airapetian A. et al.* // Phys. Rev. D (in press); hep-ex/0609039; DESY-06-142.
5. *Airapetian A. et al.* // Phys. Rev. Lett. 2006. V. 96. P. 162301; hep-ex/0510030; DESY-05-205.
6. *Airapetian A. et al.* // Phys. Lett. B. 2005. V. 622. P. 14–22; hep-ex/0505042; DESY-05-072.
7. *Sissakian A. N., Shevchenko O. Yu., Ivanov O. N.* NLO Procedure of the SIDIS Data Analysed with Respect to

- Light Sea Quark Polarized Distributions // Phys. Rev. D. 2003. V. 68. P. 031502 .
8. *Sissakian A. N., Shevchenko O. Yu., Ivanov O. N.* An Approach to NLO QCD Analysis of the Semi-Inclusive DIS Data with Modified Jacobi Polynomial Expansion Method // JETP Lett. 2005. V. 82. P. 53; Pisma Zh. Eksp. Teor. Fiz. 2005. V. 82. P. 57.
 9. *Shevchenko O. Yu.* NLO QCD Procedure of the SIDIS Data Analysis. Talk on the HERMES Seminar, December 8, 2004.
 10. *Ivanov O.* Numerical Tests of the Proposed NLO QCD Procedure. Talk on the HERMES Seminar, December 8, 2004.
 11. *Nagaytsev A.* Remarks on the NLO Procedure of SIDIS Analysis. Talk on the HERMES Seminar, December 8, 2004.
 12. *Korzenev A.* Spin Structure Functions of Deuteron from COMPASS // Proc. of the 4th Intern. Conf. of Quarks and Nuclear Physics (QNP06).
 13. *Guskov A.* Measurement of the Pion Polarizabilities at COMPASS // Proc. of the 33rd Intern. Conf. on High Energy Physics «ICHEP-06», Moscow, Russia, July 26 – August 2, 2006.
 14. *Kouznetsov O.* Delta G. // Proc. of the 33rd Intern. Conf. on High Energy Physics «ICHEP-06», Moscow, Russia, July 26 – August 2, 2006.
 15. *Sapozhnikov M. G.* Longitudinal Polarization of Lambda and Lambda-bar Hyperons in Deep-Inelastic Scattering at COMPASS // The 17th Intern. Spin Physics Symp. (SPIN06), Kyoto, 2006.
 16. *Savin I.* The QCD Analysis of the World Data on Structure Functions $g_1^{p,d,n}$ for Proton, Deuteron, and Neutron // The 17th Intern. Spin Physics Symp. (SPIN06), Kyoto, 2006.
 17. *COMPASS.* The Deuteron Spin-dependent Structure Function g_1^d and Its First Moment // CERN-PH-EP/2006-029; hep-ex/0609038.
 18. *COMPASS.* A new Measurement of the Collins and Sivers Asymmetries on a Transversely Polarized Target // CERN-ph-EP/2006-031; hep-ex/0610068.
 19. *COMPASS.* Spin Asymmetry A_1^d and the Spin-Dependent Structure Function g_1^d of the Deuteron at Low Values of x and Q^2 // Phys. Lett. B (submitted).
 20. *COMPASS.* The COMPASS Experiment at CERN // Nucl. Inst. Meth A (submitted).
 21. *Adeva B. et al. (SMC)* // Phys. Rev. D. 1998. V. 58. P. 112002.
 22. *Sissakian A. N., Shevchenko O. Yu., Ivanov O. N.* // Phys. Rev. D. 2004. V. 70. P. 074032.
 23. *COMPASS.* First Measurement of the Transverse Spin Asymmetries of the Deuteron in Semi-Inclusive Deep Inelastic Scattering // Phys. Rev. Lett. 2005. V. 94. P. 202002; CERN-PH-EP/2005-003; hep-ex/0503002.
 24. *Efremov A. V.* Collins Effect in SIDIS and e^+e^- — Annihilation and Transversity // The 17th Intern. Spin Physics Symp. (SPIN06), Kyoto, 2006.
 25. *Batley J. R. et al.* Search for Direct CP Violation in the Decays $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$ // Phys. Lett. B. 2006. V. 634. P. 474–482.
 26. *Goudzovski E. (for NA48/2 Collab).* High Precision Study of CP -Violating Charge Asymmetry in $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$ Decays // The 20th Workshop in Particle Physics. La Thuile, Italy, March 5–11, 2006; hep-ex/0604002. 2006.
 27. *Батли Д. Р. и др.* Прецизионный поиск CP -нарушающей зарядовой асимметрии в распадах $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$ в эксперименте NA48/2 в ЦЕРН. ОИЯИ, P1-2006-51. Дубна, 2006. 18 с.
 28. *Batley J. R. et al.* Search for Direct CP Violation in the Decays $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \pi^0$ // Phys. Lett. B. 2006. V. 638. P. 22–29.
 29. *Batley J. R. et al.* Observation of a Cusp-like Structure in the Invariant Mass Distribution from $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0 \pi^0$ Decay and Determination of the $\pi\pi$ Scattering Lengths // Phys. Lett. B. 2006. V. 633. P. 173–182.
 30. *Balev S. (for NA48/2 Collab.).* Search for Direct CP Violation in K^\pm Decay from NA48/2 // ICHEP06, Moscow, July 26 – Aug. 2, 2006.
 31. *Goudzovski E. (for NA48/2 Collab.).* Study of Charge Asymmetry and Dalitz Plot Distribution of $K^\pm \rightarrow 3\pi^\pm$ Decays by NA48/2 // CRIMEA2006, Yalta, Crimea, Ukraine, 16–23 Sept., 2006.
 32. *Abelev B. I. et al. (STAR).* Transverse Momentum and Centrality Dependence of High- p_T Nonphotonic Electron Suppression in Au + Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV. nucl-ex/0607012; Phys. Rev. Lett. (submitted).
 33. *Abelev B. I. et al. (STAR).* Neutral Kaon Interferometry in Au + Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV. nucl-ex/0608012; Phys. Rev. C. 2006. V. 74. P. 054902.
 34. *Adams J. et al. (STAR).* Proton–Lambda Correlations in Central Au + Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV. nucl-ex/0511003; Phys. Rev. C. 2006. V. 74. P. 064906.
 35. *Lednický R.* Correlation Femtoscopy // Nucl. Phys. A. 2006. V. 774. P. 189–198.
 36. *Lednický R.* Femtoscopy: Theory // AIP Conf. Proc. 2006. V. 828. P. 423–429.
 37. *Amelin N. et al.* Evolution of Observables in a Numerical Kinetic Model // Phys. Rev. C. 2006. V. 73. P. 044909.
 38. *Amelin N. et al.* A Fast Hadron Freeze-out Generator. nucl-th/0608057 // Phys. Rev. C. 2006. V. 73. P. 064901.
 39. Proc. of 10th Annual RDMS CMS Collab. Conf., St. Petersburg, Russia, Sept. 12–17, 2005, V. 1, 2, CMS Document 2005-013.
 40. Proc. of 11th Annual RDMS CMS Collab. Conf., Varna, Bulgaria, Sept. 12–16, 2006, CMS Document RDMS-2006.
 41. *Zykinov V.* Radiative Corrections to the Drell–Yan Process at Large Invariant Masses of the Dilepton Pair // Yad. Fiz. 2006. V. 69, No. 6. P. 1557–1571 (Engl. vers.: Phys. At. Nucl. 2006. V. 69, No. 9, P. 1522–1537.)
 42. *Zykinov V.* Weak Radiative Corrections to Drell–Yan Process for Large Invariant Mass of Di-Lepton Pair. hep-ph/0509315. 2005. 23 p.; Comp. Phys. Commun. (submitted).
 43. *Shmatov S.* Search for Extra Dimensions with ATLAS and CMS Detectors at the LHC // Proc. of ICHEP, Moscow, July 26 – Aug. 2, 2006.
 44. *Zykinov V.* Weak Radiative Corrections to the Drell–Yan Process // Proc. of ICHEP, Moscow, July 26 – Aug. 2, 2006.
 45. *Ahmadov A. I. et al.* NLO QCD Corrections to the Single Top and $t\bar{t}$ -bar Quarks Productions at 14 TeV // The

- 6th Intern. Conf. of the Balkan Physical Union, Istanbul, Turkey, Aug. 22–26, 2006 (submitted).
46. *Ahmadov A.I. et al.* Measuring C -odd Correlations at Lepton–Proton and Photon–Proton Collisions. JINR Preprint E2-2006-57. Dubna, 2006.
 47. *Boguslavsky I.V. et al.* Assembling of «B» Type of TRT Modules at JINR for Inner Detector of ATLAS LHC // Part. Nucl., Lett. 2006. V. 3, No. 3(132). P. 103–110.
 48. *Gusakov Yu. V. et al.* The Automated Testing of the TRT ATLAS Straw Wheels of the «B» Type // Ibid. P. 111–117.
 49. *Lutsenko V.M. et al.* Time-Amplitude Characteristics of Straw for Gas Mixture ArCO₂ with CF₄ and O₂ // Ibid. V. 3, No. 5(134). P. 7–16.
 50. *Zhabitsky V.M.* Transverse Damping Systems for Modern Synchrotrons // Part. Nucl., Lett. 2006. V. 3, No. 7(136). P. 96–101.
 51. *Belosludtsev D.A. et al.* Computing for Ongoing Experiments on High Energy Physics // Part. Nucl., Lett. 2006. V. 3, No 4(133). P. 17–24.
 52. *Кекелидзе М.Г. и др.* Препринт ОИЯИ P10-2006-72. Дубна, 2006.
 53. *Ussery L.I. et al.* Los Alamos Nat. Lab Report LA12847-MS. 1994.
 54. *Rhodes E. et al.* // SPIE. 1993. V. 2092. P. 288;
 - Rodes E. et al.* APSTING: Associated Particle Sealed Tube Neutron Generator Studies for Arms Control. ANL Report ANL/ACTV-95/1. 1994.
 55. *Hurley J.P. et al.* Current Status of the Associated Particle Imaging System at STL. EGG 10617-3008. 1992.
 56. *Viesti G. et al.* The EXPLODET Project: Advanced Nuclear Techniques for Humanitarian Demining // Nucl. Instr. Meth. A. 1999. V. 422. P. 918; *Viesti G. et al.* Preprint DFPD 9/NP/43.
 57. *Bystritsky V.M. et al.* // Proc. of the 4th Intern. Symp. on Technology and Mine Problem, Naval Postgraduate School, Monterey, California, March 13–16, 2000.
 58. *Bystritsky V.M. et al.* // Proc. of the Intern. Sci. and Techn. Conf. «Portable Neutron Generators and Technologies on Their Basis», Moscow, May 26–30, 2003, P. 263–268.
 59. *Bystritsky V.M. et al.* // Ibid. P. 44–56.
 60. *Bystritsky V.M. et al.* // Proc. of the Intern. Sci. and Techn. Conf. «Portable Neutron Generators and Technologies on Their Basis», Oct. 18–22, 2004, Moscow, P. 283–295.
 61. *Bystritsky V.M. et al.* Portable Neutron Generator with 9-Section Silicon α -Detector. JINR Commun. E13-2006-36. Dubna, 2006.