

ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ им. В. И. ВЕКслера и А. М. БАЛДИНА

В 2011 г. усилия сотрудников Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина были направлены на реализацию и развитие проекта NICA («Нуклотрон-NICA», MPD и

программа экспериментов на выведенных пучках) и участие в совместных исследованиях в ведущих ускорительных центрах мира.

НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ В РАЗВИТИИ УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

«Нуклотрон-NICA»

В ходе 43-го [1] и 44-го сеансов нуклотрон отработал около 1700 часов, при этом были выполнены следующие задачи.

1. Введены в эксплуатацию новые системы электропитания и защиты структурных магнитов и линз.

2. По постоянной времени жизни пучка дейтронов, циркулирующего на поле инжекции с энергией 5 МэВ/нукл., проведена оценка среднего значения вакуума в кольце нуклотрона, она соответствует среднему статическому давлению $4 \cdot 10^{-10}$ торр (азотный эквивалент при комнатной температуре).

3. Совместно со специалистами из Болгарии, Германии и Словакии создана и введена в эксплуатацию новая цифровая система измерения положения орбиты, система коррекции орбиты пучка.

4. Впервые осуществлен медленный вывод ионов ($d, {}^6\text{C}^{+}$) с энергией $E = 4$ ГэВ/нукл.; впервые достигнута интенсивность дейтронного пучка $5 \cdot 10^{10}$ (при $E = 300$ МэВ/нукл.).

5. В рамках подготовки тяжелоионной программы исследований на выведенных пучках дейтронный пучок с интенсивностью $I = 10^6$ и импульсом $P = 8,5$ ГэВ/с был выведен в экспериментальный павильон 205 по каналам ВП6 и 6В.

6. Продолжается модернизация криогенного комплекса. Введены в эксплуатацию два новых турбо-

компрессора. Охлаждающая мощность системы удвоена. Ведутся работы по созданию нового ожижителя гелия.

7. Созданы и успешно испытаны два тестовых соленоида для нового источника тяжелых ионов KRION-6T. Изготовлен основной соленоид источника, его испытание запланировано на весну 2012 г.

8. Начаты работы по введению в эксплуатацию нового источника поляризованных ионов.

NICA

В рамках реализации проекта NICA в 2011 г. выполнены следующие работы.

1. Созданы прототипы дипольного и квадрупольного магнитов бустера. Дипольный магнит был успешно испытан.

2. Создан прототип двухпертурного дипольного магнита коллайдера. Ведутся работы по созданию прототипа квадрупольного магнита.

3. Создана инфраструктура для производства новых моделей и прототипов сверхпроводящих магнитов для NICA и FAIR.

4. Подготовлен технический проект кольца коллайдера.

5. Создана и установлена в нуклотрон система стохастического охлаждения пучка для коллайдера NICA. Осуществляется введение в действие и подготовка системы к испытанию оборудования.

НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Наиболее значимые результаты в 2011 г. были получены в рамках экспериментов, проводимых в ЦЕРН.

Участие в экспериментах на ЛHC

Результаты работы ЛHC в 2011 г. стали одним из наиболее ярких событий в физике высоких энергий. Сотрудники ЛФВЭ участвуют в экспериментах ALICE, ATLAS и CMS.

ALICE. В 2011 г. установка ALICE работала как на протонных пучках с энергией в системе центра масс 7 ТэВ, так и на пучках тяжелых ионов (Pb–Pb) при 2,76 ТэВ.

Протонный сеанс характеризовался новой модой работы установки ALICE — в условиях достаточно высокой загрузки использовался триггер, построенный на базе мюонного детектора и электромагнитного калориметра.

При активном участии сотрудников ОИЯИ были получены следующие результаты.

Группа ОИЯИ анализировала данные по двухпионным и двухкаонным бозе-эйнштейновским корреляциям, полученные в ходе протонного сеанса при энергии 7 ТэВ. Подобные результаты получены в pp -взаимодействии впервые. При анализе корреляций каонных пар обнаружено, что инвариантный радиус растет с увеличением множественности и падает с ростом поперечного импульса k_T (рис. 1). Подобное поведение предсказывается гидродинамическими моделями для AA -столкновений в случае

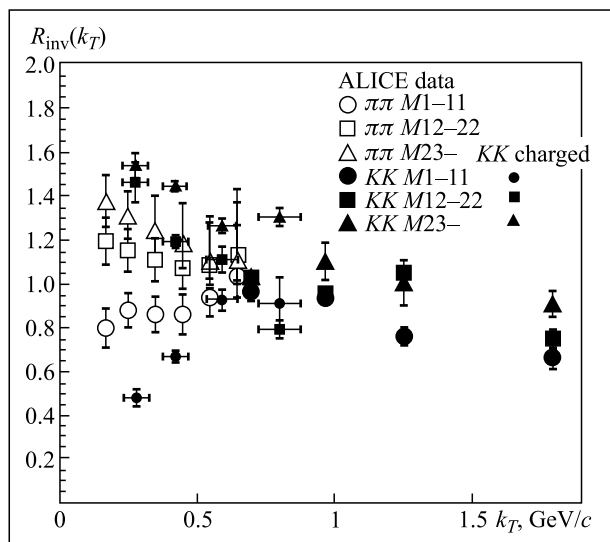


Рис. 1. Зависимость инвариантных радиусов от поперечного импульса пар частиц и их множественности (M), полученная из анализа фемтоскопических корреляций в pp -взаимодействии при энергии 7 ТэВ. $\pi\pi$ — заряженные пионы, KK charged — заряженные каоны, KK — нейтральные каоны

существования коллективных эффектов в ядрах. Таким образом, полученный результат указывает на возможное проявление коллективных эффектов в pp -взаимодействии.

В настоящее время ведется анализ бозе-эйнштейновских корреляций пар заряженных каонов в столкновении ионов Pb–Pb.

В 2011 г. сотрудниками лаборатории было сделано 3 доклада на международных конференциях.

ATLAS. Участие физической группы ЛФВЭ в проекте ATLAS в 2011 г. включало:

- КХД-анализ глубоконеупругого рассеяния (ГНР), включая процессы с рождением лептонных пар;
- мониторинг качества отклика калориметра и проведение исследований по программе модернизации жидкоаргонного калориметра;
- анализ «minimum bias» событий;
- участие в поиске заряженного суперсимметричного бозона Хиггса в трехлептонной моде распада;
- поиск бозона Хиггса в рамках CM в процессе с ассоциированным рождением W -бозона.

В рамках работ по КХД-анализу предложена схема включения данных по рождению лептонных пар в нуклон-нуклонных соударениях в области малых и средних значений переданного импульса в КХД-анализ в несинглетном приближении.

Сотрудники сектора ATLAS участвовали в обработке данных и обсуждении результатов эксперимента на выведенном пучке протонов ускорителя на энергию 70 ГэВ ИФВЭ в Протвино, который проводился с целью установления границы радиационной нагрузки на жидкоаргонные калориметры установки ATLAS, до которой они могут функционировать как приборы с линейным откликом. Было показано, что электромагнитный и адронный торцевые калориметры не изменяют своих калибровочных характеристик и могут применяться при светимости супер-LHC коллайдера.

Проведено изучение «minimum bias» событий в pp -взаимодействиях при энергии 7 ТэВ (с.ц.м.) путем сравнения экспериментальных инклюзивных распределений заряженных частиц по поперечным импульсам, продольным импульсам, по псевдобыстротам, множественности и другим переменным с соответствующими Монте-Карло распределениями. Показано, что наблюдается удовлетворительное согласие распределений по инвариантным переменным Бьёркена (Q^2, x) и «недостающей массе», что может свидетельствовать о квазиупругом характере изучаемых событий. Установлено строгое равенство между отношением поперечной массы M_T к полной энергии E частицы и отношением времени в движущейся

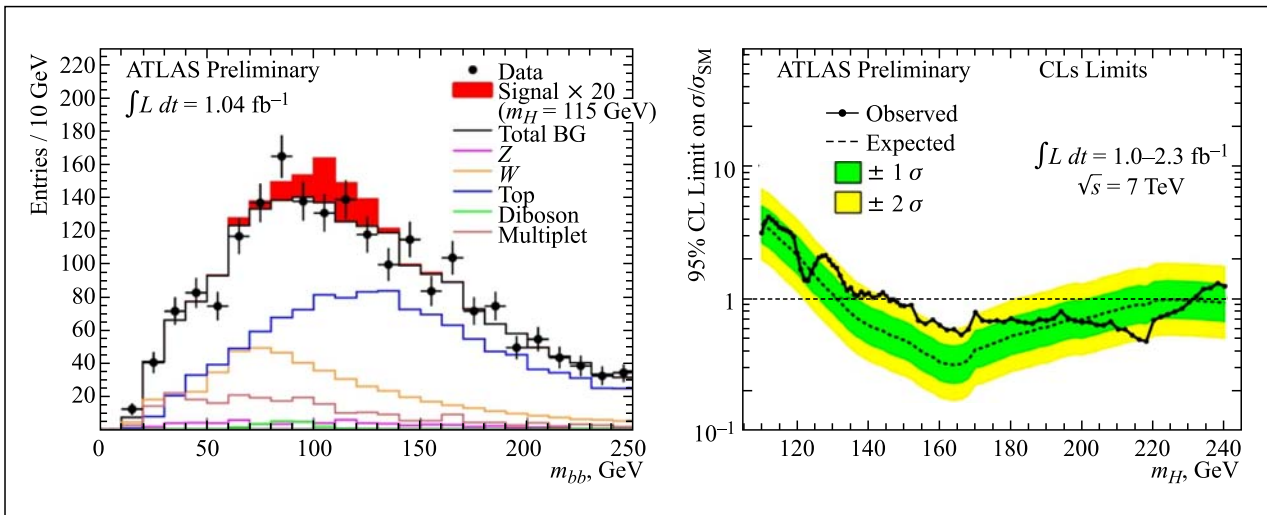


Рис. 2. Слева: экспериментальное распределение по инвариантной массе пары b -струй в рассматриваемом WH -процессе вместе с моделированными фоновыми процессами. Справа: верхний предел (эксперимент ATLAS) на сечение рождения бозона Хиггса в Стандартной модели, скомбинированный с учетом всех возможных каналов и деленный на величину, ожидаемую в СМ. Результаты приведены в зависимости от массы бозона Хиггса

системе $\Delta\tau$ ко времени в покоящейся системе Δt : $M_T/E = \Delta\tau/\Delta t$, или $M_T\Delta t = E\Delta\tau$. Найденная связь «энергия–время» дополняет содержание гипотезы Планка о квантовании энергии частиц и позволяет сделать оценки пространственно-временных параметров взаимодействия частиц: $M_T\Delta t = E\Delta\tau = h$.

Продолжались работы по поиску SUSY заряженного бозона Хиггса. С использованием разработанных алгоритмов проведен анализ экспериментальных данных, накопленных в 2010 г. Событий с сигнальной сигнатурой обнаружено не было.

Сотрудники лаборатории активно участвовали в работах по поиску бозона Хиггса в совместном рождении его с W -бозоном с последующим распадом на два b -кварка [2]. Промежуточный итог этих работ представлен на рис. 2.

На данном уровне статистики и при 95%-м уровне достоверности эксперимент исключает рождение бозона Хиггса при его массе в интервалах 146–230, 256–282 и 296–459 ГэВ/ c^2 . Область малых масс наиболее трудна для анализа и требует более сложных методик.

CMS. В течение 2011 г. группа ОИЯИ в эксперименте CMS принимала участие в получении, обработке и анализе первых данных, получаемых в столкновении пучков протонов на LHC при энергии в с.ц.м. 7 ТэВ. Был проведен запуск и обеспечена техническая эксплуатация внутренних торцевых детекторных систем в рамках ответственности ОИЯИ: торцевого адронного калориметра (HE) и камер передних мюонных станций (ME1/1). Эффективность работы адронного калориметра составила $\sim 100\%$, торцевых мюонных станций системы —

98,3%. В ходе сеансов 2011 г. была набрана статистика, соответствующая $5,2 \text{ fb}^{-1}$. Эффективность набора данных превышает 91%. Смены по управлению установкой и набором данных, включая оперативный контроль состояния и работоспособности детекторных систем, мониторинг набора и качества экспериментальных данных осуществлялись как непосредственно в центрах управления экспериментом в ЦЕРН, так и из регионального центра удаленного контроля и анализа экспериментальных данных в ОИЯИ.

На основе экспериментальных данных, полученных в 2010–2011 гг., изучено пространственное разрешение мюонных станций. Исследовано влияние величины магнитного поля соленоида CMS на пространственное разрешение станции ME1/1. Средняя величина пространственного разрешения станции ME1/1 составляет ~ 62 мкм и варьируется от 58 до 68 мкм в зависимости от порога регистрации поперечного импульса (от 20 до 2,5 ГэВ), что удовлетворяет требованиям, заложенным в техническом проекте CMS, — 75 мкм для камер ME1/1.

Была выполнена калибровка торцевых областей адронного калориметра (HE) с точностью $\sim 3\%$ в азимутальном направлении. Изучены различные источники систематических эффектов. Показано, что полная величина систематической неопределенности может достигать 10%. С учетом поправок неопределенности шкалы находятся в пределах 3% при поперечной энергии струи более 30 ГэВ.

Основные усилия группы ОИЯИ в физической программе CMS были сосредоточены на исследованиях различных процессов рождения пар мюонов и многоструйных событий для проверки предсказаний

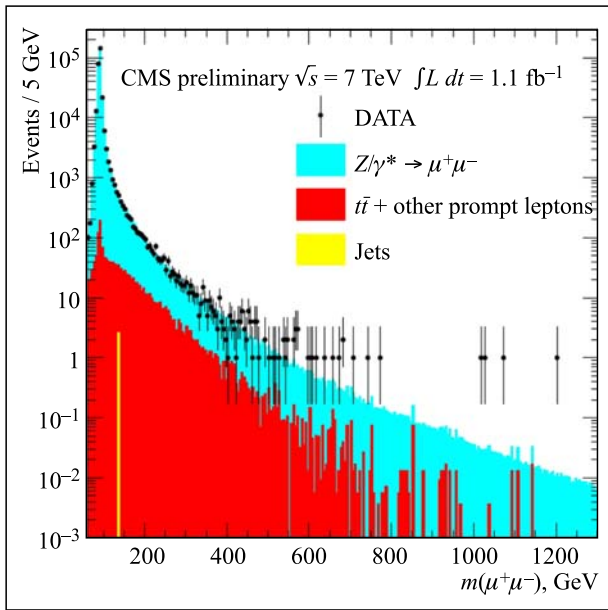


Рис. 3. Спектр эффективных масс мюонных пар и вклад от фоновых источников

Стандартной модели и поиска новой физики за ее пределами [3]. Был исследован спектр мюонных пар в различных интервалах значений инвариантной массы (рис. 3).

На статистике 2010 г. (40 пб^{-1}) и 2011 г. ($1,1 \text{ фб}^{-1}$), полученной CMS в столкновениях пучков протонов при энергии 7 ТэВ, проведен поиск нового тяжелого резонансного состояния в канале с двумя мюонами. Рождение новых тяжелых резонансов предсказывается многими теоретическими моделями, например, моделями с дополнительными калибровочными бозонами (Z') и мо-

делями с дополнительными измерениями (Рэндалл–Сундрума), где присутствуют калуца-кляйновские возбужденные состояния гравитона ($G_{\text{КК}}$). Для расширенного калибровочного сектора с константами связи СМ с 95 %-м уровнем достоверности были исключены новые нейтральные калибровочные бозоны (Z_{SSM}) с массой менее 1780 ГэВ, а для калибровочной модели, обусловленной суперструнной теорией (Z_{ψ}), — с массой менее 1440 ГэВ. Массовый предел $G_{\text{КК}}$ составил от 1240 до 1640 ГэВ в зависимости от величины константы связи модели k/M_{Pl} (0,05–0,1). Следует отметить, что комбинированный анализ данных по рождению мюонных и электронных пар позволил расширить эти пределы вплоть до 1940 (1620) ГэВ для $Z_{\text{SSM}}(Z_{\psi})$ и 1450–1780 ГэВ для RS1-гравитона.

Физики ОИЯИ участвуют в физическом анализе по семи направлениям и внесли вклад в подготовку четырех публикаций, основанных на данных 2010–2011 гг., в рецензируемых научных журналах.

Совместный анализ ATLAS и CMS по поиску бозона Хиггса (СМ). Объединение данных ATLAS и CMS исключает существование бозона Хиггса в рамках СМ в диапазоне масс 141–476 ГэВ (рис. 4). Рольф Хойер: «... Основной вывод состоит в том, что если бозон Хиггса в рамках СМ существует, то его масса, скорее всего, лежит в интервале 116–130 ГэВ согласно данным эксперимента ATLAS и 115–127 ГэВ — CMS. Некие указания на превышение сигнала в этих областях наблюдаются в обоих экспериментах, но они пока не достаточны для заявления об открытии».

Весомые результаты были получены при активном участии сотрудников ОИЯИ в следующих совместных экспериментах.

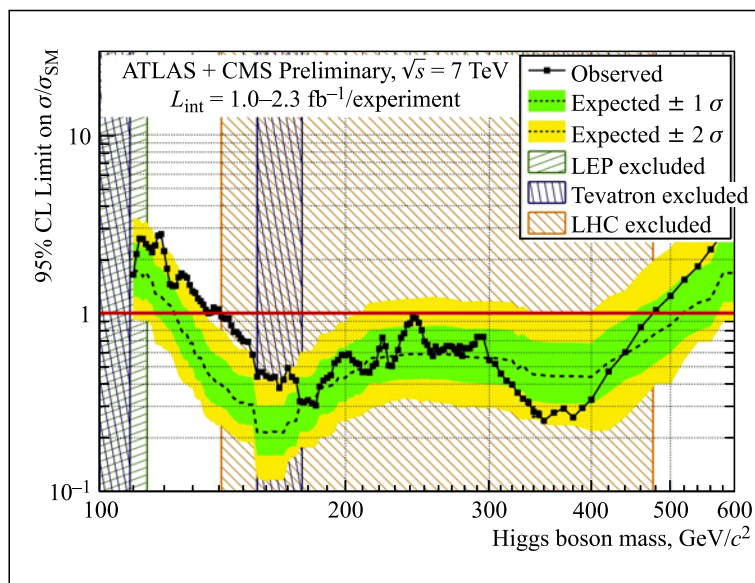


Рис. 4. Анализ данных ATLAS и CMS по поиску бозона Хиггса в рамках СМ

Эксперименты NA62 и NA48/2

Коллаборация NA62 завершила основной этап создания прототипа детектора и исследования его характеристик и приступила к созданию технического проекта эксперимента по изучению сверхредкого распада заряженных каонов на пион и два нейтрино.

Группа ОИЯИ в данном проекте отвечает за разработку и создание основного детектора эксперимента — «пионерского» трекера, способного работать в вакууме и обладать высоким пространственным разрешением. Кроме того, группа ОИЯИ занимается разработкой математического обеспечения для моделирования и реконструкции данных с этого детектора.

Основные результаты, полученные в 2011 г. в рамках подготовки эксперимента NA62:

1. Прототип детектора на основе 64 строу-трубок был испытан с радиоактивными источниками и на пучке H4 SPS. Данные набраны для двух газовых смесей — быстрой Ar/CO₂ (80 : 20) и медленной негорючей смеси CO₂/isoC₄H₁₀/CF₄ (90 : 5 : 5) при газовом усилении $G = (6-10) \cdot 10^4$. По результатам была испытана и утверждена технологическая схема изготовления полномасштабного модуля (модуля 0) строу-трекера.

2. В ЛФВЭ ОИЯИ было начато массовое производство и сертификация строу. Произведено и сертифицировано около 1500 строу. Параметры строу соответствуют спецификации.

3. Сборка модуля 0 началась в ЦЕРН. Продолжается подготовка в ЛФВЭ ОИЯИ участка сборки и контроля качества модулей строу-детектора.

4. Для моделирования лидирующего и конечного времен отклика строу доработано программное

обеспечение быстрого моделирования строу-трекера NA62.

5. Подготовлено предложение об измерении выхода пион-мюонного атома в эксперименте NA62, основанное на моделировании генерации и детектирования этого атома методом Монте-Карло.

В 2011 г. продолжался анализ данных эксперимента NA48/2 [4].

Моды распада $K^\pm \rightarrow \pi^\pm l^+ l^-$ были проанализированы в рамках четырех различных моделей формфактора, включая модель векторной доминантности, предложенную группой теоретиков из ОИЯИ. Полученное в результате анализа значение формфактора является наиболее точным в мире и подтверждает адекватное описание данных новой моделью (рис. 5, 6).

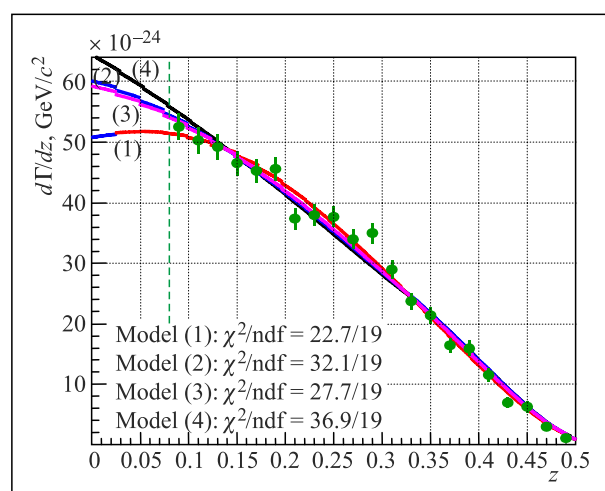


Рис. 5. Результаты эксперимента NA48/2 по изучению распада $K^\pm \rightarrow \pi^\pm l^+ l^-$ в сравнении с теоретическими моделями

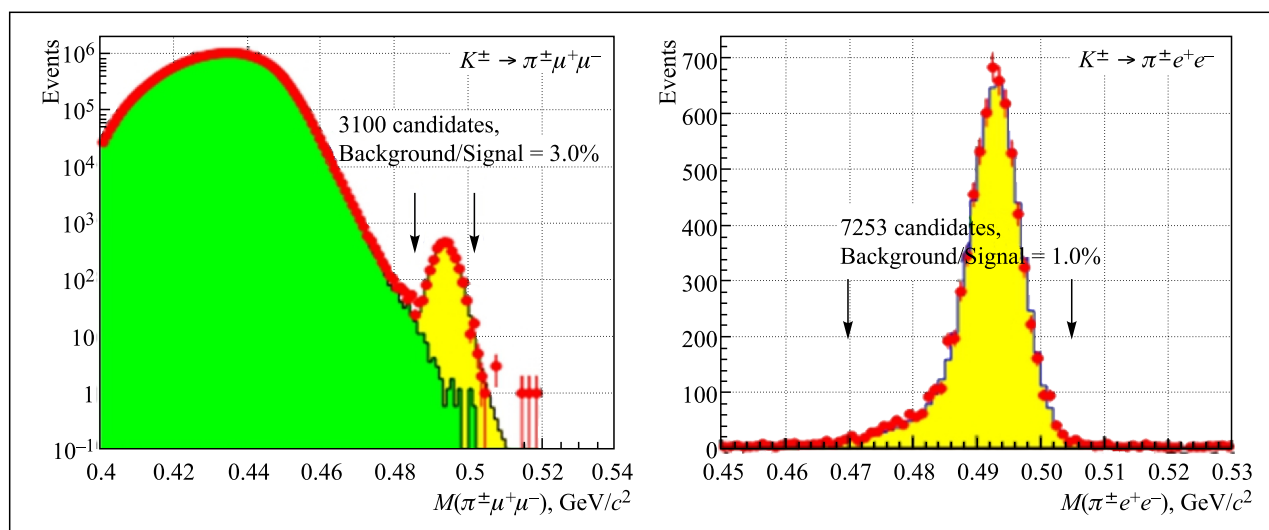


Рис. 6. Выделение сигнала из данных при анализе $K^\pm \rightarrow \pi^\pm l^+ l^-$

С наилучшей точностью измерены вероятности мод распадов (Br): $\text{Br}(K^\pm \rightarrow \pi^\pm e^+ e^-) = (3,11 \pm 0,12) \cdot 10^{-7}$ и $\text{Br}(K^\pm \rightarrow \pi^\pm \mu^+ \mu^-) = (9,62 \pm 0,25) \times 10^{-8}$.

Впервые определен верхний предел для заряженной CP-нарушающей асимметрии в распадах $K^\pm \rightarrow \pi^\pm e^+ e^-$ ($< 0,021$), $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \mu^+ \mu^-$ ($< 0,029$) (уровень достоверности 90 %).

Эксперимент COMPASS

В 2011 г. COMPASS проводил набор данных с пучком поляризованных мюонов. Все элементы установки работали успешно. Продолжался анализ экспериментальных данных, набранных с мюонным (2002–2007 гг.) и адронным пучком (2008–2010 гг.) с использованием дейтериевой и водородной мишеней. Ниже приведены основные результаты.

С использованием данных по полуинклюзивному (с рождением пионов и каонов) глубоконеупругому рассеянию (ГНР) поляризованных мюонов на продольно-поляризованной протонной и дейтронной мишенях получены двойные спиновые асимметрии. В лидирующем порядке из них извлечены распределения поляризованных кварков и антикварков (представлены на рис. 7) [5].

Показано, что вклад морских кварков в спин нуклона мал и не имеет ощутимой зависимости от бьеркеновской переменной x в области измерений. Также было показано, что поляризованные распределения странных кварков и антикварков схожи и сравнимы с нулем. Из полученных данных следует, что интегральная величина цветовой асимметрии поляризованных распределений легких морских кварков ($\Delta u - \Delta d$) положительна и отлична от нуля на уровне 1,5 стандартных отклонения.

В 2011 г. коллаборация COMPASS представила первые предварительные результаты, полученные при существенном вкладе сотрудников ОИЯИ, по азимутальной асимметрии в рождении адронных пар в ГНР поляризованных мюонов на поперечно-поляризованной NH_3 -мишени [6]. Проанализированы данные, полученные в 2010 и 2007 гг. при энергии мюонов 160 ГэВ/с на ускорителе SPS ЦЕРН. Эти асимметрии (рис. 8) связаны с функцией распределения $h_1^q(x)$, так называемой трансверсити. Они дают независимый доступ к хорошо известным процессам ГНР с рождением адронов — асимметриям Коллинза и Зиверса. Представленный результат демонстрирует заметную асимметрию для NH_3 -мишени, указывающую на существующую поперечную поляризацию u -кварков.

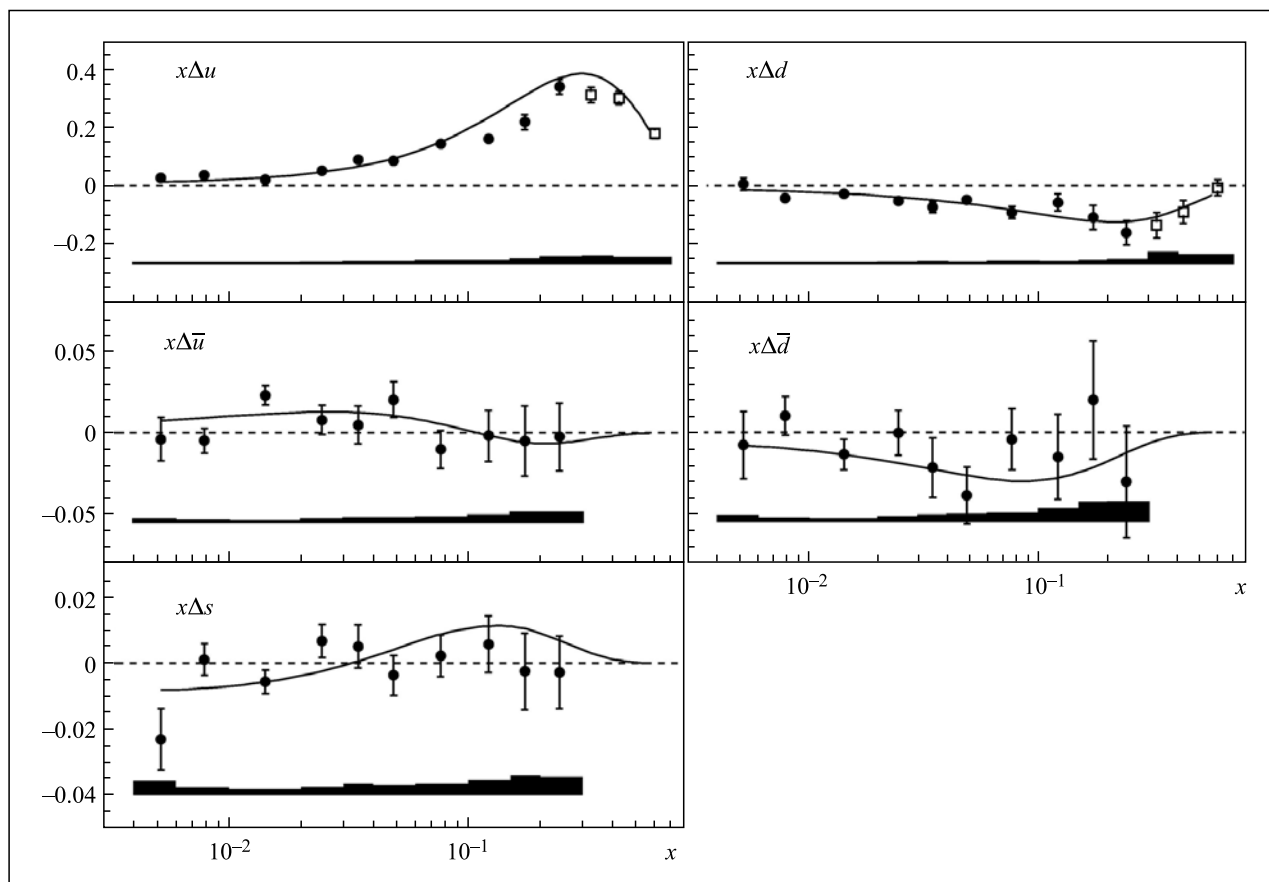


Рис. 7. Распределения $x\Delta u$, $x\Delta d$, антикварков и $x\Delta s$ при $Q_0^2 = 3 \text{ ГэВ}^2$ в зависимости от бьеркеновской переменной x

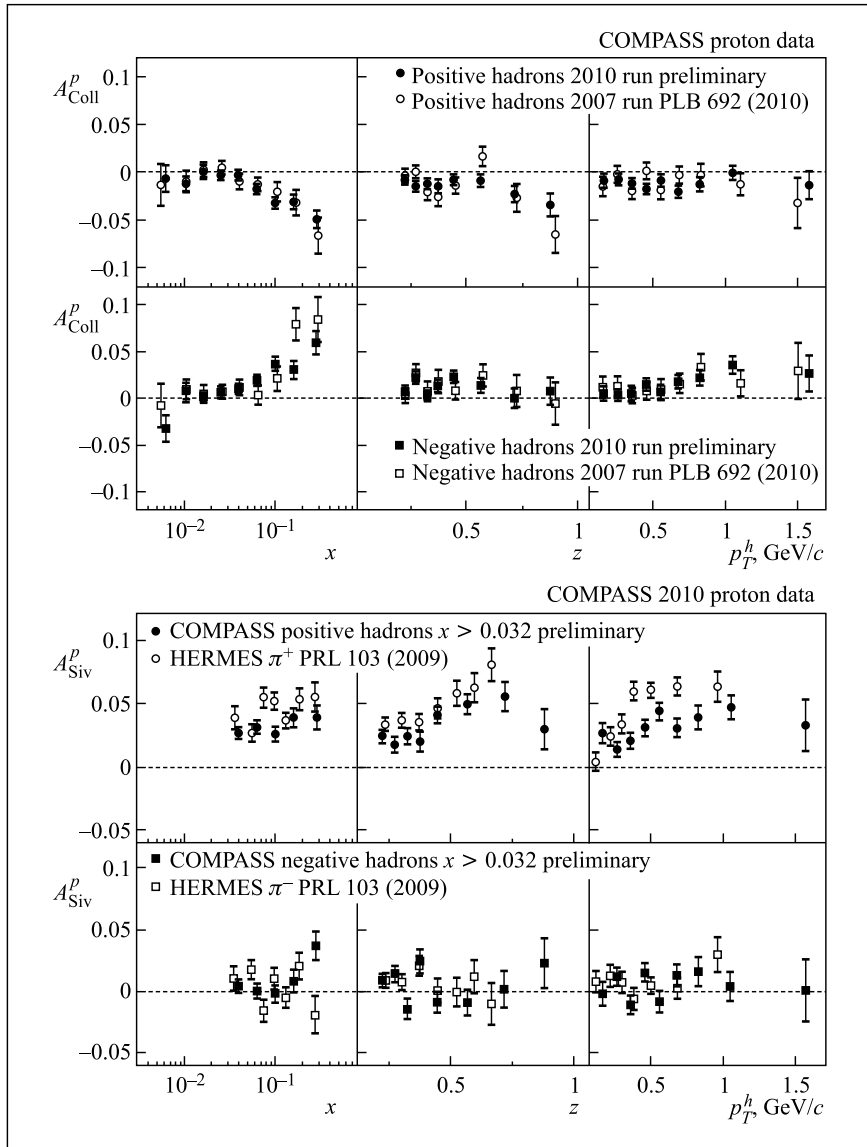


Рис. 8. Асимметрии Коллинза (вверху) и Зиверса (внизу)

Эксперимент STAR

В 2011 г. исследования группы ЛФВЭ в рамках проекта STAR были сфокусированы на двух задачах:

— участие в программе по «энергетическому сканированию» на RHIC. Были проведены измерения при энергиях 7,7; 9,2; 11,5 и 39 ГэВ;

— проведение экспериментов с пучками поляризованных протонов при энергиях 200 и 500 ГэВ с целью получения новой прецизионной информации о распределениях поляризованных кварков и глюонов. Исследования при 500 ГэВ проводились впервые, они открыли уникальную возможность для изучения спиновых явлений в процессах с рождением W -бозона.

На рис. 9 представлены измеренные асимметрии в сравнении с теоретическими предсказаниями, основанными на полном суммировании (rhicbos) и расчетах NLO (CHE) [7]. При расчетах с помощью

модели CHE для описания поляризованных партоновых распределений использовалась параметризация DSSV08, в то время как при расчетах «rhicbos» использовалось три различных параметризации: DSSV08, DNS-K и DNS-KKP. Результаты расчетов CHE и rhicbos находятся в хорошем согласии друг с другом. Диапазон, покрываемый распределениями DNS-K и DNS-KKP для $\Delta\bar{d}$ и $\Delta\bar{u}$, примерно совпадает с соответствующей оценкой неопределенности DSSV08. В области средних быстрот рождение $W^{+(-)}$ служит хорошей пробой сочетания поляризации u - и \bar{d} - (d - и \bar{u} -) кварков, и значение $A_L^{W^{+(-)}}$, как ожидается, будет отрицательным (положительным). Измеренное значение $A_L^{W^+}$ действительно отрицательно, что подчеркивает прямую связь с поляризацией u -кварка. Значение $A_L^{W^-}$ в центре положительно, как и ожидалось, с большой статистической неопределенностью.

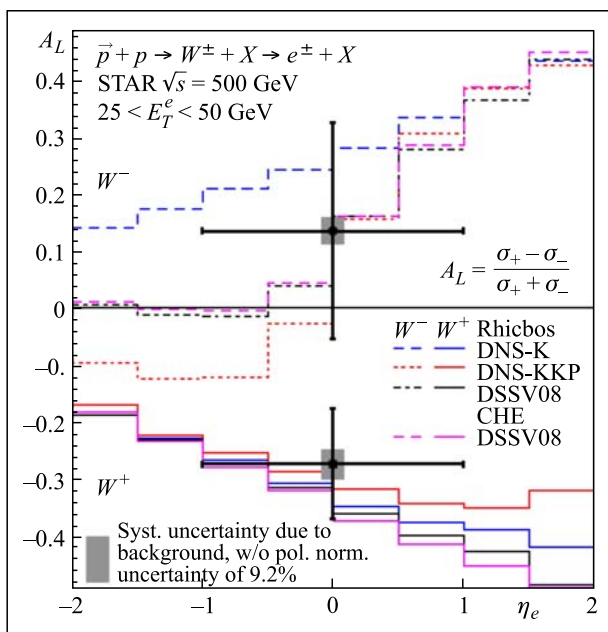


Рис. 9. Продольная односпиновая асимметрия для событий с рождением W -бозона

Результаты наших измерений A_L согласуются с предсказаниями, сделанными с помощью параметризации распределений поляризованных кварков и антикварков, полученной из измерений инклюзивных и полуинклюзивных ГНР, как и ожидалось из универсальности поляризованных партонных распределений.

Измерена односпиновая асимметрия, нарушающая четность для распадов W^+ и W^- на позитроны и электроны в центральной области быстрот $|\eta_e| < 1$ в продольно-поляризованных pp -взаимодействиях при энергии $\sqrt{s} = 500$ ГэВ. Это измерение открывает новый прямой путь исследования спиновой структуры протона с использованием нарушающего четность слабого взаимодействия в столкновениях поляризованных $\vec{p} + p$.

Эксперименты на нуклотроне

В ходе 43-го и 44-го сеансов работы нуклотрона около 50 % полного пучкового времени использова-

лось для проведения исследований на существующих установках и методических работ. В том числе было выполнено следующее.

На установке DELTA были проведены измерения по взаимодействию дейтронов с ядрами Ag в 18 точках по энергии в диапазоне от 320 до 372 МэВ/нукл. при угле регистрации одной заряженной частицы 120° (лаб.). Цель исследований — поиск особенности в энергетической зависимости выхода пионов. Накоплено 128 Мбайт данных, результаты обрабатываются.

В рамках проекта DSS полностью введена в эксплуатацию новая система управления мишенью; получены методические результаты, необходимые для уменьшения систематических ошибок измерения сечения упругого dp -рассеяния при энергии 250 МэВ/нукл.; измерены 10 точек по угловой зависимости сечения упругого dp -рассеяния при энергии 500 МэВ/нукл. Ожидаемая статистическая ошибка результатов по дифференциальным сечениям 3–5 %. Всего получено около 2 Гбайт данных, которые находятся в процессе анализа.

Был проведен специальный сеанс для биологических экспериментов ЛРБ (тема 1077), в ходе которого облучены трековые детекторы CR-39 для проверки чистоты пучка; были облучены три крысы дозой 1 Гр в нерасфокусированном пучке и три крысы — дозой около 0,7 Гр. Результаты анализируются.

В рамках проекта НИС–ГИБС был проведен методический сеанс на дейтронном пучке, посвященный исследованию точности восстановления вершины при разных положениях мишени. Использовался дейтронный пучок с кинетической энергией около 3,5 ГэВ/нукл.

Работы по подготовке проекта VM@N. В ходе 44-го сеанса нуклотрона был ускорен, успешно выведен и транспортирован в зону VM@N пучок углерода с энергией 3,42 ГэВ/нукл. В состав детектирующей аппаратуры входили стандартные камеры группы пучков в фокусах Ф3, Ф4, Ф5 и на канале В6, а также сцинтилляционный годоскоп (8 + 8 каналов по X- и Y-координатам) и стартовый сцинтилляционный счетчик группы LNS.

ПРОГРЕСС В СОЗДАНИИ ДЕТЕКТОРОВ И ПОДСИСТЕМ УСТАНОВКИ MPD

В 2011 г. коллаборация MPD продолжала работы по развитию детекторов подсистем в рамках подготовки технического проекта установки. В частности, были получены следующие результаты.

TOF. Проведены первые тесты детектора время-пролетной системы (Time-of-Flight), созданного совместно учеными ОИЯИ, Пекинского университета и GSI. Были исследованы три детектора mRPC: два прототипа рабочей площадью 70×140 мм с пэдвым

считыванием и полномасштабный прототип площадью 600×300 мм с продольным стриповым считыванием (двустороннее считывание). Трекинг осуществлялся тремя дрейфовыми камерами (установка «Стрела»). В качестве стартового был выбран детектор на основе быстрых ФЭУ с кварцевым радиатором (прототип FFD) размерами 75×75 мм (2×2 «башни»).

Энергия пучка дейтронов в ходе измерений не менялась и составляла около 1 ГэВ/нукл. Были измерены эффективность и временное разрешение mRPC при различных напряжениях на них и различных порогах регистрирующей электроники. Всего при различных условиях для mRPC было получено 14 точек по напряжению от 9 до 13 кВ. Накопленных данных достаточно для определения временного разрешения детекторов при различных условиях. Получены первые результаты работы элементов TOF MPD.

Строу-трекер. Создан полномасштабный прототип элемента трекера бокового детектора установки MPD.

TRC. Были проведены исследования прототипа 0 времяпроекционной камеры с газовой смесью Ar/метан при помощи УФ-лазера и на космике. Для считывания информации используется RoC-камера с пэдовой структурой. Размеры пэдов — 8×12 мм, число каналов FEE — 256. Триггера — на основе сцинтилляционных счетчиков.

Разработан новый прототип пэдовой структуры с размерами пэдов $5 \times 12,5$ мм. Определена функция отклика в RoC-камере.

Подготовлен к испытаниям цилиндрический прототип 1 с длиной дрейфа около 80 см. Испытания прототипа 1 будут проводиться на рабочей газовой смеси с космическими лучами.

Ведется разработка технологического прототипа FEE (FEB-64) на основе полученных из ЦЕРН 200 шт. микросхем ALTRO и PASA. Выполнены работы по подготовке оснастки и отработке технологии для изготовления в 2012 г. двух цилиндрических оболочек из кевлара диаметром 540 и 620 мм (длиной 3 м) для корпуса TRC.

Калориметрия. Проведены пучковые тесты электромагнитного калориметра MPD на ускорителях в DESY и на PS и SPS (ЦЕРН). В качестве фотодетектора использовались и детекторы MAPD. Главными преимуществами последних перед ФЭУ являются компактные размеры и отсутствие чувствительности к магнитному полю.

FFD. В Радиовом институте (Санкт-Петербург) создан стенд для проведения исследований на космических мюонах. В марте на протонном пучке нуклотрона проведен тест прототипа модулей детектора (версия 1). Ведутся тесты и измерения временного разрешения на космических мюонах.

ПРИКЛАДНЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках проекта **ДВИН** создан компактный детектор наркотиков и взрывчатки. Изготовлена и поставлена на железнодорожные вокзалы и станции метрополитенов Москвы, Санкт-Петербурга и Новосибирска первая партия детекторов.

В рамках проекта «**Энергия и трансмутация**» впервые получены результаты, указывающие на возможное увеличение коэффициента умножения энергии подкритической урановой сборки с ростом энергии дейтронов (см. таблицу). Увеличение энергии

релятивистских ионов ведет к росту средней энергии нейтронов в подкритическом объеме. Если результат подтвердится, это позволит увеличить коэффициент трансмутации отработанного ядерного топлива и использовать ^{238}U и ^{232}Th в качестве топлива.

Энергия пучка дейтронов, ГэВ	2	4	6
Полный выход распадных нейтронов на 1 дейтрон, отн. ед.	20 ± 2	50 ± 5	96 ± 10

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аверичев А. С. и др.* Итоги 42-го и 43-го сеансов нуклотрона. Сообщение ОИЯИ Р9-2011-72. Дубна, 2011.
2. *Ahmadov F. et al.* Searches for a Standard Model Higgs Boson Decaying to a b -Quark Pair with the ATLAS Detector at the LHC. ATL-COM-PHYS-2011-929.
3. *Шматов С. В. (от имени коллаб. CMS).* Поиск дополнительных измерений в эксперименте CMS на большом адронном коллайдере // *ЯФ.* 2011. Т. 73, № 3. С. 511–517;
Савина М. В. Рождение черных дыр на LHC: особенности, проблемы, ожидания // *ЯФ.* 2011. Т. 73, № 3. С. 518–526.
4. *Batley J. R. et al.* // *Phys. Lett. B.* 2011. V. 697. P. 107;
Batley J. R. et al. // *Phys. Lett. B.* 2009. V. 677. P. 246.
5. *COMPASS Collab.* Quark Helicity Distributions from Longitudinal Spin Asymmetries in Muon-Proton and Muon-Deuteron Scattering // *PLB.* 2010. V. 693. P. 227–235.
6. *Bradamante F. (COMPASS Collab.)* Compass Results: New Measurements of the Collins and Sivers Asymmetries. Talk on Third Intern. Workshop on Transversity Polarization Phenomena in Hard Scattering (to be published).
7. *STAR Collab.* Measurement of Parity-Violation Longitudinal Single-Spin Asymmetry for W^\pm Boson Production in Polarized Proton-Proton Collisions at 500 GeV // *Phys. Rev. Lett.* 2011. V. 106. 62002.