

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ ИМ.Г.И.БУДКЕРА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

# **ГОДОВОЙ ОТЧЕТ**

**2014**

**НОВОСИБИРСК 2015**



# Оглавление

<b>Введение</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Физика элементарных частиц</b> .....	<b>11</b>
1.1. Детектор КМД-3 .....	13
1.2. Детектор СНД .....	15
1.2.1. Основные работы в 2014 году .....	15
1.2.2. Состояние детектора .....	15
1.2.3. Состояние программного обеспечения .....	15
1.2.4. Анализ данных СНД .....	16
1.3. ДЕТЕКТОР КЕДР .....	19
1.3.1. Результаты работы детектора КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М в 2014 году .....	19
1.3.2. Измерение $\Gamma_{ee}\Gamma_{\mu\mu}/\Gamma_{\phi(2S)\text{-мезона}}$ .....	19
1.3.3. Измерение вероятности распада $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$ и параметров $\eta_c$ мезона на детекторе КЕДР .....	20
1.3.4. Измерение $R$ на КЕДР .....	21
1.4. Криогенные Лавинные Детекторы (КЛД) .....	23
1.5. Эксперимент LHCb .....	25
1.5.1. Анализ данных: измерение угла $\gamma$ Унитарного Треугольника .....	25
1.5.2. Сопровождение моделирования на кластере HLT и веб-приложения визуализации результатов моделирования фона .....	26
1.5.3. Перенос утилиты калибровки адронного калориметра (hcal) с платформы windows на платформу linux. ....	27
1.6. Участие в эксперименте АТЛАС на Большом Адронном Коллайдере (БАК) .....	27
1.7. Эксперимент BABAR .....	30
1.8. Эксперимент Belle .....	31
1.8.1. Основные результаты .....	31
1.8.2. Анализ данных .....	31
1.8.3. Модернизация детектора .....	34
1.8.4. Компьютерные вычисления для Belle II .....	36
<b>2. Электро- и фотоядерная физика</b> .....	<b>39</b>
2.1. Эксперименты с внутренними мишенями .....	41
<b>3. Теоретическая физика</b> .....	<b>45</b>
3.1. КХД .....	47
3.2. Теория хаоса .....	49
3.3. КЭД .....	50
3.4. Гравитация .....	51
<b>4. Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез</b> .....	<b>53</b>
4.1. Установка ГДЛ .....	55
4.1.1. ЭЦР нагрев плазмы в ГДЛ .....	55
4.1.2. Изучение АИЦ неустойчивости .....	56
4.1.3. Изучение глобальных акустических мод .....	57
4.2. Установка ГОЛ-3 .....	58

4.2.1. Установка ГОЛ-3 программа реконструкции .....	58
4.2.2. Установка ГОЛ-3Т .....	59
4.2.3. Измерение разброса скоростей по углу у электронов пучка на ускорителе У-2 .....	60
4.2.4. Развитие технологии источников длинноимпульсных электронных пучков с плазменным эмиттером .....	63
4.2.5. Применение длинноимпульсного электронного пучка для экспериментального моделирования воздействия мощных импульсных тепловых нагрузок на металлы .....	64
4.2.6. Прецизионная спектральная диагностика с пространственным разрешением .....	66
4.2.7. Исследование примесей в плазме ГОЛ-3 .....	66
4.2.8. Заключение по результатам ГОЛ-3 .....	67
4.3. Теория плазмы .....	67
4.4. Инжекторы пучков быстрых атомов и ионов .....	68
4.5. Теория плазменного кильватерного ускорения .....	69
4.6. Спектр излучения двухканального МСЭ в условиях сильной электродинамической связи между каналами .....	69
4.6.1. Введение .....	69
4.6.2. Условия эксперимента .....	70
4.6.3. Результаты исследований .....	70
<b>5. Установки со встречными электрон-позитронными пучками .....</b>	<b>71</b>
5.1.1. КАНАЛ К-500 .....	73
5.1.2. Реконструкция БЭП .....	73
5.1.3. Дипольные магниты БЭП .....	74
5.1.4. Квадрупольные линзы БЭП .....	74
5.1.5. Магниты BUMP .....	75
5.1.6. Вакуумная камера БЭП .....	75
5.1.7. Канал БЭП - ВЭПП-2000 .....	76
5.1.8. Работы на кольце ВЭПП-2000 .....	76
5.2. Ускорительный комплекс ВЭПП-4 .....	77
5.2.1. Распределение рабочего времени .....	78
5.2.2. Эксперименты с детектором КЕДР .....	78
5.2.3. Эксперименты с поляризованными пучками .....	79
5.2.4. Коррекция оптики ВЭПП-4М при помощи кода SixTrack .....	79
5.2.5. Система регистрации рассеянных электронов .....	79
5.2.6. Система поперечной обратной связи .....	80
5.3. Инжекционный комплекс ВЭПП – 5 .....	81
5.3.1. Работы, выполненные в 2014 году .....	81
5.3.2. Работы по изучению кильватерного ускорения .....	83
5.4. Оптимизация работы рентгенографического комплекса ЛИУ-2 .....	84
5.4.1. Оптимизация времени запуска каждого модулятора .....	84
5.4.2. Сокращение длительности гамма-импульса .....	85
5.4.3. Настройка электронно-оптической системы ЛИУ-2 для получения минимального фазового объема пучка .....	86
5.4.4. Подстройка формирующих линий отдельных модуляторов .....	87
5.5. Электронно-лучевая сварка .....	88
5.6. Соединительный модуль для европейского XFEL (DESY) .....	90

5.7. Жидкометаллическая позитронная мишень .....	91
5.8. Установка электронного охлаждения для немецкого синхротрона COSY .....	92
5.9. Ускорительный масс-спектрометр .....	92
5.10. Вакуумные системы .....	93
5.10.1. Проектирование, производство и поставка криогенного вакуумного оборудования для XFEL ..	93
<b>6. Синхронное излучение и лазеры на свободных электронах .....</b>	<b>97</b>
6.1. Введение .....	99
6.2. Работа на пучках СИ из ВЭПП-3 .....	99
6.2.1. Станция «Экстремального состояния вещества».....	99
6.2.2. Станция «LIGA-технология и рентгеновская литография».....	101
6.2.3. Станция «Аномальное рассеяние» и «Презиционная дифрактометрия».....	102
6.2.4. Станция «Рентгенофлуоресцентный анализ» .....	106
6.2.5. Станция «Дифрактометрия с использованием жесткого рентгеновского излучения» .....	106
6.2.6. Станция – «Дифракционное кино» .....	109
6.2.7. Станция – «EXAFS - спектроскопия».....	110
6.3. Работа на пучках СИ из ВЭПП-4 .....	113
6.3.1. Станция «Детонация» .....	113
6.3.2. Станция «Фазово-контрастная томография и РФА».....	115
6.4. Работа с пучками терагерцового излучения .....	115
6.4.1. Новосибирский терагерцовый лазер на свободных электронах .....	115
6.4.2. Модернизация ЛСЭ и УР .....	116
6.4.3. Создание новых пользовательских станций .....	116
6.4.4. Развитие методов нанодиагностики на базе новосибирского ЛСЭ .....	117
6.4.5. Комплексное исследование терагерцового оптического разряда .....	118
6.4.6. Развитие методов сверхбыстрой терагерцовой спектроскопии молекул .....	118
6.5. Разработка и создание специализированных генераторов синхронного излучения ..	119
<b>7. Радиопизика и электроника .....</b>	<b>121</b>
7.1. Разработка аппаратуры и систем автоматизации физических исследований .....	123
7.1.1. Контроллер ускоряющих ВЧ-станций бустера NICA .....	123
7.1.2. Работы по проекту ЛИУ-20 .....	123
7.1.3. Интеллектуальная электроника для кулеров .....	125
7.1.4. Новые системы магнитных измерений .....	125
7.1.5. Производство контроллеров источников питания корректирующих магнитов для European XFEL .....	126
7.1.6. Исследования по широкополосной стабилизации ведущего поля ВЭПП-4М .....	127
7.2. высокочастотная система для накопителя БЭП .....	128
7.3. высокочастотные системы источников плазмы для мощных непрерывных инжекторов пучков быстрых атомов водорода .....	128
7.4. Ускоряющие структуры CCDTL для Linac4, ЦЕРН .....	129
7.5. ВЧ система бустера ускорительного комплекса NICA .....	130
7.6. Модернизация высокочастотной системы микротрона рекуператора .....	132
7.7. Высокочастотный инжектор электронов для ускорителя РФЯЦ-ВНИИЭФ .....	133
7.8. Генератор на частоту 100 МГц с выходной мощностью 540 КВт в непрерывном режиме .....	134

7.9. Модернизация высокочастотных генераторов комплекса «СИБИРЬ-2» .....	134
<b>8. Мощные электронные ускорители .....</b>	<b>135</b>
8.1. Поставки ускорителей типа ИЛУ .....	137
8.2. Разработка новой системы управления ускорителями ИЛУ .....	138
8.3. Разработка новых радиационных технологий .....	138
8.4. Научные и технологические применения промышленных ускорителей серии ЭЛВ .....	139
<b>9. Физика для медицины .....</b>	<b>145</b>
9.1. Статус работ по БНЗТ .....	147
9.1.1. Подъём напряжения на высоковольтных вакуумных зазорах ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией .....	148
9.1.2. Концепция ортогонального вывода терапевтического нейтронного пучка .....	149
9.1.3. Результаты и перспективы .....	150
<b>Библиография .....</b>	<b>151</b>
<b>Список публикаций .....</b>	<b>151</b>
Препринты .....	200
Авторефераты .....	202
Участие в конференциях .....	202
<b>Соглашения о сотрудничестве .....</b>	<b>204</b>
<b>Состав научных сотрудников .....</b>	<b>207</b>
Члены Российской академии наук .....	207
Дирекция .....	207
Учёный совет .....	207
Секции учёного совета по направлениям .....	208
Научные работники и их публикации .....	211

## ВВЕДЕНИЕ

Институт ядерной физики СО АН СССР был создан в соответствии с постановлением Совета Министров СССР в мае 1958 года на базе руководимой Г.И. Будкером Лаборатории новых методов ускорения Института атомной энергии, возглавлявшегося И.В. Курчатовым. С 1977 года Институт возглавляет академик А.Н. Скринский.

В настоящее время ИЯФ СО РАН – самый крупный академический институт страны (более 2800 сотрудников). Среди 413 научных сотрудников Института – 9 академиков и членов-корреспондентов РАН, 62 доктора и 168 кандидатов наук. Особенностью ИЯФ является наличие крупного экспериментального производства (около 1000 человек) с высоким уровнем технического и технологического оснащения.

Институт ведет активную работу по подготовке научных и инженерно-технических кадров высшей квалификации. ИЯФ является базовым Институтом для семи кафедр физического факультета НГУ и физико-технического факультета НГТУ, на которых обучается около 200 студентов. В аспирантуре ИЯФ, НГУ и НГТУ обучается более 60 человек.

ИЯФ является одним из ведущих мировых центров по ряду областей физики высоких энергий и ускорителей, физики плазмы и управляемого термоядерного синтеза. В Институте ведутся крупномасштабные эксперименты по физике элементарных частиц на электрон-позитронных коллайдерах и уникальном комплексе открытых плазменных ловушек, разрабатываются современные ускорители, интенсивные источники синхротронного излучения и лазеры на свободных электронах. По большинству своих направлений Институт является единственным в России.

К числу основных достижений ИЯФ в науке и технике относятся:

### В области физики элементарных частиц и ядерной физики:

- пионерские работы по развитию метода встречных пучков (в настоящее время - основной метод в физике высоких энергий):
  - первые эксперименты по электрон-электронному взаимодействию (одновременно со Принстон-Стэнфордскими работами), 1965 год,
  - первые в мире эксперименты по электрон-позитронному взаимодействию (1967 год),
  - первое в мире наблюдение процесса двойного тормозного излучения (1967 год),
  - пионерские работы по двухфотонной физике;
- исследование характеристик векторных мезонов на установках со встречными электрон-позитронными пучками ВЭПП-2 и ВЭПП-4 (с 1967 года);
- открытие явления множественного рождения адронов в электрон-позитронной аннигиляции;
- прецизионное измерение вклада адронной поляризации вакуума в величину аномального

магнитного момента мюона для одного из наиболее чувствительных тестов Стандартной модели, проводящегося совместно с Брукхевенской национальной лабораторией (1984-2005 годы);

- разработка метода резонансной деполяризации для прецизионного измерения масс элементарных частиц, достижение рекордной точности измерения масс К-, ро-, омега-, фи-, пси- мезонов и ипсилон-мезонов, (1975-2004 гг.);
- открытие эффектов несохранения четности в атомных переходах, подтверждение единой теории электрослабого взаимодействия, (1978 г.);
- разработка метода проведения экспериментов на внутренних сверхтонких мишенях в накопителях (с 1967 года) и исследование электромагнитной структуры дейтрона в поляризационных экспериментах (с 1984 года);
- разработка метода получения интенсивных потоков меченых гамма-квантов высокой энергии на основе использования обратного комптоновского рассеяния (1980-1982 гг.); экспериментальное наблюдение расщепления фотона в кулоновском поле ядра, (1997 г.);
- развитие новых методов детектирования заряженных и нейтральных частиц высокой энергии, создание уникальных детекторов для установок со встречными пучками (ОЛЯ, КМД-1, МД-1, КМД-2, КМД-3, НД, СНД, КЕДР);
- разработка рентгеновских детекторов для медицинских целей и создание на их основе малодозной цифровой рентгенографической установки со сверхнизким уровнем облучения пациента и системы рентгеновского контроля для досмотра людей «Сибскан» (с 1981 года).

### В области теоретической физики:

- разработка резонансной теории динамического хаоса и псевдохаоса в классической и квантовой механике, (с 1959 г.);
- первое вычисление перенормировки заряда в теории Янга-Миллса, (1969 год);
- разработка метода правил сумм КХД (с 1979 г.);
- предсказание большого усиления эффектов несохранения четности в нейтронных резонансах в тяжелых ядрах (1980-1985 гг.);
- разработка теории жестких эксклюзивных реакций в КХД (1977-1984 гг.);
- развитие операторного подхода к квантовой электродинамике во внешних полях (1974 г.);
- разработка квантовой электродинамики в периодических структурах, в том числе в лазерной волне (1972-1997 гг.);
- развитие теории радиационных эффектов при прохождении заряженных частиц и фотонов высокой энергии через ориентированные монокристаллы, (с 1978 г.);

- вывод уравнения эволюции в КХД для распределения партонов по энергии (BFKL-уравнение) (1975-1997 гг.);
- предсказание эффекта когерентности при излучении глюонов в КХД и изучение его влияния на адронные распределения (1981-1982 гг.).

#### **В области физики и технологии ускорителей:**

- успешный многолетний опыт работы по созданию накопителей и установок со встречными пучками;
- изобретение, разработка и экспериментальная проверка метода "электронного охлаждения" для пучков тяжелых частиц, используемого в настоящее время в лабораториях всего мира; обеспечение эффективными «охлаждителями» ускорительные комплексы тяжелых ионов в Германии, Китае, ЦЕРНе (1965-2005 гг.);
- изобретение и разработка новых типов мощных ВЧ генераторов (гирокон, релятивистский клистрон, магнукон), с 1967 года;
- предложение метода линейных электрон-позитронных встречных пучков с целью получения сверхвысоких энергий (1968 год), представление физически самосогласованного проекта, (1978 год);
- разработка элементов сильнопольевой импульсной магнитной оптики (X-линзы, литиевые линзы), используемых в настоящее время в различных лабораториях, (с 1962 года);
- изобретение и экспериментальная проверка метода перезарядной инъекции, применяемого в настоящее время на всех крупных протонных ускорителях, (1960-1964 гг.);
- теоретические и экспериментальные исследования получения поляризованных пучков и спиновой динамики в коллайдерах и ускорителях, концептуальная разработка и создание высокоэффективных спиновых ротаторов и «сибирских змеек» для ряда ускорительных комплексов, (1966-1995 гг.);
- теоретические и экспериментальные исследования стохастической неустойчивости и "эффектов встречи", ограничивающих светимость установок со встречными пучками, (с 1966 года);
- разработка физической концепции нового поколения электрон - позитронных коллайдеров с очень высоким уровнем светимости, так называемых электрон - позитронных фабрик, (с 1987 года);
- предложение и разработка метода ионизационного охлаждения мюонов для создания мюонных коллайдеров и нейтринных фабрик, (с 1969 г.);
- разработка и создание мощных электронных ускорителей малой энергии для различных технологических применений, включая защиту окружающей среды, в том числе ускорители ЭЛВ-12 с мощностью 500 кВт и энергией 1 МэВ и ИЛУ-10 с мощностью до 50 кВт и энергией 5 МэВ, (с 1963 года);

- предложение и реализация схемы ускорителя – рекуператора для лазеров на свободных электронах с высоким КПД, (1979-2003 годы)

#### **В области физики плазмы и термоядерного синтеза:**

- изобретение (1954 год) и создание (1959 год) "классической" открытой магнитной ловушки (пробкотрона) для удержания горячей плазмы;
- изобретение и разработка новых схем открытых ловушек: многопробочной, с вращающейся плазмой, амбиполярной, газодинамической; экспериментальное осуществление многопробочного удержания плазмы с субтермоядерными параметрами на ловушке ГОЛ-3; экспериментальное осуществление стабилизации МГД неустойчивостей в аксиально-симметричной газодинамической ловушке на установке ГДЛ, (с 1971 года);
- открытие бесстолкновительных ударных волн в плазме, (1961 год);
- разработка метода нагрева плазмы релятивистскими электронными пучками, (с 1971 года);
- разработка поверхностно-плазменных высокоинтенсивных источников отрицательных ионов, получивших широкое распространение во всем мире, (1969-1981 гг.);
- предложение и разработка концепции мощного термоядерного источника нейтронов для материаловедения на основе открытой ловушки, (с 1987 г.).
- теоретическое предсказание ленгмюровского коллапса (1972 год), экспериментальное обнаружение сильной ленгмюровской турбулентности и коллапса ленгмюровских волн в магнитном поле, (1989-1997 гг.);
- Создание серии уникальных мощных прецизионных источников атомов водорода для исследования высокотемпературной плазмы для ряда крупных установок, (с 1997 г.)

#### **В области синхротронного излучения и лазеров на свободных электронах:**

- использование синхротронного излучения накопителей ИЯФ для различных научных и технологических целей и создание Сибирского международного центра синхротронного излучения на базе накопителей ВЭПП-2М, ВЭПП-3, ВЭПП-4 (с 1973 года);
- теоретические и экспериментальные исследования излучения частиц в периодических структурах (ондуляторы, вигглеры, кристаллы), с 1972 года;
- разработка и создание специализированных источников синхротронного излучения, с 1983 года;
- разработка и создание одно- и двухкоординатных детекторов для экспериментов с синхротронным излучением, (с 1975 года);
- изобретение и разработка оптического клистрона (1977 год), получение генерации когерентного



излучения от инфракрасной до ультрафиолетовой области спектра, (с 1980 года);

- разработка и создание мощного лазера на свободных электронах (для фотохимических исследований и технологических применений, а также для передачи энергии с Земли на спутник) на основе наиболее перспективной схемы, использующей микротрон - рекуператор; получение мощного (400 Вт) лазерного излучения терагерцового диапазона, (с 1987 года);
- создание серии сверхпроводящих магнитных устройств с сильными полями для источников СИ и электронных накопителей (вигглеры и поворотные магниты с полем до 10 Т, соленоиды с полем до 13 Т), с 1996 года.

Прикладные работы ИЯФ СО РАН целиком базируются на результатах фундаментальных исследований Института и сконцентрированы на следующих основных направлениях:

- Промышленные ускорители электронов высокой мощности, используемые для модификации полимеров, очистки промышленных и бытовых отходов, производства нанопорошков чистых металлов, окиси кремния, оксидов, карбидов и нитридов металлов, радиационной обработки продуктов питания, стерилизации медицинского оборудования и одноразовых инструментов и одежды, и других технологических применений.
- Малодозные цифровые рентгенографические установки сканирующего типа со сверхнизким уровнем облучения пациента для медицины и систем безопасности.
- Разработка установок ядерной медицины для протонной, ионной и бор-нейтрон-захватной терапии злокачественных образований.
- Установки для электронно-лучевой сварки.
- Радиографическое оборудование для исследований оборонного характера.

На протяжении последних 25 лет ИЯФ СО РАН активно использовал возможности финансирования фундаментальных и прикладных работ за счет средств, получаемых от хозяйственной деятельности и выполнения контрактных работ. ИЯФ разрабатывает, производит и поставляет потребителям в страны Европы, Азии, Северной и Южной Америки (более 20 стран), а также в Россию широкий спектр наукоемкой и высокотехнологичной продукции на сотни миллионов рублей ежегодно. На полученные таким образом средства был достроен и введен в эксплуатацию ускорительный комплекс ВЭПП-4М с уникальным детектором КЕДР, разработаны и построены новые крупные современные уникальные установки: электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000, лазер на свободных электронах, новый инжекционный комплекс для обеспечения работы существующих и будущих установок ИЯФ. В течение всего постсоветского периода за счет этих средств поддерживалась непрерывная работа установок ИЯФ и соответствующей инфраструктуры.

ИЯФ отличает широкое многолетнее международное сотрудничество с большинством крупных зарубежных и международных центров. Ярким примером такого сотрудничества является участие ИЯФ в крупнейшем международном проекте современности – создании Большого Адронного Коллайдера в Европейском Центре Ядерных Исследований (г. Женева). В рамках этого сотрудничества ИЯФ разработал, изготовил и поставил в ЦЕРН уникальное высокотехнологичное оборудование стоимостью более 100 миллионов швейцарских франков.

ИЯФ играет ключевую роль в ряде крупных российских проектов, в числе которых: Центр синхротронного излучения в НИЦ "Курчатовский Институт", ускорительный комплекс в ОИЯИ (Дубна), радиографическое оборудование для исследований оборонного значения для ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ" в Снежинске.

В 2014 году в рамках государственного задания Институт выполнял 26 "базовых" проектов в рамках 8 программ по двум направлениям Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, а также 19 проектов в рамках программ Президиума РАН и Отделения физических наук РАН. Институт является исполнителем 3 соглашений в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы", четыре проекта поддержаны Российским научным фондом.

Ежегодно сотрудники Института представляют около 200 докладов на международных и российских конференциях, публикуют около 500 статей в ведущих российских и зарубежных научных журналах, издают монографии и учебные пособия. Согласно материалам, опубликованным в обзоре "Библиометрические показатели Российской науки и РАН" (Вестник РАН, июнь 2009 года, том 79, № 6), количество ссылок на работы ИЯФ СО РАН за 1997-2007 годы, учитываемых в авторитетной международной базе данных ESI, составляет 28267. В соответствии с данными обзора, это значение является максимальным результатом среди всех институтов Российской академии наук. Четверо сотрудников Института являются лауреатами специальной премии издательства Elsevier как самые цитируемые авторы на постсоветском пространстве в области естественных наук.

**Важнейшими достижениями 2014 года Ученый Совет ИЯФ признал следующие результаты:**

**В области ядерной физики, физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий:**

1) Впервые вблизи порога реакции измерено сечение рождения нейтрон-антинейтронных пар в электрон-позитронной аннигиляции. Эксперимент выполнен на коллайдере ВЭПП-2000 с детектором СНД.

2) С высокой точностью измерена скорость распада  $J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c$ , что позволило устранить существовавшее ранее противоречие экспериментальных данных с предсказаниями теории. Эксперимент выполнен на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-4М с детектором КЕДР.

3) Установлено наиболее строгое ограничение на вероятность распада  $\eta'(958)$ -мезона на электрон-позитронную пару. Эксперимент выполнен на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 с детектором КМД-3.

4) С лучшей в мире точностью измерена масса  $\tau$ -лептона в совместном эксперименте с детектором BES-III на электрон-позитронном коллайдере BEPC-II (Пекин, КНР).

5) Впервые измерена асимметрия сечений упругого рассеяния позитронов и электронов на протонах, что позволило определить вклад двухфотонного обмена в этой реакции.

6) Впервые предсказана и вычислена зарядовая асимметрия в процессах фоторождения при высоких энергиях мюон-антимюонных пар в поле тяжелого атома.

#### В области физики плазмы:

1) При дополнительном СВЧ нагреве плазмы достигнута рекордная для квазистационарных магнитных ловушек открытого типа величина электронной температуры 900 эВ на установке ГДЛ.

2) Впервые получено аналитическое решение трёхмерной задачи Пирса.

3) Впервые выполнены расчёты устойчивости вольфрама к механическому разрушению при импульсных тепловых нагрузках с учётом развития пластической деформации

4) Впервые создан сильноточный поверхностно-плазменный источник отрицательных ионов с активным контролем температуры сеточной системы и распределенной подачей цезия на поверхность эмиттера большой площади. Получен пучок ионов Н-с током порядка 1 А, энергией 86 кэВ в импульсах до 8 сек.

5) Разработан новый способ продольного удержания плазмы в линейных открытых ловушках, основанный на активном управлении течением плазмы путем её вращения в спирально-гофрированном магнитном поле.

#### В области физики и техники ускорителей заряженных частиц, источников СИ и ЛСЭ:

1) Разработаны, изготовлены и поставлены в ОИЯИ (г. Дубна) уникальные ускоряющие широкополосные высокочастотные станции на основе новых аморфных магнитных материалов для бустера коллайдера "НИКА"

2) Разработан, изготовлен и успешно испытан новый источник электронов с большим средним током на основе высокочастотного резонатора с

сеточно-управляемым термокатодом для специализированного ускорителя РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров).

3) Осуществлен пуск в эксплуатацию первого промышленного ускорителя электронов ИЛУ-14 с уникальной совокупностью параметров (энергия пучка - до 10 МэВ, мощность пучка - до 100 кВт) в Федеральном Медицинском Биофизическом Центре им. А.И.Бурназяна ФМБА России для разработки новых радиационных технологий

4) Разработана и успешно применена новая система подавления вторичных процессов в ускорительной трубке, позволившая на порядок уменьшить время выхода ускорителя электронов ЭЛВ на проектные параметры

5) Разработана уникальная методика выделения чистого радиоуглеродного пучка, позволившая достигнуть статистической точности измерения концентрации лучше 1% на ускорительном масс-спектрометре в Центре коллективного пользования СО РАН «Геохронология кайнозоя».

6) Разработано и изготовлено уникальное магнитное оборудование для ионного синхротрона для терапии рака MEDAUSTRON (Австрия), позволившее в короткие сроки получить терапевтический пучок с проектными параметрами.

7) Впервые обнаружен масштабный эффект при изучении динамики образования детонационных алмазов с использованием жесткого СИ (ИГИЛ СО РАН, ИХТТМ СО РАН, ИЯФ СО РАН, РФЯЦ ВНИИТФ)

8) Испытан и модернизирован эллипсометр, использующий перестраиваемое по частоте терагерцовое излучение лазера на свободных электронах (ИЯФ СО РАН, ИФП СО РАН, НИИ терапии СО РАМН, Институт молекулярной биологии и биофизики СО РАМН).

В 2014 году указом Президента Российской Федерации от 4 июня 2014г. № 402 академик Кулипанов Геннадий Николаевич награжден Орденом Дружбы.

Лауреатами конкурса мэрии г. Новосибирска на предоставление субсидий молодым учёным и специалистам в сфере инновационной деятельности в 2014 году стали Власов Александр Юрьевич и Кардапольцев Леонид Васильевич.

В отчетном году в Институте продолжали работу три диссертационных Совета с правом приема докторских (кандидатских) диссертаций. Всего проведено 5 заседаний, на которых были защищены 2 докторские и 3 кандидатские диссертации.

Для учащихся, студентов, преподавателей школ и вузов, сотрудников других организаций и гостей Института было проведено более 50 экскурсий по установкам ИЯФ, которые посетило около 2000 человек, проведены выездные лекции в новосибирских школах.

1

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ  
ЧАСТИЦ



## 1.1. ДЕТЕКТОР КМД-3

На рисунке 1.1.1 показана фотография детектора КМД-3 в экспериментальном зале ВЭПП-2000.

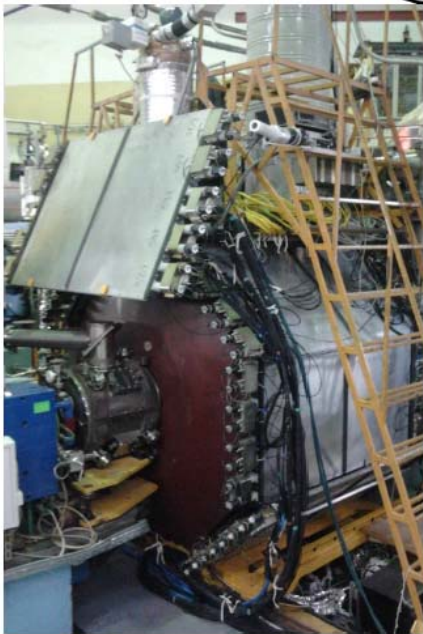


Рис. 1.1.1. Детектор КМД-3 в экспериментальном зале ВЭПП-2000.

В течение 2014 года проводилась модернизация и подготовка систем детектора КМД-3 для работы на обновленном комплексе ВЭПП-2000 с повышенной светимостью.

В течение года была проведена работа по проверке проволочек дрейфовой камеры. Устранены найденные пробой и короткие замыкания. В настоящее время 99,2% проволочек в рабочем состоянии. Разработана, создана и установлена на детектор система контроля и регистрации пробоев, которая позволит значительно повысить надежность работы камеры. Также был выполнен тщательный подбор состава газовой смеси. Z-камера детектора, сконструированная в 1988 – 1991 годах и надежно отработавшая в 1991 – 2000 годы на детекторе КМД-2 и в 2010 – 2013 годах на детекторе КМД-3, в 2014 году была отремонтирована. Также в 2014 году было выполнено сравнение новой электроники Z-камеры с электроникой стандарта КЛЮКВА, которая использовалась на камере до 2013 года. В результате было продемонстрировано, что применение новой электроники улучшает координатное разрешение камеры в 1,5 раза.

Детектор КМД-3 обладает уникальным электромагнитным калориметром, цилиндрическая часть которого состоит из калориметра на основе жидкого ксенона и калориметра на основе кристаллов CsI. Торцевая часть калориметра выполнена на основе кристаллов ортогерманата висмута ( $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ ).

Толщина калориметра и в торцевой и цилиндрической части составляет около 13 радиационных длин. В 2014 году была разработана процедура совместной калибровки всех частей калориметра. Проведена большая работа по созданию алгоритмов объединения («сшивке») кластеров в различных частях калориметра в единый кластер. Определены поправки на энергии фотонов, измеряемые в калориметре.

В ходе тестов калориметра в 2014 году были выявлены нелинейные эффекты в работе электроники калориметра, которые по разному проявляют себя в разных составных частях этой системы. Принято решение о модернизации электроники калориметра для устранения этих нелинейностей.

В рамках модернизации детектора в 2014 году на детекторе КМД-3 установлены новые времяпролетные счетчики. Данная система, которая была создана совместно с учеными из Института теоретической и экспериментальной физики (Москва), выполнена на сцинтилляционных пластинах со сбором света с помощью кремниевых фотоумножителей. Временное разрешение, полученное на прототипе системы, составляет 0,8 нс, как показано на рис.1.1.2.

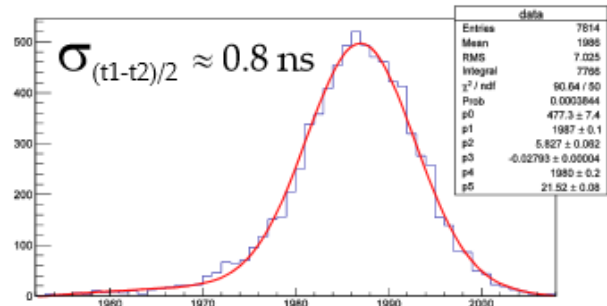


Рис.1.1.2. Распределение по разнице времен прихода сигналов на противоположные концы время пролетного счетчика.

Новая система более надежна, имеет больше каналов. В настоящее время ведется производство электроники для нее.

В 2014 году на детекторе КМД-3 был завершен переход на использование электроники системы сбора данных собственной разработки. В разработанном стандарте используются современная архитектура и схемотехника, обмен информации происходит на основе простого и быстрого протокола передачи данных. Все это позволило уменьшить величину мертвого времени системы сбора данных до уровня 50 мкс, что соответствует требованиям работы при светимости накопителя ВЭПП-2000  $10^{32} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ . В 2015 году в рамках модернизации электроники детектора КМД-3 планируется замена электроники калориметра на жидком ксеноне.

В 2014 году была выполнена оптимизация системы OFFLINE обработки данных с детектора КМД-3. В результате этого было в два раза увеличено количество одновременно обрабатываемых заходов (до 732).

Стало возможным произвести полную обработку всех набранных на детекторе данных (37 ТБ на дисках) за два дня. Всего в 2014 году для анализа ранее накопленных данных было использовано около 1 000 000 часов процессорного времени.

В течение 2014 года активно продолжался анализ данных, набранных на детекторе в 2011-2013 годах. Большой прогресс был достигнут в разработке и оптимизации процедуры определения интегральной светимости. Значения интегральной светимости, полученные по событиям электрон-позитронного рассеяния и по событиям  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ , совпадают с точностью долей процента, как показано на рисунке 1.1.3. Это демонстрирует высокую систематическую точность определения крайне важной для прецизионных измерений величины.

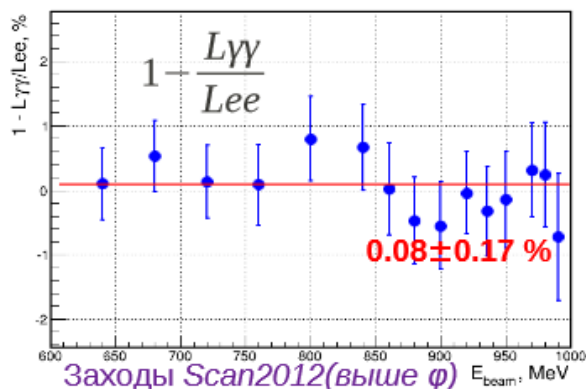


Рис.1.1.3. Сравнение интегралов светимости, определенных в энергетических точках сезона 2012 года по событиям  $e^+e^-$ -рассеяния и по событиям  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ .

Кроме того, на основе данных, набранных в 2013 году при энергии 958 МэВ в системе центра масс, с детектором КМД-3 был выполнен поиск прямого рождения  $\eta'$  мезона. Этот процесс идет в результате аннигиляции двух фотонов, и, если оба фотона реальные, то теория предсказывает его вероятность на уровне  $B(\eta' \rightarrow e^+e^-) = 3.7 \times 10^{-11}$ . Однако, если хотя бы один из фотонов виртуальный или, если динамика процесса рождения более сложная, то эта вероятность может быть на несколько порядков выше.

В результате проделанного анализа не было обнаружено ни одного события прямого рождения  $\eta'$  мезона и был установлен верхний предел на  $B(\eta' \rightarrow e^+e^-) < 1.2 \times 10^{-8}$  при 90% уровне достоверности. Данная величина в 20 раз меньше аналогичного результата, полученного ранее на детекторе ND.

Начато изучение процесса  $e^+e^- \rightarrow \phi(1020)\eta$ , когда  $\phi(1020)$  распадается в пару заряженных каонов, а поиск  $\eta$  мезона ведется в спектре масс отдачи к  $K^+K^-$ . На рисунке 1.1.4 показано предварительное сечение этого процесса, полученное на детекторе КМД-3 (точки без горизонтальных ошибок) в сравнении с результатами эксперимента ВаВар.

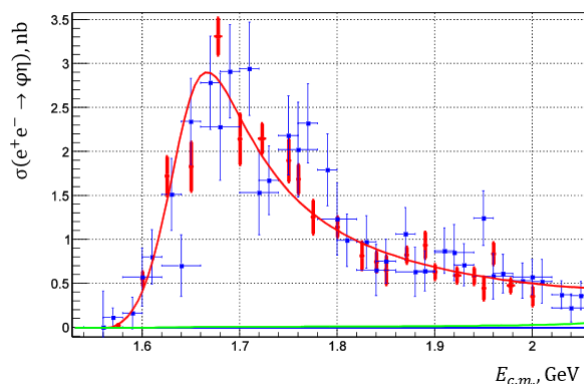


Рис. 1.1.4. Предварительное сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \phi(1020)\eta$ , полученное на детекторе КМД-3 (точки без горизонтальных ошибок) в сравнении с результатами эксперимента ВаВар.

Работы выполнялись при финансовой поддержке Минобрнауки России, базовых проектов ИЯФ СО РАН, проекта отделения физических наук, грантов РФФИ 12-02-31501-а, РФФИ 12-02-31499-а, РФФИ 12-02-31498-а, РФФИ 12-02-01032-а, РФФИ 13-02-00215-а, 14-02-31478-мол., 14-02-00580-а, 14-02-00047-а.

## 1.2. ДЕТЕКТОР СЧД

### 1.2.1. Основные работы в 2014 году.

В 2014 году продолжалась реконструкция комплекса ВЭПП-2000, которая по планам приведет к увеличению светимости установки примерно в 40 раз. На СЧД проводились работы по модернизации детектора, главной целью которых являлось обеспечение возможности записывать и обрабатывать данные при ожидаемом возрастании светимости коллайдера. Продолжался анализ данных экспериментов 2010-2013 годов.

### 1.2.2. Состояние детектора.

Завершаются работы по изготовлению второго экземпляра трековой системы (ТС) (Рис.1.2.1), в котором ожидается уменьшение взаимных наводок между катодными полосками и, следовательно, улучшение загрузочной способности: закончена распайка высоковольтных кроссов на торцах камеры, на фланцах установлены промежуточные платы для съема сигналов с анодных проволоочек и катодных полосок, изготовлены кабели для подключения трековой системы к front-end электронике СЧД.

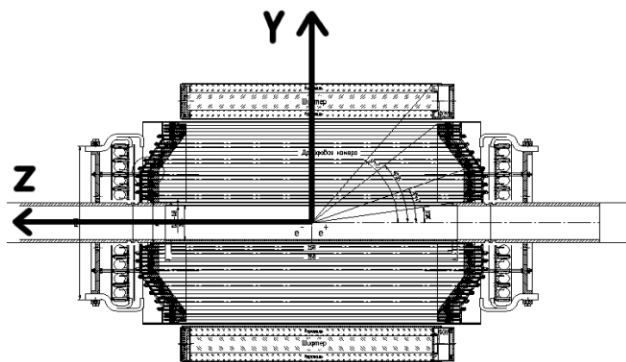


Рис. 1.2.1. Трековая система СЧД.

Основной частью детектора СЧД является калориметр из 1640 сцинтилляционных счётчиков на основе кристаллов NaI(Tl). Главная проблема работы калориметра - выход из строя ЗЧУ и фототриодов со скоростью 8 каналов/год (0,5% в год). Для повышения ремонтпригодности каналов калориметра разработана новая электроника. В 2014 году завершена замена электроники и проведено тестирование калориметра по космике.

Для увеличения загрузочной способности системы сбора данных (ССД) необходимо уменьшение мертвого времени электроники и увеличение пропускной способности системы сбора данных СЧД.

Мертвое время электроники СЧД обуславливается особенностями реализации плат оцифровки сигналов в конструктиве КЛЮКВА. Основной вклад в мертвое время вносит оцифровка плат калориметра (40 мкс) и вычитывание оцифрованных данных по магистрали КЛЮКВА (около 75 мкс). В предыдущих экспериментах суммарное мертвое время электроники СЧД составляло 122 мкс, что соответствует мертвому времени до 10% при загрузке до 1 кГц.

Планируется постепенный переход от считывания плат электроники по магистрали КЛЮКВА на их считывание по Ethernet. КЛЮКВА будет использоваться как конструктив. В этом направлении сделан первый шаг - перевод на новую электронику катодных полосок ТС. Новая плата для катодных полосок содержит 24 канала 12-разрядных флэш-АЦП. Считывание происходит по протоколу TCP/IP. Максимальная скорость считывания равна 40 Мб/с. Это позволит уменьшить мертвое время электроники до 90 мкс и увеличить загрузочную способность электроники примерно в 2 раза.

Для увеличения пропускной способности ССД ведется организация сети достаточной пропускной мощности для чтения фрагментов событий с сетевых интерфейсов новой оцифровывающей электроники. Нарращивание мощности сети проводится по мере интеграции сетевой электроники. На первом этапе была организована сеть для чтения новых плат полосок дрейфовой камеры отдельно от остальной электроники. Кроме того, производится увеличение мощности компьютерной подсистемы.

В 2014 была собрана новая ферма из 8 серверов типа HP ProLiant DL380e Gen8: системная плата Supermicro X9DRD-iF с двумя 6-ти ядерными процессорами Intel Xeon CPU E5-2620. Конфигурация Фермы централизованно управляется через систему управления Puppet. На ферме планируется совмещать чтение и построение событий с программным отбором.

### 1.2.3. Состояние программного обеспечения.

Разработан прототип программы чтения данных с учетом новых модулей. В настоящее время прототип тестируется, проводится интеграция в систему сбора данных. Основные изменения в программном обеспечении (ПО) связаны с чтением новых модулей и с построением события от гетерогенных источников (КЛЮКВА и новые платы). В планах - глубокое распараллеливание чтения и постепенный дрейф компонент триггера из электроники в ПО.

Основные изменения в программном обеспечении для системы обработки данных связаны с использованием нового алгоритма выделения треков (гистограммный метод по парам точек), применением новых, более точных калибровок, использованием более реалистичного моделирования. Разработаны калибровки положения и ориентации калориметра и места встречи относительно трековой системы. С

помощью пропорциональной камеры проведена абсолютная калибровка дрейфовой камеры. Разработан набор калибровок для черенковского счетчика (ЧС). Накопленные экспериментальные события (сезоны с 2010 по 2013 года) обработаны заново с новым ПО и калибровками.

Моделирование делается также с учетом откалиброванных положения калориметра, места встречи, ЧС. Используются реалистичные (откалиброванные) значения коэффициентов преломления в ЧС. Скорректирована энергия частиц в калориметре, амплитуды в пропорциональной камере, учтен эффект насыщения амплитуды в дрейфовой камере, уточнены пороги срабатывания мюонной системы. Созданы первичные генераторы рождения неподвижной частицы для изучения рождения  $\eta$  и  $\eta'$ .

#### 1.2.4. Анализ данных СНД.

Закончен анализ процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ , по результатам отправлена статья в ЖЭТФ. На Рис. 1.2.2 приведено сечение процесса вместе с данными предыдущих экспериментов СНД на ВЭПП-2М и ВаВаг. Результаты по сечению согласуются с измерениями СНД на ВЭПП-2М и данными эксперимента ВаВаг. На сегодняшний день это самое точное измерение. Два максимума в сечении соответствуют резонансам  $\omega(1450)$  и  $\omega(1680)$ . Их вклады интерферируют с вкладами от  $\omega(782)$ - и  $\Phi(1020)$  - мезонов и между собой.  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  - это единственная реакция, в которой наблюдается резонанс  $\omega(1450)$ . Выше 1,8 ГэВ вкладов известных резонансов недостаточно для описания измеренного сечения.

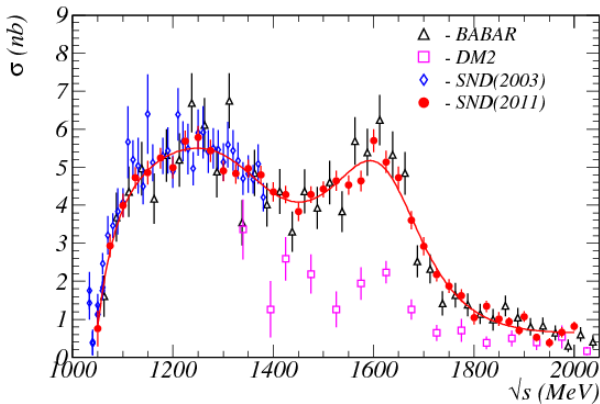


Рис. 1.2.2. Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ .

По результатам анализа процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\eta$  написана статья, которая отправлена в Phys. Rev. D (arXiv:1412.1971). Обычно предполагается, что в реакции доминирует промежуточное состояние  $\rho^0(770)\eta$ . На рис. 1.2.3. приведены экспериментальное (точки с ошибками) и моделированное в гипотезе промежуточного состояния  $\rho^0(770)\eta$  (гистограмма)

распределения по инвариантной массе 2-х пионов. Видно, что имеется вклад другого механизма этой реакции, предположительно,  $\rho^0(1450)\eta$ .

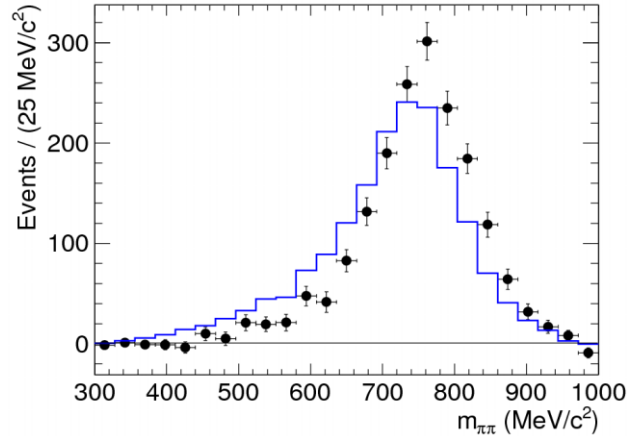


Рис. 1.2.3. Распределение по инвариантной массе 2-х пионов.

Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\eta$  приведено на Рис.1.2.4. Измеренное сечение согласуется с данными эксперимента ВаВаг, но имеет лучшую точность. В сечении доминирует вклад резонанса  $\rho(1450)$ . Вклад от  $\rho(1700)$  мал.

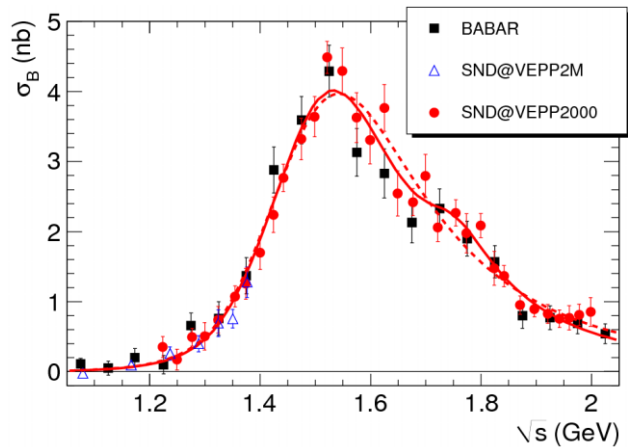


Рис. 1.2.4. Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\eta$ .

При аппроксимации сечения было получено:

$$B(\rho' \rightarrow e^+e^-)B(\rho' \rightarrow \pi^+\pi^-\eta) = (4,3 \pm 1,1) \times 10^{-7}.$$

Из сравнения с другими каналами распада резонанса  $\rho(1450)$  можно получить отношения

$$B(\rho' \rightarrow \omega\pi) : B(\rho' \rightarrow \pi^+\pi^-\eta) : B(\rho' \rightarrow \pi^+\pi^-) = (12,3 \pm 3,1) : 1 : (1,3 \pm 0,4).$$

Предсказания для этих отношений в различных моделях меняются в следующих пределах: (7 - 8) : 1 : (4 - 10). Видно, что имеется неудовлетворительное согласие между теорией и экспериментом для распада  $\rho' \rightarrow \pi^+\pi^-$ . Согласно гипотезе сохранения векторного тока (CVC), в распаде  $\tau \rightarrow \eta \pi^- \pi^0 \nu_\tau$  и реакции  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\eta$  участвует один и тот же адронный ток.



Вычисленная в соответствии с этой гипотезой по результатам эксперимента вероятность распада

$$B_{\text{CVC}}(\tau \rightarrow \eta \pi^- \pi^0 \nu_\tau) = (0,156 \pm 0,011)\%$$

согласуется с измеренным значением

$$B_{\text{exp}}(\tau \rightarrow \eta \pi^- \pi^0 \nu_\tau) = (0,139 \pm 0,010)\%.$$

Получены предварительные результаты исследования процесса  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ . События отбирались с использованием черенковского счетчика. На Рис. 1.2.5 приведен спектр энерговыведения в калориметре для событий с двумя коллинеарными треками при условии, что для одной из частиц черенковский счетчик не сработал. Процесс  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$  подавляется этим условием в 300 раз.

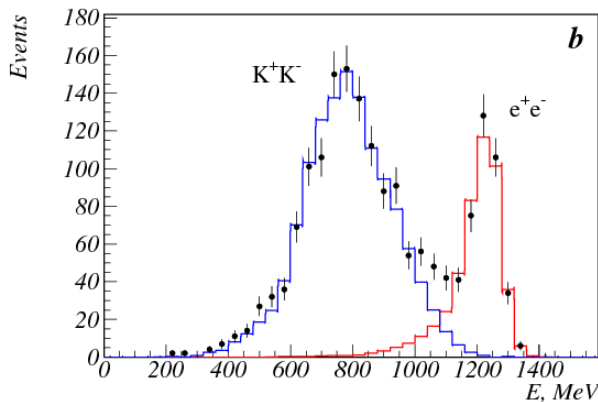


Рис. 1.2.5. Распределение энерговыведения в калориметре для событий с двумя коллинеарными треками при условии, что для одной из частиц черенковский счетчик не сработал.

На Рис. 1.2.6 приведен предварительный результат измерения полного сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ . Наши результаты согласуются с данными эксперимента BaBar и имеют сравнимую точность. Измеренное сечение имеет сложную структуру.

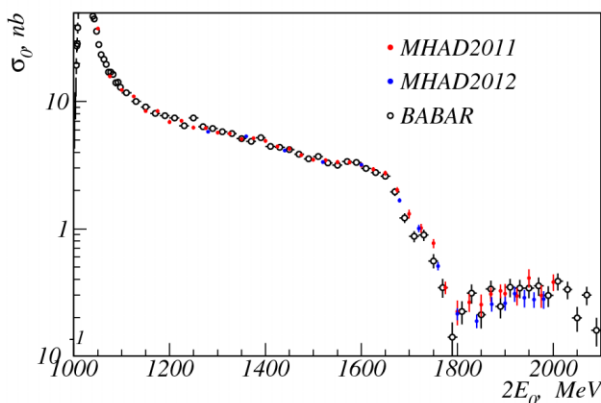


Рис. 1.2.6. Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ .

На Рис. 1.2.7 приведен предварительный результат измерения сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow p \text{ anti-p}$  по данным сканирования 2011 и 2012 годов.

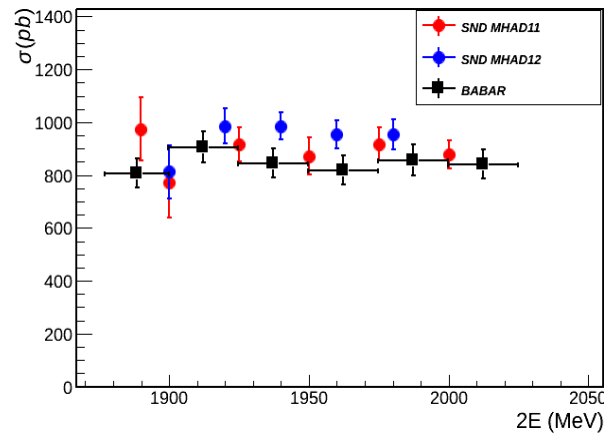


Рис. 1.2.7. Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow p \text{ anti-p}$ .

Сечение практически постоянно вблизи порога, хотя было естественно ожидать падения к порогу как  $\beta = (1-4m_p^2/s)^{1/2}$ . На рис. 1.2.8 приведено измеренное угловое распределение протонов. При аппроксимации распределения получено отношение формфакторов  $|G_E/G_M|=1,64 \pm 0,26$ . Мы подтверждаем результат BaBar, что  $|G_E/G_M|$  вблизи порога сильно отличается от единицы. Этот результат является неожиданным, так как на пороге  $G_E = G_M$ .

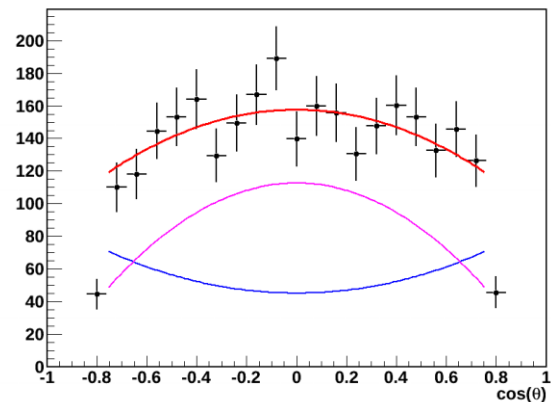


Рис. 1.2.8. Зависимость сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow p \text{ anti-p}$  от полярного угла  $\theta$ .

По результатам исследования процесса  $e^+e^- \rightarrow n \text{ anti-n}$  в 2014 году напечатана статья (Phys. Rev. D 90, 112007). На рис. 1.2.9 приведено измеренное сечение этого процесса. Видно, что сечение  $e^+e^- \rightarrow n \text{ anti-n}$  постоянно и с точностью до ошибок совпадает с протонным, что противоречит наивной оценке из зарядов кварков  $\sigma_p/\sigma_n = 4$ .

Из равенства нейтронного и протонного сечений следует, что в процессах  $e^+e^- \rightarrow N \text{ anti-N}$  доминирует либо изоскалярная ( $I=0$ ), либо изовекторная ( $I=1$ ) амплитуда. Возможными причинами такого поведения сечения может быть либо подпороговый резонанс, либо взаимодействие в конечном состоянии. На Рис. 1.2.9. приведены результаты измерения формфактора  $n \text{ anti-n}$  (СНД) и  $p \text{ anti-p}$

(BaBar). Видно, что фотонный и протонный формфакторы вблизи порога равны.

00129-а, 14-02-31375-мол\_а, научной школы НШ-2479.2014.2, гранта президента РФ МК-4285.2014.2

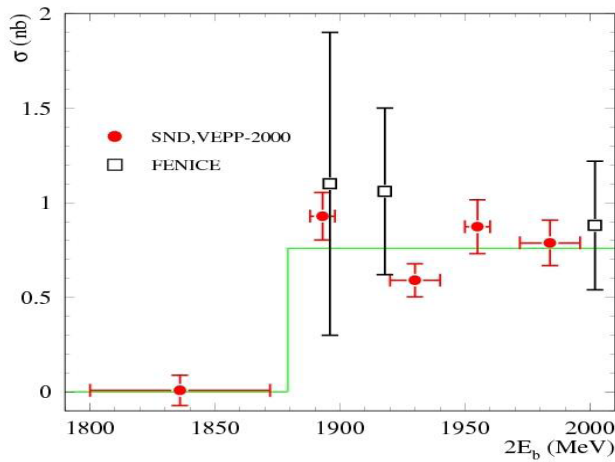


Рис. 1.2.8. Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow n \text{ anti-}n$ .

Проблема равенства нейтронного и протонного сечений была исследована в работе V. F.Dmitriev, A.I.Milstein, S.G.Salnikov Phys.Atom.Nucl. 77 (2014) 1173. Было показано, что потенциал  $N \text{ anti-}N$  обеспечивает притяжение в случае  $I=0$  и отталкивание при  $I=1$ , а предсказанное энергетическое поведение сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow p \text{ anti-}p$  для  $I=0$  воспроизводит форму экспериментального сечения от порога до  $2E=2,2$  ГэВ.

В статье А.Е. Obrazovsky, S.I. Serednyakov JETP Lett. 99 (2014) 363 исследовалось энергетическое поведение сечения изовекторных процессов  $e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+ \pi^-) + 2(\pi^+ \pi^- \pi^0)$ . Было показано, что в полном сечении  $e^+e^- \rightarrow$  адроны появление процессов  $e^+e^- \rightarrow N \text{ anti-}N$  полностью компенсируется провалом в сечении процессов  $e^+e^- \rightarrow 3(\pi^+ \pi^-) + 2(\pi^+ \pi^- \pi^0)$  (Рис. 1.2.10.) В других процессах сравнимых по величине особенностей в сечении вблизи порога  $N \text{ anti-}N$  не наблюдается.

Работы выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России, грантов РФФИ 12-02-00065-а, 12-02-01250-а, 13-02-00375, 13-02-00418-а, 14-02-

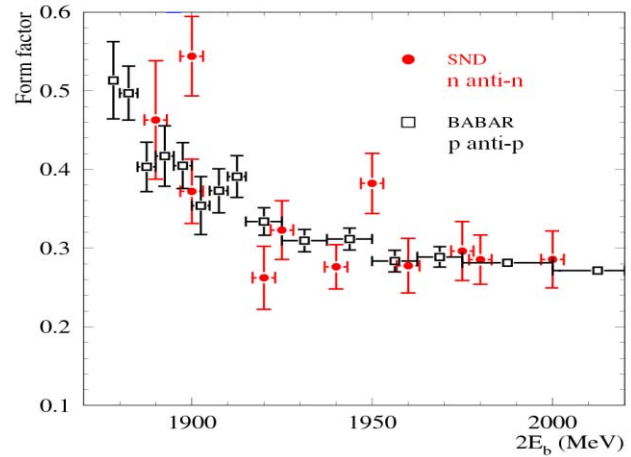


Рис. 1.2.9. Формфактор  $n \text{ anti-}n$  (СНД) и  $p \text{ anti-}p$  (BaBar).

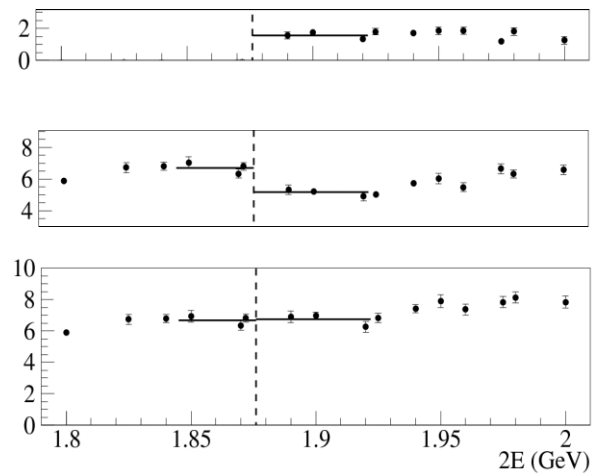


Рис. 1.2.10. Верхний график – сечение  $p \text{ anti-}p + n \text{ anti-}n$ , средний – сечение бЛ, нижний – сечение  $p \text{ anti-}p + n \text{ anti-}n + \text{бЛ}$ . Сечения приведены в нб.

## Детектор КЕДР

Детектор КЕДР — это универсальный магнитный детектор, эксперименты с которым ведутся на  $e^+e^-$ -коллайдере ВЭПП-4М в области энергий от 2 до 11 ГэВ в системе центра масс. Кроме того, детектор включает систему регистрации рассеянных электронов для изучения  $\gamma\gamma$ -физики и мониторинга светимости. Параметры детектора КЕДР находятся на уровне параметров лучших детекторов, работающих в мире в этой области энергий.

В мае 2014 года был начат экспериментальный заход. Цель эксперимента - измерение  $R$  в области энергии пучка 3,08-3,72 ГэВ в СЦМ. В 2011 году данная область энергии уже была просканирована, о предварительных результатах измерения  $R$  будет рассказано ниже. Дополнительная статистика с прошедшим разборку, ремонт и модернизацию детектором позволит уменьшить уровень систематических ошибок.

Набор интеграла светимости планировался в 7 точках по энергии с шагом 50 МэВ. Для учёта радиационных поправок путём вычитания вклада резонансов должны проводиться сканирования  $J/\psi$  и  $\psi(2S)$  по 5 точек каждое. В 2014 году набран интеграл светимости около  $1,3 \text{ пб}^{-1}$  в 6 точках. Набор статистики для измерения  $R$  будет продолжен в 2015 году.

Начато исследование распадов  $J/\psi$  на два заряженных адрона и фотон. Хотя процессы  $J/\psi \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$  и  $J/\psi \rightarrow K^+K^-\gamma$  наблюдались в ряде экспериментов с значительной статистикой, измерялись не их инклюзивные бранчинги, а только вклады в них различных резонансов. На детекторе КЕДР имеется возможность провести первые измерения инклюзивных бранчингов  $J/\psi \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$  и  $J/\psi \rightarrow K^+K^-\gamma$  и значительно улучшить точность измерения  $J/\psi \rightarrow p\bar{p}\gamma$ . Для разделения предполагается использовать систему аэрогелевых черенковских счётчиков, установленную в детектор в полном объёме в 2013 году. Набрана статистика около  $100 \text{ нб}^{-1}$ , что позволяет начать обработку этих процессов.

### 1.3.1. Результаты работы детектора КЕДР на коллайдере ВЭПП-4М в 2014 году

В течение 2014 года активно велась обработка статистики, набранной на коллайдере ВЭПП-4М в эксперименте КЕДР. Основные результаты приведены ниже:

- Опубликован результат прямого измерения величины  $\Gamma_{ee}\Gamma_{\mu\mu}/\Gamma\psi(2S)$  мезона.
- Завершено исследование процесса  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$ .
- Проведено предварительное измерение величины  $R$  по данным 2011 года.

- Начато исследование распадов  $J/\psi \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$  и  $J/\psi \rightarrow K^+K^-\gamma$ .

Более подробное описание перечисленных работ дано ниже.

### 1.3.2. Измерение $\Gamma_{ee}\Gamma_{\mu\mu}/\Gamma$ $\psi(2S)$ -мезона

Проведено прямое измерение произведения лептонной ширины на вероятность распада в пару мюонов  $\psi(2S)$  мезона и получен результат:

$$\Gamma_{ee}\Gamma_{\mu\mu}/\Gamma = (9,4 \pm 0,4 \pm 1,1) \text{ эВ.}$$

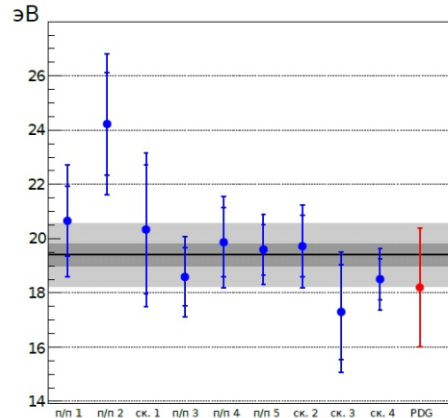


Рис. Сравнение  $\Gamma_{ee}\Gamma_{\mu\mu}/\Gamma$ , полученных в эксперименте КЕДР и среднемировое значение. Суммарный результат КЕДРа показан горизонтальной линией, его ошибки - серыми полосами.

Точность полученного результата примерно в два раза лучше среднемировой, полученной перемножением  $\Gamma_{e^+e^-}$  и  $B_{\mu\mu}$ .

### 1.3.3. Измерение вероятности распада $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$ и параметров $\eta_c$ мезона на детекторе КЕДР.

Радиационный магнитно-дипольный переход  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$  заметно выделяется среди известных радиационных переходов между уровнями чармония. С одной стороны, вероятность его распада может быть легко рассчитана с использованием потенциальных моделей. В нерелятивистском приближении эта вероятность не зависит от выбора потенциальной модели, поскольку матричный элемент перехода определяется перекрытием волновых функций начального и конечного состояний, которые для перехода между этими 1S-уровнями чармония совпадают, и поэтому равен единице. Расчёт без учёта релятивистских поправок даёт для относительной вероятности распада величину  $B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c) = 3,05\%$ . Можно предположить, что релятивистские поправки

к этой величине, как и для электрических дипольных переходов в чармонии, будут порядка  $(v/c)^2 \approx 20 - 30\%$ , где  $v$  — характерная скорость  $c$ -кварка в чармонии,  $c$  — скорость света. Многочисленные расчёты с учётом релятивистских поправок подтверждают это. С другой стороны, экспериментальные значения для этой вероятности заметно отличаются от предсказаний. В 1986 году группа Crystal Ball выполнила измерение в инклюзивном спектре фотонов и получила значение  $B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c) = (1,27 \pm 0,36)\%$ . В 2009 году группа CLEO измерила вероятность этого перехода, анализируя спектры фотонов для нескольких эксклюзивных каналов распада  $\eta_c$ . Полученное значение  $B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c) = (1,98 \pm 0,09 \pm 0,30)\%$  ближе к теоретическим предсказаниям, однако всё равно плохо согласуется с последними, наиболее точными расчетами методами решётчатой КХД, которые дают значение  $B(J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c) = (2,84 \pm 0,12)\%$ . Таким образом, для данного распада имеется явное несогласие предсказаний теории и экспериментальных данных, тогда как для других радиационных переходов в чармонии теория и эксперимент хорошо согласуются.

В 2013-2014 годах на детекторе КЕДР ускорительного комплекса ВЭПП-4М выполнено новое измерение вероятности этого распада, а также массы и ширины  $\eta_c$ -мезона. Измерение проведено с использованием статистики, набранной в 2007-2009 годах. Набранный интеграл светимости в пике  $J/\psi$  мезона составил  $1,5 \text{ pb}^{-1}$ , что соответствует примерно  $6 \cdot 10^6$  рождённым  $J/\psi$ .

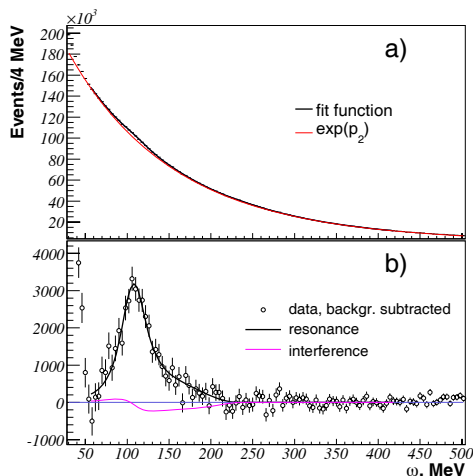


Рис. Вверху — инклюзивный спектр фотонов в распаде  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$ . Внизу — спектр после вычитания подложки.

Анализ данных производился в инклюзивном спектре фотонов с учётом асимметрии фотонной линии и интерференции с нерезонансной подложкой. Нарис. показан инклюзивный спектр фотонов и его подгонка суммой сигнала и подложки.

Сигнал имеет форму  $d\Gamma/d\omega \sim \omega^3 f(\omega) BW(\omega)$ , где  $\omega$  — энергия фотона,  $BW(\omega)$  — функция Брейта-Вигнера,  $f(\omega)$  — поправочная функция, вблизи резонанса примерно равная единице. Благодаря наличию множителя  $\omega^3$  и вследствие того, что  $\eta_c$ -мезон довольно широкий (отношение ширины к энергии перехода  $\Gamma/\omega_0 \sim 30 \text{ МэВ}/114 \text{ МэВ} \sim 1/4$ ) форма линии в этом распаде заметно отличается от брейт-вигнеровской. Кроме того, появляется заметный «хвост» спектра при больших энергиях фотона, что приводит к большой модельной неопределённости при измерении брэнчинга распада. Поэтому удобнее измерять другую величину, которая характеризует скорость перехода и имеет небольшую модельную ошибку — парциальную ширину распада в пределе узкого резонанса. Она определяется в основном высотой резонанса и слабо зависит от «хвоста» спектра.

В результате анализа данных получены следующие значения для массы и ширины  $\eta_c$ -мезона:

$$M_{\eta_c} = (2983,5 \pm 1,4_{-3,6}^{+1,6}) \text{ МэВ}/c^2,$$

$$\Gamma_{\eta_c} = (27,2 \pm 3,1_{-2,6}^{+5,4}) \text{ МэВ}.$$

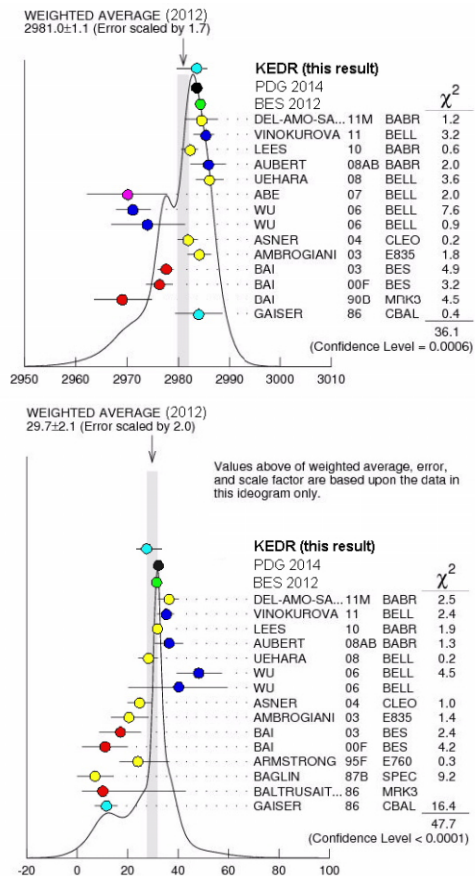


Рис. Сравнение результатов измерений массы (вверху) и ширины (внизу)  $\eta_c$ -мезона на детекторе КЕДР с результатами других экспериментов.

В пределах ошибок измерения эти величины согласуются со среднемировыми значениями. На рис. результаты показаны в сравнении с результатами измерений этих величин, полученными другими группами в распадах  $J/\psi$ -мезонов,  $\psi$ -мезонов,  $\gamma\gamma$  и  $p\bar{p}$ -столкновениях. В экспериментах, выполненных группами BES и MARK3, измерения проводились также в распадах  $J/\psi$ , однако резонанс в спектре подгонялся просто кривой Брейта-Вигнера, без учёта множителя  $\omega^3$ . Это привело к тому, что полученные значения массы занижены примерно на 4-5 МэВ. В эксперименте группы Crystal Ball этот множитель учтён, и полученное значение для массы хорошо согласуется с последними наиболее точными измерениями.

Для парциальной ширины распада  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$  в пределе узкого резонанса получено следующее значение:

$$\Gamma_{\eta_c}^0 = (2,98 \pm 0,18_{-0,33}^{+0,15}) \text{ кэВ.}$$

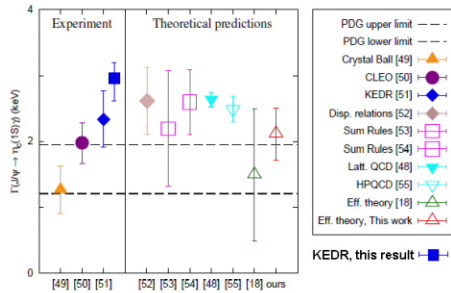


Рис. Парциальная ширина распада  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$  в пределе узкого резонанса.

На рис. показан этот результат в сравнении с результатами предыдущих измерений Crystal Ball, CLEO, KEDR (2010), а также теоретическими расчётами. Наш результат лежит заметно выше предыдущих измерений Crystal Ball и CLEO, но хорошо согласуется с последними расчётами на основе решёточной КХД.

### 1.3.4. Измерение $R$ на КЕДРе

Величина  $R$  определяется как отношение полного адронного сечения в реакции электрон-позитронной аннигиляции к теоретическому сечению рождения  $\mu^+\mu^-$ . Измерения  $R$  важны для определения аномального магнитного момента мюона  $(g-2)_\mu$  и значения бегущей постоянной тонкой структуры.

Следует отметить, что систематические ошибки являются основными во всех экспериментах по измерению значения  $R$  в области энергий от  $J/\psi$  до  $\psi(2S)$ . Для увеличения точности среднемировых значений необходимо проведение большого числа независимых экспериментов.

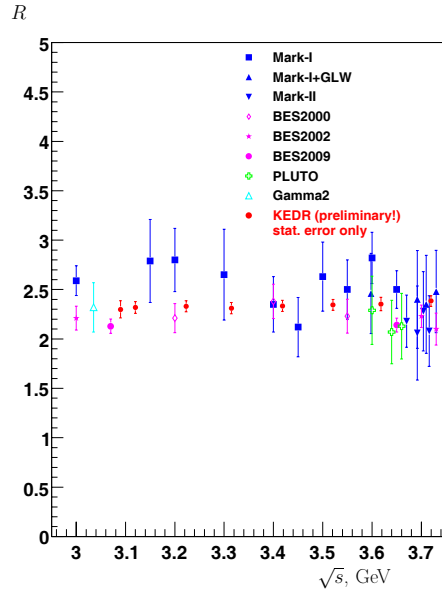


Рис. Сводка результатов по  $R$  при энергии 3,1-3,7 GeV и предварительные результаты КЕДР.

В 2011 область между  $J/\psi$  и  $\psi(2S)$  резонансами была просканирована в экспериментах на КЕДР, набран интеграл светимости около  $1,4 \text{ pb}^{-1}$ .

В данном анализе вычитались «хвосты»  $J/\psi$  и  $\psi(2S)$  резонансов из наблюдаемого сечения, при этом поляризация вакуума вычислялась без вклада этих резонансов. Принимались в расчет вклады фоновых физических процессов, таких как рождение  $\mu^+\mu^-$ ,  $\tau^+\tau^-$  и двухфотонное рождение адронов.

$$R = \frac{\sigma_{obs}(s) - \sum \epsilon_{\psi}^{tail}(s)\sigma_{\psi}^{tail}(s) - \sum \epsilon_{bg}^i(s)\sigma_{bg}^i(s)}{\epsilon(s)(1 + \delta(s))\sigma_{\mu\mu}^0} \quad (1)$$

где  $\sigma_{obs}(s) = \frac{N_{mh} - N_{res.bg.}}{\int \mathcal{L} dt}$ , и  $N_{mh}$  – число событий, прошедших многоадронные условия отбора,  $N_{res.bg.}$  – остаточный машинный фон,  $\epsilon(s)$  – адронная эффективность. Код для генерации многоадронных событий был любезно предоставлен коллаборацией BES.  $\sum \epsilon_{\psi}^{tail}(s)\sigma_{\psi}^{tail}(s)$  – вклад от  $J/\psi$  и  $\psi(2S)$  резонансов,  $\sum \epsilon_{bg}^i(s)\sigma_{bg}^i(s)$  – вклад физических процессов:  $e^+e^- \rightarrow l^+l^-$  и  $\gamma\gamma$ .

$$1 + \delta(s) = \int dx \frac{\mathcal{F}(s, x)}{|1 - \Pi_0(s(1-x))|^2} \frac{R(s(1-x))\epsilon(s(1-x))}{R(s)\epsilon(s)}, \quad (2)$$

где  $\mathcal{F}(s, x)$  – вероятность потери доли  $x$  от инварианта  $s$  в процессе излучения в начальном состоянии [?].  $\Pi_0$  – поляризационный оператор, не включающий вклад  $J/\psi$  и  $\psi(2S)$ .

Предварительные результаты представлены на рис. Основные источники систематической неопределённости перечислены в таблице 1.

Таблица 1: Основные систематические неопределённости в значении  $R$ .

Источник	Ошибка, %
Измерение светимости	1,0-2,0
Первичное моделирование	3,0-3,5
Вычисление радиационной поправки	1,0
Отклик детектора	1,0
Остаточный фон ускорителя	1,0
Квадратичная сумма	3,6-4,4

Для определения ошибки в значении  $R$  в каждой точке по энергии рассматривались следующие источники систематической неопределённости: светимость, радиационные поправки, первичное моделирование многоадронных событий, отклик детектора, остаточный ускорительный фон.

Представлен предварительный результат измерения  $R$  в диапазоне энергий 3,1-3,7 ГэВ. Для улучшения точности  $R$  набраны дополнительные данные на энергии  $J/\psi - \psi(2S)$  в течение 2014 года.

## 1.4. КРИОГЕННЫЕ ЛАВИННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

Направление Криогенных Лавинных Детекторов (КЛД) ранее описывалось в отчетах ИЯФ в рамках подраздела Микроструктурных Газовых Детекторов (МСГД). С 2014 года тема КЛД выделена в отдельный подраздел. Работа проводилась сотрудниками ИЯФ в нескольких направлениях:

1) Развитие двухфазных криогенных лавинных детекторов (КЛД или CRAD) на основе толстых ГЭУ (ТГЭУ или THGEM) для низкофоновых экспериментов по поиску темной материи и регистрации когерентного рассеяния нейтрино на ядрах;

2) Измерение ионизационного выхода ядер отдачи в жидком Ar с помощью двухфазного КЛД и нейтронного генератора, для решения проблемы энергетической калибровки детекторов темной материи;

3) Участие в международной коллаборации RD51 в CERN по развитию микроструктурных газовых детекторов.

Основной научный задел по направлению КЛД сконцентрирован в совместной Лаборатории космологии и элементарных частиц (ЛКЭЧ) Физического факультета НГУ и ИЯФ, созданной сотрудниками ИЯФ и ИТЭФ в 2011-2014 годах в рамках Мегагранта НГУ. Основной целью экспериментальной части ЛКЭЧ является развитие новых методов регистрации ядер отдачи для экспериментов по поиску темной материи и регистрации когерентного рассеяния нейтрино на ядрах - с помощью разработки двухфазных КЛД предельной чувствительности на основе жидкого Ar. В 2012-2014 годах были полностью укомплектованы криогенно-вакуумные системы разрабатываемого детектора темной материи и частично – системы зарядового и оптического считывания сигналов и считывающей электроники.

На Рис. 1.4.1 показана принципиальная схема двухфазного КЛД в Ar для поиска темной материи и когерентного рассеяния нейтрино. Конечной целью данного проекта является разработка новых методов регистрации темной материи с использованием двухфазных КЛД предельной чувствительности, в Ar и Xe, на основе ГЭУ. В основе метода лежит усиление предельно слабых сигналов от ядер отдачи, образованных в криогенной жидкости от рассеяния частиц темной материи, в газовой фазе с помощью умножителя электронов на основе каскадных ГЭУ. Уникальность разрабатываемого нами двухфазного КЛД состоит в том, что он должен быть способен работать в режиме счёта одиночных электронов первичной ионизации, что соответствует очень маленькой энергии, выделенной в жидкости (менее 1 кэВ), причём с достаточно высоким пространственным разрешением (менее 1 см) и крайне низким уровнем шума. Предельная чувствительность

детектора достигается за счёт оригинальной идеи по использованию комбинированного умножителя, состоящего из ТГЭУ и гейгеровских лавинных фотодиодов (ГЛФД или GAPD), осуществляющих оптическое считывание с ТГЭУ в ближней инфракрасной (ИК) области спектра. Такой детектор будет существенно (в несколько раз) превосходить имеющиеся детекторы темной материи по чувствительности за счёт способности работать в режиме счёта одиночных электронов при улучшенном (менее 1 см) пространственном разрешении.

Для выполнения проекта создаются две уникальные установки, а именно двухфазный КЛД меньшего и большего размера с объёмом криогенной камеры, соответственно, 9 л и 160 л. На первой установке проводятся измерения для получения запланированных результатов по двухфазному КЛД с комбинированным умножителем ГЭУ/ГЛФД-матрица и по отклику двухфазного КЛД на рассеяние нейтронов для измерения ионизационного выхода ядер отдачи. При разработке второй установки будут обрабатываться её основные элементы для создания практического двухфазного КЛД.

Совместно с лабораториями физики плазмы ИЯФ проводились работы по разработке и созданию нейтронного DD генератора с энергией нейтронов 2,45 МэВ. В частности, на Рис. 1.4.2 показана экспериментальная установка с двухфазным КЛД с криогенной камерой объёмом 9 л и нейтронным генератором.

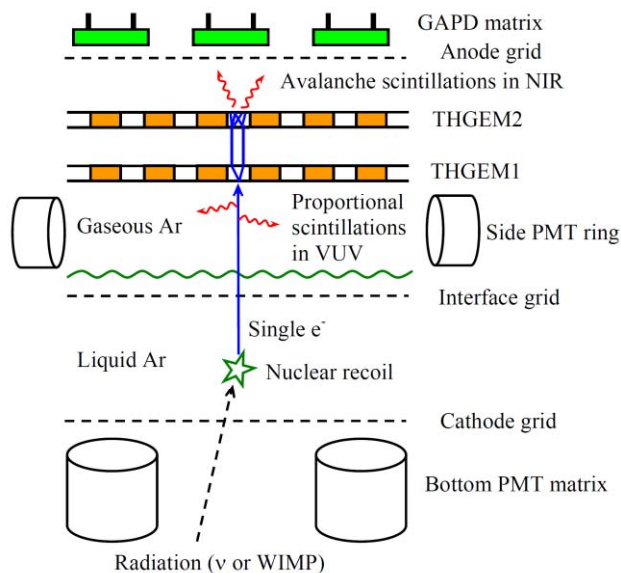


Рис. 1.4.1. Принципиальная схема двухфазного КЛД в Ar с комбинированным умножителем ТГЭУ/ГЛФД-матрица.



Рис. 1.4.2. Внешний вид экспериментальной установки с двухфазным КЛД с криогенной камерой объемом 9 л и нейтронным генератором (длинная труба под двухфазным КЛД).

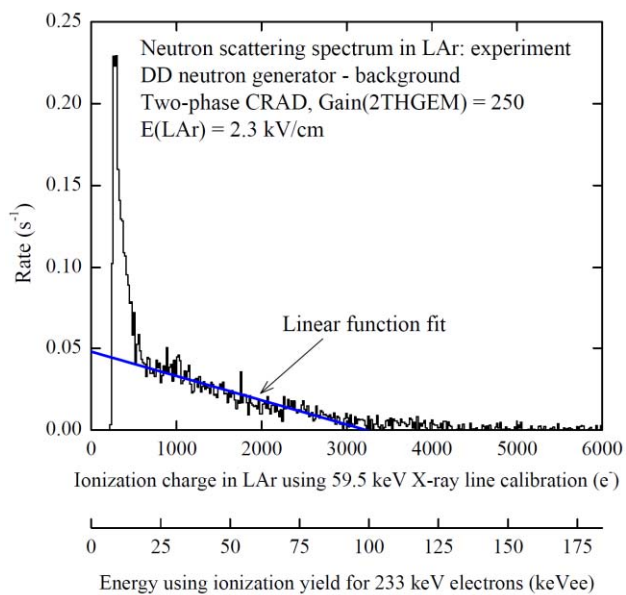


Рис. 1.4.3. Распределение скорости счета сигналов от ядер отдачи в жидком Ar, индуцированных рассеянием нейтронов с энергией 2,45 МэВ, по ионизационному заряду при поле 2,3 кВ/см.

Основной научный результат 2014 года заключался в измерении ионизационного выхода ядер отдачи в жидком Ar, впервые в диапазоне энергий 80-230 кэВ. Следует отметить, что это является также первым примером использования методики двухфазных КЛД на основе ГЭУ в области физики экспериментов по поиску темной материи. Измерения ионизационных выходов необходимы для решения проблемы энергетической калибровки детекторов темной материи.

На Рис. 1.4.3 показано распределение скорости счета сигналов от ядер отдачи, индуцированных рассеянием нейтронов, по ионизационному заряду электронов, избежавших рекомбинации в жидком Ar. Этот экспериментальный спектр должен быть сравнен со спектром Рис. 1.4.4 по энергии ядер отдачи, полученному теоретически. Деля одно на другое в характерных точках спектра, а именно на краю спектра при энергии 233 кэВ и в месте излома спектра при энергии 80 кэВ, можно получить искомый ионизационный выход для ядер отдачи.

Результаты по ионизационному выходу показаны на Рис. 1.4.5 в сравнении с данными группы LLNL (США), полученными при меньшей энергии. Видно, что результаты находятся в разумном согласии. Кроме



ТОГО ВИДНО, ЧТО ИОНИЗАЦИОННЫЙ ВЫХОД ИМЕЕТ ДОВОЛЬНО ВЫСОКОЕ ЗНАЧЕНИЕ – ОКОЛО 6-9 e-/кэВ.

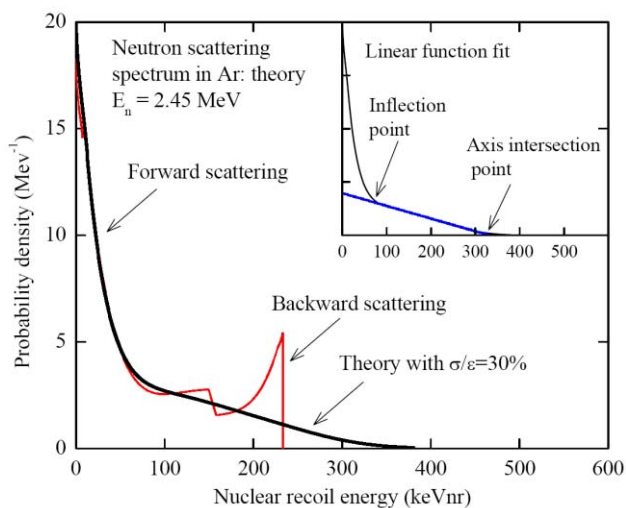


Рис. 1.4.4. Теоретический спектр по энергиям ядер отдачи в жидком Ar от рассеяния нейтронов с энергией 2,45 МэВ, с учетом амплитудного разрешения двухфазного КЛД (30%).

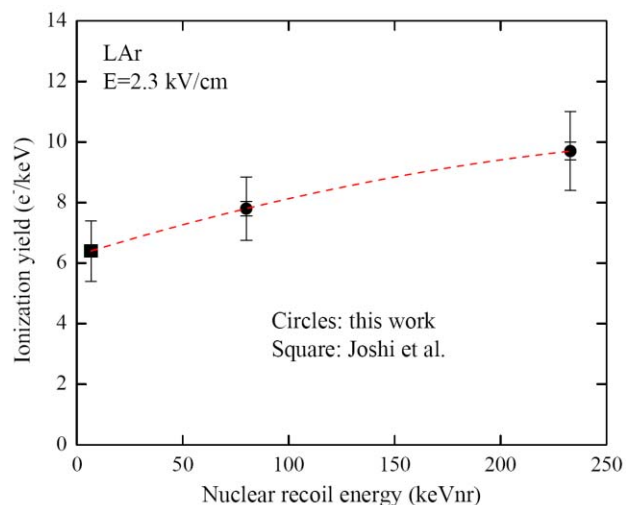


Рис. 1.4.5. Ионизационный выход для ядер отдачи в жидком Ar в зависимости от энергии, измеренный в ИЯФ и в LLNL (США).

Группа ИЯФ является членом международной коллаборации RD51 в CERN по развитию микроструктурных газовых детекторов, образованной в 2008 году. В 2014 году группа продолжила участие в деятельности этой коллаборации.

## 1.5. ЭКСПЕРИМЕНТ LHCb

### 1.5.1. Анализ данных: измерение угла $\gamma$ Унитарного Треугольника.

Угол  $\gamma$  Унитарного Треугольника — один из параметров Стандартной Модели электрослабых взаимодействий, который потенциально может быть измерен с большой точностью из-за практического отсутствия теоретических неопределенностей в измерении. Совместно с другими измерениями параметров Унитарного Треугольника это позволит проводить поиск проявлений эффектов Новой Физики за рамками Стандартной Модели.

Объем данных, набранный экспериментом LHCb к 2013 году, составил около  $3 \text{ fb}^{-1}$ . Соответствующее этому объему данных количество реконструированных распадов B-мезонов уже значительно превышает статистику, набранную на электрон-позитронных B-фабриках (по крайней мере, в конечных состояниях, не содержащих  $\pi^0$  или фотоны). Кроме того, в больших количествах доступны распады Bs и B-барионов, которые либо вовсе не рождаются на электрон-позитронных машинах, либо рождаются в малых количествах. Это позволяет получить чувствительность к параметрам CP-нарушения значительно лучшую, чем достигнутая на B-фабриках.

Ниже приводится обзор физических результатов, относящихся к измерению угла  $\gamma$ , полученных коллаборацией LHCb с участием сотрудников группы ИЯФ СО РАН в течение 2014 года.

Сотрудники ИЯФ имеют значительный опыт в проведении анализов, как относящихся непосредственно к измерению угла  $\gamma$  в распадах вида  $B \rightarrow DK$ , так и к исследованию других распадов B-мезонов на состояния с открытым чармом. Эти исследования были начаты на эксперименте Belle на электрон-позитронной фабрике KEKB в Японии и продолжают сейчас на LHCb. Кроме того, сотрудниками ИЯФ было опубликовано несколько феноменологических работ, посвященных этой теме с предложением новых подходов прецизионных измерений угла  $\gamma$  и исследованием тонких систематических эффектов. Сотрудник ИЯФ А. Полуэктов был выбран на 2013-2014 годы координатором рабочей группы эксперимента LHCb по исследованию распадов B на состояния с открытым чармом (Beauty to Open Charm Working Group) — одной из 8 физических рабочих групп эксперимента.

Ранее, в 2011 и 2012 году, экспериментом LHCb было получено несколько результатов, относящихся к измерению угла  $\gamma$ . Это анализ распада  $B \rightarrow DK$ , где D реконструируется в двухчастичном состоянии  $D \rightarrow K\pi$ ,  $KK$  или  $\pi\pi$  (так называемые GLW и ADS-методы измерения  $\gamma$ ). В этих распадах впервые надежно наблюдалась зарядовая асимметрия вероятности распадов (CP-нарушение), что позволило надежно устано-

вить, что  $\gamma$  не равно нулю и получить ограничения на его величину. В 2014 году коллаборацией LHCb был завершен и опубликован анализ распада  $B \rightarrow DK$  с D-мезоном, реконструированным в конечных состояниях  $K_S \pi \pi$  и  $K_S K K$  по методу, впервые предложенному сотрудниками группы ИЯФ. В анализе, выполненном с использованием всей доступной статистики LHCb, было получено значение  $\gamma = (62^{+15}_{-14})^\circ$ . Это является наиболее точным отдельным измерением этой величины на настоящий момент. Кроме этого, опубликовано первое измерение зарядовой асимметрии в распаде  $B \rightarrow DK$  с D, распадающемся в конечное состояние  $K_S K \pi$ .

Различные подходы к измерению угла  $\gamma$  взаимно дополняют друг друга. Помимо  $\gamma$ , измеряется и два других неизвестных параметра — это отношение амплитуд  $r_B$  и сильная фаза  $\delta_B$ . За счет того, что корреляции между этими параметрами в каждом отдельном подходе различны, в комбинации нескольких измерений можно получить точность измерения  $\gamma$  лучше, чем при простом усреднении величин. В 2014 году было опубликовано комбинированное измерение угла  $\gamma$ . В этой комбинации использованы шесть независимых анализов распадов, чувствительных к углу  $\gamma$ , в том числе упомянутые выше два измерения 2014 года. Впервые достигнута точность измерения  $\gamma$  от одного эксперимента лучше  $10^\circ$ :  $\gamma = (73^{+9}_{-10})^\circ$ . Результаты комбинированного измерения опубликованы в препринте CERN и докладывались на рабочем совещании SKM2014.

Помимо распадов, перечисленных выше, в эксперименте LHCb исследуется и большое количество других процессов, в которых может проявляться CP-нарушение и которые потенциально могут быть чувствительны к углу  $\gamma$ . Несмотря на то, что текущего набора данных может быть недостаточно для надежного измерения CP-нарушения в этих процессах, они могут быть использованы в дальнейшем, после профилактики коллайдера LHC, а также после модернизации детектора LHCb в 2018 году. Комбинирование большого количества независимых измерений позволит получить лучшую точность измерения  $\gamma$  и более надежно контролировать систематические погрешности. Исследование таких процессов с текущим набором данных позволяет отладить процедуры отбора событий и более точно прогнозировать будущую точность измерения  $\gamma$ . Кроме того, многие из этих процессов интересны и сами по себе, так как позволяют исследовать промежуточные резонансные состояния адронов, искать новые состояния, проверять теоретические предсказания кварковой модели.

Примером такого процесса, где потенциально может быть измерен угол  $\gamma$ , является исследование распада бариона  $\Lambda_b^0$  на  $DpK$ . Этот метод был предложен группой ИЯФ как перспективный для наблюдения CP-нарушения. В 2013 году этот анализ был закончен с использованием статистики 2011 года ( $1 \text{ fb}^{-1}$ ). Статья, описывающая анализ и его результаты, опубликована в 2014 году в журнале Phys. Rev. D. Среди ре-

зультатов этого анализа — первое наблюдение распада  $\Lambda_b^0 \rightarrow DpK$  и измерение его вероятности, а также первое наблюдение и измерение вероятности распада  $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ K^-$ .

Трехчастичные распады B-мезонов с D-мезоном в конечном состоянии также представляют интерес для будущих измерений величины  $\gamma$ . Значение угла  $\gamma$  в этом случае получается из сравнения разности фаз отдельных двухчастичных компонент амплитуд распадов. Первым шагом в этом направлении является изучение амплитуды распада  $B^0 \rightarrow DK\pi$  и похожего, но имеющего большую вероятность, распада  $B_s \rightarrow DK\pi$ . В 2014 году проведено и опубликовано измерение амплитуды распада  $B_s \rightarrow DK\pi$ . Кроме того, что этот распад является фоновым процессом для интересующего нас  $B^0 \rightarrow DK\pi$ , он интересен и сам по себе, так как представляет возможность для изучения возбужденных состояний  $D_s$ -мезона, распадающихся на D-мезон и каон. В данном анализе было установлено, что возбужденное состояние  $D_s$ -мезона с массой около 2,86 ГэВ, которое наблюдалось раньше в других экспериментах, является интерференцией двух состояний со спинами 1 и 3. Это первое наблюдение частицы со спином 3, содержащей тяжелый кварк, а также первое наблюдение состояния со спином 3 в распаде B-мезона.

### 1.5.2. Сопровождение моделирования на кластере HLT и веб-приложения визуализации результатов моделирования фона.

На время остановки LS1 освободившиеся ресурсы онлайн-кластера HLT используются для проведения моделирования группой радиационной безопасности. В результате моделирования образуется большое количество файлов, которые требуется обработать и получить файл с усредненными данными. Это производится с помощью двухкаскадной системы. На первом уровне обрабатываются первичные результаты моделирования, на втором - результаты усреднения с первого уровня.

Возникла необходимость отдельно подсчитать стандартную ошибку среднего для оценки адекватности результатов. Для решения этой задачи система обработки результатов была переработана и реализована генерация дополнительных файлов с ошибкой среднего в абсолютной и относительной (в процентах) величинах.

Для визуализации результатов моделирования ранее было разработано и введено в эксплуатацию специальное веб-приложение [cern.ch/lhcbprod](http://cern.ch/lhcbprod). Группе, занимающейся моделированием радиационных фонов, потребовалось оптимизировать процесс публикации результатов, ранее проводимых вручную. Для автоматизации этого процесса был разработан комплект скриптов на языке Python, проводящих эвристический анализ результатов и генерирующих файл-манифест, который используется в системе веб-визуализации.

### 1.5.3. Перенос утилиты калибровки адронного калориметра (HCal) с платформы windows на платформу linux.

Адронный калориметр требует периодической калибровки в отсутствие пучка. Он устроен таким образом, что через все ячейки калориметра проходит специальная трубка с водой, в эту трубку запускается капсула с радиоактивным источником цезия и прогоняется насосом через весь калориметр. Калибровка заключается в том, что по мере движения капсулы через ячейки калориметра считываются данные, на основе которых вычисляются необходимые для анализа и работы коэффициенты. Управление движением капсулы и набор данных с датчиков производится специальным оборудованием, связанным с компьютером через шины CANbus и SPECS.

Существовала программная утилита калибровки, написанная под ОС Microsoft Windows в 2003 году. В связи с повсеместным переходом на новую версию MS Windows выяснилось, что для новых версий ОС Windows нет и не предвидится драйверов для оборудования SPECS. Однако, оказалось, что под ОС Scientific Linux есть все требуемые драйвера и для CANbus и для SPECS. Поэтому было принято решение перенести существующее обслуживающее ПО на Linux.

Код специального серверного приложения, написанного для OS Windows в среде Visual Studio 2003, был тщательно исследован, отрефакторен и перенесен на ОС Scientific Linux 6.5. Процесс осложнялся одновременным переходом на 64-битную платформу, так как драйвер SPECS не может работать в смешанном 32-оп-64 режиме. В процессе тестирования были выявлены и исправлены ошибки в логике программы, не проявлявшие себя на платформе Win32 из-за существенных отличий примитивов синхронизации в Linux и Windows по умолчанию.

Полученное в результате работы нативное серверное приложение для ОС Linux управляется посредством SCADA-системы, используемой в CERNe WINCC (называемая ранее PVSS). Тестовые заходы калибровки, проведенные на новой системе, показали корректную работу и сохранение обратной совместимости форматов данных, что являлось обязательным условием в техническом задании.

## 1.6. УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ АТЛАС НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ (БАК)

В 2010-12 годах детектор ATLAS, а также другие детекторы БАК набирали статистику при рекордной энергии столкновений протонов (7 ТэВ в 2010-11 годах и 8 ТэВ в 2012 году в системе центра масс). Интеграл набранной статистики составил соответственно 0,04, 4,7 и 20,7 обратных фемтобарн. Основным результатом стало достоверное наблюдение сигнала от новой частицы, свойства которой оказались близки к ожидаемым для хиггсовского бозона Стандартной Модели. Нобелевская премия по физике 2013 года была присуждена П. Хиггсу и Ф. Энглеру «за открытие теоретического механизма, помогающего понять происхождение массы субатомных частиц, и недавно подтвержденного обнаружением предсказанной элементарной частицы в экспериментах ATLAS и CMS на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН».

В начале 2013 года Большой адронный коллайдер и детекторы были остановлены на двухлетнюю плановую остановку для подготовки к работе при проектных параметрах – энергии столкновений протонов 13-14 ТэВ в системе центра масс и светимости  $10^{34}$  см<sup>2</sup>сек<sup>-1</sup>. На детекторе АТЛАС были проведены следующие работы:

- ремонт и замена неисправных элементов детектора и электроники,
- установка новых элементов детектора, в частности, дополнительного слоя внутреннего детектора для регистрации распадов частиц, содержащих b-кварк,
- повышение эффективности и увеличение быстрой реакции алгоритмов триггера и реконструкции,
- подготовка всей вычислительной инфраструктуры для обработки существенно большего объема данных.

Также активно велась работа по анализу набранных в 2011-12 годах данных и публикации результатов. Основной задачей являлось изучение свойств недавно открытого «хиггсо-подобного» бозона (спина, четности, относительных вероятностей различных мод распада, констант связи). Группа ИЯФ участвовала в анализе его распада на четыре лептона (электроны/позитроны либо мюоны). За счет повышения точности калибровки энергий электронов и импульсов мюонов была значительно уменьшена систематическая ошибка в определении массы хиггсовского бозона, а применение методов многомерного анализа позволило улучшить разделение сигнала от фона. Новое значение массы хиггсовского бозона в канале распада на 4 лептона составило  $(124,51 \pm 0,52)$  ГэВ, а комбинированное с каналом распада на 2 фотона –  $(125,36 \pm 0,41)$  ГэВ.

Также был получен важный результат по еще одному каналу распада хиггсовского бозона на векторные бозоны Стандартной Модели. Уровень значимо-

сти сигнала в канале  $H \rightarrow WW^*$  составил 6,1 стандартных отклонений ( $\sigma$ ) при ожидаемом на моделировании в Стандартной Модели уровне 5,8  $\sigma$ , что означает достоверное наблюдение. Впервые было получено экспериментальное указание на то, что недавно обнаруженный хиггсовский бозон распадается также на фермионы. Уровень значимости сигнала распада хиггсовского бозона на два тау-лептона составил 4,5  $\sigma$ , при ожидаемом в Стандартной Модели уровне 3,5  $\sigma$ . На Рис. 1.6.1 показана «сила сигнала» (отношение измеренного сечения к сечению вычисленному в Стандартной Модели) для пяти мод распада хиггсовского бозона. Видно, что при нынешнем уровне экспериментальных ошибок результаты хорошо согласуются с предсказаниями Стандартной Модели. Анализ угловых распределений также показывает хорошее согласие данных с ожидаемыми в Стандартной Модели значениями спина и четности хиггсовского бозона  $J^P = 0^+$ , в то время как другие рассмотренные гипотезы ( $J^P = 0^-, 1^+, 1^-, 2^+$ ) исключены на доверительном уровне 97,8%.

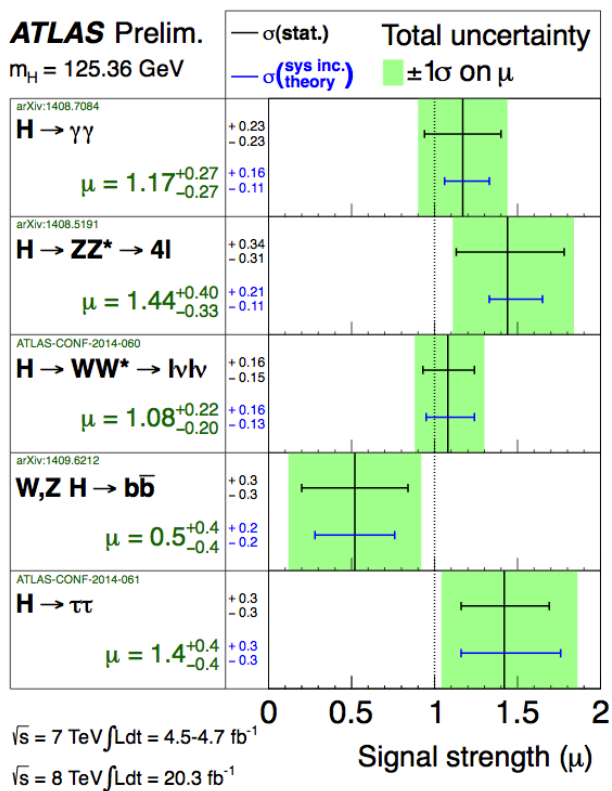


Рис. 1.6.1. «Сила сигнала»  $\mu$  (отношение измеренного сечения к предсказанному в Стандартной Модели) для пяти мод распада хиггсовского бозона. Черным цветом показана статистическая ошибка, синим - систематическая, зеленая полоса – полная ошибка.

Поиск новой физики далеко не ограничивается хиггсовскими бозонами. В частности, физики ИЯФ продолжали работы по поиску тяжелых нейтрино в канале с лептонами и адронными струями в конечном

состоянии. Проверялись две теоретические модели – модель зеркальной симметрии, в которой нейтрино рождается через гипотетический правый векторный бозон  $W_R$ , и модель с виртуальным  $W$  бозоном Стандартной модели. Данный анализ позволяет исключить широкую область масс правых промежуточных бозонов  $W_R$  (до 3 ТэВ),  $Z_R$  (до 2,2 ТэВ) и майорановского нейтрино  $N_1$  (до 2 ТэВ), что значительно улучшает ранее установленные пределы. Однако дальнейшее существенное продвижение возможно только при увеличении энергии сталкивающихся протонов в ЛHC (как отмечено выше, оно планируется после возобновления набора данных летом 2015 года).

Всего после начала набора статистики (в 2010-2014 годах) коллаборацией АТЛАС при участии группы ИЯФ опубликовано 379 работ, из них 96 в 2014 году.

С 2015 года (помимо увеличения энергии пучков протонов почти в 2 раза) планируется повышение светимости коллайдера, что приведет к возрастанию загрузки в системах детектора и требований на качество и быстродействие используемых алгоритмов триггера, оцифровки сигналов, контроля качества данных и т.д. Физики ИЯФ принимают участие в работах по адаптации соответствующего программного обеспечения для системы жидкоаргоновых калориметров. Также сотрудники ИЯФ ведут работы по калибровке калориметра и улучшению моделирования и реконструкции электронов и фотонов. Так, полное моделирование в пакете GEANT 4 в торцевом электромагнитном калориметре было ускорено на 25-30%.

Постоянно ведется работа по поддержке и развитию компьютерной инфраструктуры и программного обеспечения. Развивается GRID кластер ИЯФ. Расширена основная система хранения данных на дисковых массивах, суммарная полезная ёмкость достигла 96 Тб. Развёрнута экспериментальная система хранения на распределённой файловой системе сeph ёмкостью 4 Тб. Также создано дисковое хранилище резервных копий ёмкостью 4 Тб. Развёрнута система управления Puppet, позволяющая контролировать конфигурацию каждого вычислительного и служебного компьютера, проводить быстрое восстановление в случае сбоев оборудования и быстрый ввод в эксплуатацию нового оборудования. Под контролем системы находятся 64 вычислительных узла и более 30 служебных серверов.

С 2007 года специалисты ИЯФ непрерывно принимают участие в деятельности группы системного администрирования системы сбора данных эксперимента АТЛАС (ATLAS TDAQ SysAdmin Group). Группа занимается эксплуатацией и развитием компьютерного обеспечения триггера высокого уровня (High Level Trigger), системы формирования и фильтрации событий (Event Builder, Event Filter) и других подсистем системы сбора данных детектора АТЛАС, имеющих в своем составе около 2300 серверов с поддержкой загрузки по сети (в сумме, около 17000 ядер CPU), около 100 вспомогательных управляющих серверов, 50 серверов поддержки пультовой детектора АТЛАС, а также многие другие

компоненты ИТ инфраструктуры эксперимента. С середины 2013 года в ЦЕРНе был начат переход с «доморощенной» системы конфигурирования серверов на основе CDB+Quattor на новую, широко используемую в индустрии – Foreman+Puppet. Одновременно с этим проводилась смена базовой системы виртуализации с Microsoft Hypervisor на OpenStack на основе Linux KVM (Agile Infrastructure). К концу 2014 года поставленная задача была полностью выполнена — все основные сервисы переведены на новую инфраструктуру. Для обеспечения плавного перехода для пользователей старых сервисов применялись несколько технологий — распределение нагрузки на уровне DNS, обновление клиентской части, обратная совместимость на серверной стороне. Для тановки значительная часть вычислительных мощностей системы сбора данных использовалась для моделирования событий для детектора ATLAS, для этого, с участием группы ИЯФ, была создана специальная инфраструктура.

Важную роль играют работы по поддержке и администрированию центральных компьютеров ATLAS, находящихся на территории центрального вычислительного комплекса ЦЕРНа (их около 300). Они обеспечивают бесперебойную работу критических сервисов – многочисленных компонент системы распределенных вычислений, баз данных, электронного журнала детектора, монитора качества данных, дисплея событий и др. В 2014 году работа была в основном посвящена переходу на новые системы конфигурирования и виртуализации. Также были обнаружены и устранены уязвимости в системном программном обеспечении.

Начиная с 2008 года специалисты ИЯФ вносят весомый вклад в создание и развитие важнейших сервисов и утилит для управления системой распределен-

ных вычислений (ATLAS GRID). Информационная Система (ATLAS GRID Information System - AGIS) стала основным источником информации о топологии компьютерных ресурсов АТЛАСа и доступных релизах программного обеспечения. Она интегрирована с другими ключевыми компонентами системы распределенных вычислений: центральной системой распределенного хранения данных (DDM, ATLAS Distributed Data Management System), системой распределенного анализа и запуска заданий (PanDA, ATLAS Production and Distributed Analysis), сервисами мониторинга.

Планируется, что светимость БАК будет повышена с нынешнего уровня  $7 \cdot 10^{33} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$  до  $2 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$  в 2019 году и до  $5 \cdot 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$  в 2024 году. Поэтому активизируются работы по подготовке модернизации детектора в последующие годы. Так называемая «Фаза 1 апгрейда» планируется на 2018-19 годы и затронет в основном триггерную электронику. Группа ИЯФ принимает участие в работах по цифровой части электроники калориметра на жидком аргоне (программирование FPGA микросхем). Группа ИЯФ также принимает участие в эксперименте по исследованию работоспособности жидкоаргоновых калориметров АТЛАСа при высоких нагрузках. В апреле 2012 года и марте 2013 года на ускорителе У-70 в Протвино были проведены сеансы набора данных с новой электроникой, значительно лучше адаптированной к работе при высоких нагрузках. Другим важным улучшением в этих сеансах был лучший контроль за пространственными характеристиками пучка протонов с энергией 50 ГэВ. В настоящее время продолжают обработку данных и сравнение с моделированием.

## 1.7. ЭКСПЕРИМЕНТ BABAR

Эксперименты с детектором BABAR проводились на  $e^+e^-$  коллайдере PEP-II в SLAC (США) с 1999 по 2008 год. В настоящее время продолжается обработка накопленных в эксперименте данных. В коллаборацию BABAR входят около 300 физиков, в том числе 10 сотрудников ИЯФ. Члены коллаборации от ИЯФ участвуют в анализах данных по измерению элемента матрицы СКМ  $V_{ub}$ , измерения сечений  $e^+e^-$  аннигиляции в адроны с использованием метода радиационного возврата и изучению двухфотонных процессов с регистрацией рас-сеянных электронов. В 2014 году коллаборацией было опубликовано 12 статей.

Физиками ИЯФ в эксперименте BABAR в диапазоне энергии от порога до 2,2 ГэВ измерено сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow K_L K_S$ . За исключением узкого диапазона вблизи  $\phi$ -мезонного резонанса это самое точное на сегодняшний день измерение сечения. Подтверждено сложное энергетическое поведение сечения с резким падением на несколько порядков с резонансо-подобным увеличением около 1,7 ГэВ, интерпретируемым как  $\phi(1680)$  (Рис. 1.7.1). Такое поведение резко контрастирует с поведением сечения аннигиляции в паре заряженных каонов, что означает сильную деструктивную интерференцию изовекторной и изоскалярной составляющих в амплитуде рождения, что пока не описывается существующими теоретическими моделями.

Сечения реакций  $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^+ \pi^-$ ,  $K_S K_S \pi^+ \pi^-$  (Рис. 1.7.2) измерены впервые и позволяют уменьшить неопределенность в вычислении адронного вклада в аномальный магнитный момент мюона.

В настоящее время физиками ИЯФ ведется анализ по измерению с более высокой точностью параметра  $V_{ub}$ . Продолжаются работы по измерению сечений методом радиационного возврата.

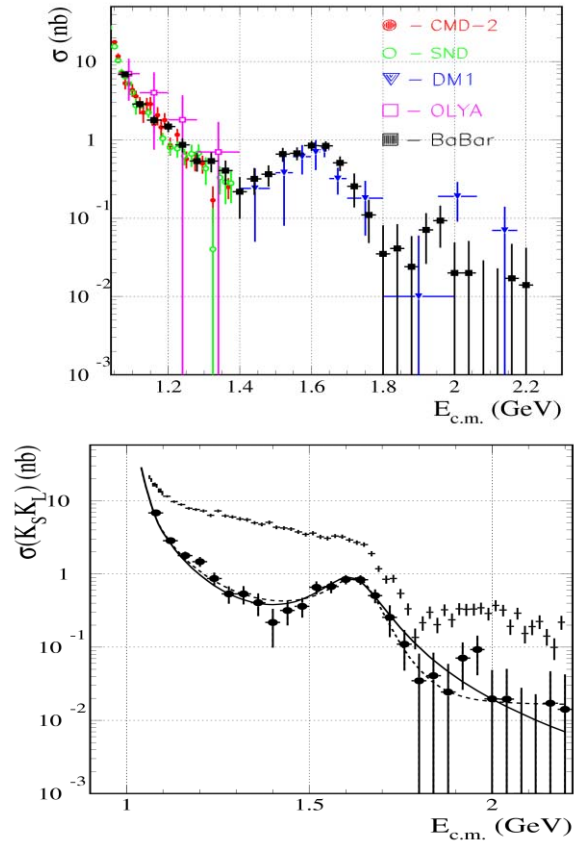


Рис. 1.7.1 Энергетическое поведение сечения.

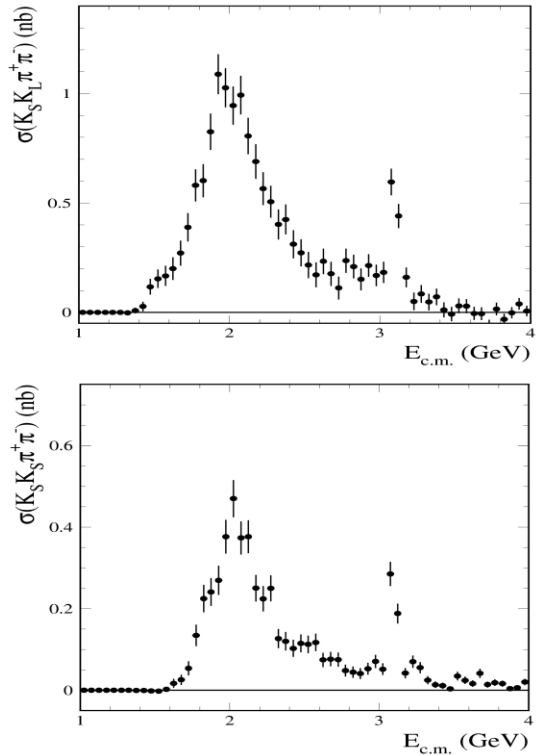


Рис. 1.7.2. Сечения реакций  $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^+ \pi^-$ ,  $K_S K_S \pi^+ \pi^-$

## 1.8. ЭКСПЕРИМЕНТ BELLE

### 1.8.1. Основные результаты.

Продолжается сотрудничество в области физики элементарных частиц с Лабораторией Ускорителей высоких энергий (КЕК), Цукуба, Япония, являющейся одной из крупнейших и быстро развивающихся лабораторий мира в области физики высоких энергий. В последние годы руководство КЕК активно расширяет международное сотрудничество с целью сделать КЕК международным центром в этой области физики. Одним из основных экспериментов в физике элементарных частиц в Японии в настоящее время является изучение CP-нарушения в распадах B-мезонов с детектором Belle на электрон-позитронном накопителе с очень высокой светимостью (так называемой B-фабрике).

Сотрудники Института внесли большой вклад в создание электромагнитного калориметра детектора Belle как на этапе проектирования, так и при изготовлении элементов этого самого большого в мире калориметра на основе монокристаллов йодистого цезия, его сборке и наладке.

В 2010 году детектор Belle был остановлен для модернизации. Набранная к настоящему моменту интегральная светимость превышает  $\sim 10^3$  фб<sup>-1</sup>. Сейчас продолжается обработка этих экспериментальных данных и ведется модернизация детектора и ускорителя для увеличения светимости установки и подготовки экспериментов, которые позволят в порядке улучшить точность измерения параметров CP-нарушения и, возможно, наблюдать проявление физических явлений, выходящих за рамки Стандартной Модели.

Сотрудники Института принимают активное участие как в работах по модернизации детектора, так и в обработке набранных экспериментальных данных.

Ниже приведены основные результаты работы за 2014 год.

- Проведен поиск распадов B-мезонов в конечные состояния с  $\eta_c$ -мезоном. На основе анализа таких распадов установлены верхние пределы на произведение относительных вероятностей рождения и распада частиц, являющихся связанными состояниями  $D^{(*)}$ -мезонов.
- Впервые обнаружены распады  $Y(5S) \rightarrow Y(1,2S)h$ , измерены их относительные вероятности распадов.
- Проведен Далиц анализ распада  $B^0 \rightarrow D^* \omega$ . Измерены динамические эффективные параметры взаимодействия и фазы интерференции, описывающие характерные особенности распада, исследована резонансная структура адронных систем  $D^* \pi$  и  $\omega$ .
- Были получены окончательные результаты по измерению относительных вероятностей распадов  $\tau$ -лептона с  $K_S^0$  мезоном в конечном состоянии.

- Продолжается изучение параметров Мишеля в лептонных распадах  $\tau$ -лептона.
- Начато изучение распадов  $\tau$ -лептона в конечные состояния с тремя псевдоскалярными мезонами и нейтрино.
- Проводится измерение относительной вероятности полулептонных распадов  $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda l^+ \nu$ .
- Определены квантовые числа двух обнаруженных ранее заряженных боттомоний-подобных состояний  $Z_b(10610)$  и  $Z_b(10650)$ .
- 324 формирателя-оцифровщика для цилиндрического калориметра детектора Belle II были произведены и доставлены в КЕК.
- Все крейты цилиндрической части калориметра были установлены на детектор, скомпанованы модулями формирователей-оцифровщиков и коллекторов, и подключены к счетчикам цилиндрического калориметра.
- Было разработано программное обеспечение и проекты для программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), позволяющие загружать массивы коэффициентов в модули формирователей и коллектора, а затем считывать и передавать данные в систему сбора данных детектора.
- Набраны первые данные, содержащие события регистрации космических частиц калориметром.
- Проведена окончательная проверка торцевой версии формирователей-оцифровщиков и отдан заказ на массовое производство модулей.
- Проведена модернизация переднего торцевого калориметра.
- Была реализована процедура калибровки калориметра, которая позволяет измерять калибровочные константы, необходимые для реконструкции энергии и времени кластеров в моделировании.

Также группа принимала участие в изучении процессов смешивания в нейтральных  $D$ -мезонах, распадов очарованных барионов и  $B$ -мезонов.

### 1.8.2. Анализ данных.

#### Поиск распадов B-мезонов в конечные состояния с $\eta_c$ -мезоном

Экзотическое состояние  $X(3872)$  было впервые обнаружено коллаборацией Belle в 2002 году в эксклюзивных распадах  $B^+ \rightarrow K^+ \pi^+ \pi^- J/\psi$ . Масса этого состояния близка к порогу  $M(D^0) + M(\bar{D}^{*0})$ , что породило гипотезу о том, что  $X(3872)$  может быть молекулой  $D^0 \bar{D}^{*0}$ . Таким образом, было сделано предположение о том, что могут существовать и другие похожие частицы, также являющиеся связанными состояниями  $D^{(*)}$ -мезонов. В случае, если эти состояния существуют, они обладают отличными от  $X(3872)$  квантовыми числами и могут быть обнаружены в распадах с участием  $\eta_c$ -мезона. Если возможны молекулярные со-

стояния типа  $D^0 \bar{D}^0$  и  $D^{*0} \bar{D}^{*0}$ , такие частицы обладают массой отличной от 3872 МэВ и были обозначены как X(3730) и X(4014), соответственно. В распадах заряженных В-мезонов сотрудниками группы был проведен поиск распадов похожих на X(3872) экзотических состояний в различные моды с участием  $\eta_c$ :  $\eta_c \pi^+ \pi^-$ ,  $\eta_c \omega$ ,  $\eta_c \eta$  и  $\eta_c \pi^0$ . Ни в одном из изученных каналов распада X не был обнаружен статистически значимый сигнал, поэтому были поставлены верхние пределы на соответствующие произведения относительных вероятностей рождения и распада X.

В дополнение к поиску экзотических состояний был проведен поиск распадов В-мезонов в вышеперечисленные конечные состояния, но без промежуточных резонансов. Таким образом, были поставлены верхние пределы на относительные вероятности распадов  $V^\pm \rightarrow K^\pm \eta_c \pi^\pm$ ,  $V^\pm \rightarrow K^\pm \eta_c \omega$ ,  $V^\pm \rightarrow K^\pm \eta_c \eta$  и  $V^\pm \rightarrow K^\pm \eta_c \pi^0$ . В следующем году результаты данной работы будут опубликованы в реферируемом журнале.

### Изучение распадов $Y(5S) \rightarrow Y(1,2S)\eta$

Измерение ширин переходов между боттомониями через  $\eta$ -мезон позволит проверить предсказания теоретических моделей. Модель мультипольного расширения КХД предсказывает заметное подавление этих переходов по сравнению с  $\pi^+ \pi^-$ , однако измеренные ширины переходов не согласуются с этой гипотезой:

- $\Gamma(Y(2S) \rightarrow Y(1S)\eta)$  в два раза меньше ожидаемой,
- $\Gamma(Y(4S) \rightarrow Y(1S)\eta)$  на два порядка выше предсказаний.

Для разрешения данного несоответствия необходима новая информация. Сотрудниками Института был проведен поиск подобных переходов с использованием уникальной статистики, набранной на детекторе Belle на  $Y(5S)$  резонансе. Впервые обнаружены распады  $Y(5S) \rightarrow Y(1,2S)\eta$ , измерены их относительные вероятности распадов. Результаты доложены на международной конференции ICHEP. В данный момент готовится статья в журнал Phys. Rev. D.

### Изучение распада $B^0 \rightarrow D^{*0} \omega$

Адронные распады В-мезонов представляют интерес с точки зрения изучения динамических эффектов в системе конечных частиц, включающих D-мезон (или его возбуждения,  $D^{**}$ - или  $D^*$ -состояния). Изучение свойств возбужденных состояний D-мезонов поможет уменьшить существующие неопределенности в измерениях полуплептонных распадов, и таким образом, в определении матричных элементов  $|V_{cb}|$  и  $|V_{ub}|$ . Кроме того, изучение свойств  $D^{**}$ -состояний полезно и для изучения фона в распаде  $B \rightarrow D^* \tau \nu$ , чувствительном к поиску заряженных Хиггс-бозонов.

В спектаторном механизме распада В-мезонов кварковая пара, связанная с виртуальным W-бозоном, адронизуется в мезон или систему легких мезонов. Адронные слабые токи, описывающие рождение таких мезонов, подразделяются на токи первого рода, кото-

рые доминируют в природе, и на токи второго рода, которые являются подавленными. Изучение токов первого рода и поиск токов второго рода является фундаментальной задачей. В системе  $D^*$  от токи второго рода вызваны вкладами от  $b_1(1235)$ -резонанса.

В настоящей работе проведен Далиц анализ распада  $B^0 \rightarrow D^{*0} \omega$ . Измерены динамические эффективные параметры взаимодействия и фазы интерференции, описывающие характерные особенности распада, исследована резонансная структура адронных систем  $D^* \pi$  и  $\omega \pi$  для выделения относительных вкладов различных  $D^{**}$ -состояний и легких адронов, распадающихся в  $\omega \pi$  конечное состояние и описываемых токами первого и второго родов. Было установлено, что основной вклад в конечное состояние дают распады в  $\rho$ -подобные мезоны,  $\rho(770)$  за массовой поверхностью и  $\rho(1450)$ . Вклад в  $b_1(1235)$  был найден не значимым, и на вероятность его рождения был установлен верхний предел. В системе  $D^{**}$ -состояний основной вклад дает широкое  $D_1(2430)$ -состояние.

Результаты подгонки экспериментальных данных в двух различных кинематических областях показаны на Рис. 1.8.1. Работа готова к публикации, и в данный момент проходит процедуру обсуждения внутри коллораборации.

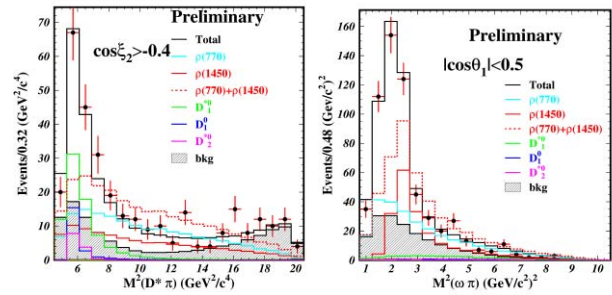


Рис. 1.8.1. Подгонка распределений квадрата инвариантных масс  $D^* \pi$  пары в области насыщения  $D^{**}$ -состояний и  $\omega \pi$  пары в области насыщения  $\rho(770)$  и  $\rho(1450)$ .

### Изучение физики $\tau$ -лептона

Были получены окончательные результаты по измерению относительных вероятностей распадов  $\tau$ -лептона с  $K_S^0$  мезоном в конечном состоянии. В этом анализе использовалась статистика, соответствующая интегральной светимости в  $669 \text{ fb}^{-1}$  или  $616 \times 10^6$  рожденных пар  $\tau$ -лептонов. В частности, были получены окончательные значения для относительных вероятностей инклюзивного распада  $\tau^- \rightarrow K_S^0 X^- \nu_\tau$ , и для шести эксклюзивных каналов распада:  $\tau^- \rightarrow K_S^0 \pi^- \nu_\tau$ ,  $\tau^- \rightarrow K_S^0 K^- \nu_\tau$ ,  $\tau^- \rightarrow \pi^0 K_S^0 \pi^- \nu_\tau$ ,  $\tau^- \rightarrow \pi^0 K_S^0 K^- \nu_\tau$ ,  $\tau^- \rightarrow K_S^0 K_S^0 \pi^- \nu_\tau$  и  $\tau^- \rightarrow K_S^0 K_S^0 \pi^- \pi^0 \nu_\tau$  (см. Рис. 1.8.2). Для последнего канала были найдены спектры масс для конечных адронных состояний  $K_S^0 K_S^0 \pi^0$  и  $K_S^0 \pi^-$ . В первом случае мы четко видим промежуточную структуру, соответствующую рождению  $f_1(1285)$  со значимостью выше 5



стандартных отклонений, а во втором случае можно наблюдать  $K^*(892)$ -мезон. Результаты работы опубликованы в журнале Phys. Rev. D.

Продолжается изучение параметров Мишеля в лептонных распадах  $\tau$ -лептона. В этом анализе использовалась статистика, соответствующая интегральной светимости в  $485 \text{ fb}^{-1}$  или  $446 \times 10^6$  рожденных пар  $\tau$ -лептонов. Параметры Мишеля извлекаются методом небинированного максимального правдоподобия в полном девятимерном фазовом пространстве. Ведется работа над систематическими ошибками. Предварительные результаты работы доложены на Совещании по физике  $\tau$ -лептона в Аахене в сентябре 2014 года.

Распады  $\tau$ -лептона в конечные состояния с тремя псевдоскалярными мезонами и нейтрино, а именно в конечные состояния  $\pi^+\pi^-\pi^-\nu_\tau$ ,  $\pi^+\pi^-K^-\nu_\tau$ ,  $K^+K^-\pi^-\nu_\tau$ ,  $K^+K^-\nu_\tau$ , были изучены на экспериментах Belle и BaBar. Полученные вероятности распадов для каналов с одним и тремя каонами не согласуются друг с другом. Поэтому необходимо независимым образом измерить вероятности распада этих каналов. На сегодняшний день набранный интеграл светимости увеличился в полтора раза по сравнению с объемом данных, использованным в предыдущих анализах. Это дает основания надеяться на получение более точных результатов и разрешение проблемы согласованности вероятностей распадов  $\tau$ -лептонов. В данный момент обработана вся доступная экспериментальная статистика. Изучается влияние эффективности триггера и фоновых условий на измеряемые вероятности. В следующем году планируется получить предварительные результаты.

### Измерение относительной вероятности полулептонных распадов $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda l^+ \nu$

Ширины полулептонных распадов являются важными величинами для физики кварков. Полулептонные распады происходят только через внешнее излучение  $W$ -бозона и свободны от эффектов смешивания с внутренним излучением  $W$ -бозона. Измерение ширины распада  $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda l^+ \nu$  наряду с другими полулептонными распадами может помочь определить общие параметры (форм-факторы) для теории слабых аннигиляций. На данный момент полулептонные распады  $\Lambda_c^+$  экспериментально измерены с большой неопределенностью.

Используется модельно-независимая методика, разработанная для измерения абсолютного значения относительной вероятности распада  $\Lambda_c^+ \rightarrow p K^+ \pi^+$ . Отношение числа событий с восстановленным в отдаче нейтрино к числу событий с восстановленным в отдаче  $\Lambda_c^+$ -барионом дает искомую относительную вероятность распада. Предварительные результаты показывают значительное улучшение точности значения вероятности распадов  $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda l^+ \nu$ . Окончательные результаты будут получены в следующем году.

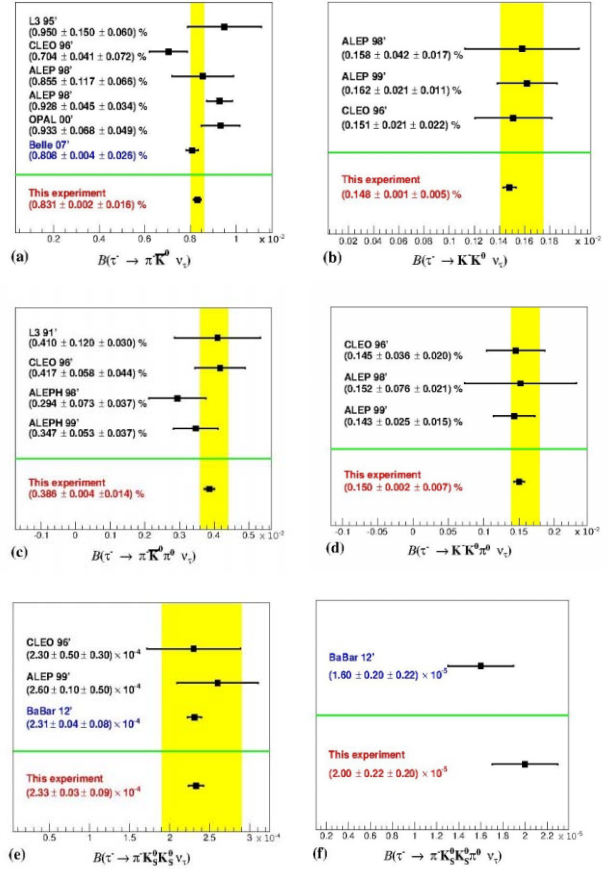


Рис. 1.8.2. Сравнение результатов измерения относительных вероятностей распадов (a)  $\tau \rightarrow K^0 \pi \nu_\tau$ , (b)  $\tau \rightarrow K^+ K^0 \nu_\tau$ , (c)  $\tau \rightarrow \pi^0 K^0 \pi \nu_\tau$ , (d)  $\tau \rightarrow \pi^0 K^+ K^0 \nu_\tau$ , (e)  $\tau \rightarrow K_S^0 K_S^0 \pi \nu_\tau$  и (f)  $\tau \rightarrow K_S^0 K_S^0 \pi^0 \nu_\tau$ .

### Изучение экзотических состояний боттомония

В 2014 году группой Института, входящей в коллаборацию Belle, был закончен анализ данных по  $e^+e^-$  аннигиляции в конечные состояния вида  $\square(nS)\pi^+\pi^-$  ( $n=1,2,3$ ). Важнейшим результатом работы стало определение квантовых чисел двух обнаруженных ранее заряженных боттомоний-подобных состояний  $Z_b(10610)$  и  $Z_b(10650)$ . Для достижения этого результата было проведено обобщение разработанной ранее методики амплитудного анализа на конечные состояния из четырех частиц, то есть с учетом последующего распада  $\square(nS) \rightarrow \mu^+\mu^-$ . В результате изучения распределения сигнальных событий по 6-мерному фазовому пространству удалось определить спин и четность обоих  $Z_b$  состояний. Комбинацией  $J^P$ , наилучшим образом описывающей экспериментальные данные, является  $J^P = 1^+$ . Другие возможные комбинации были исключены с высокой надежностью. Результаты представлены в Таблице 1.8.1. По результатам исследования подготовлена статья, в настоящее время находящаяся на стадии реферирования.

Таблица 1.8.1. Результаты аппроксимации  $e^+e^- \rightarrow \square(2S)\pi^+\pi^-$  ( $\square(3S)\pi^+\pi^-$ ) данных в различных гипотезах относительно комбинации квантовых чисел  $J^P$  для  $Z_b$  состояний. В таблице приведены значения функции правдоподобия относительно модели  $J^P = 1^+$ .

$Z_b(10650)$	$1^+$	$1^-$	$2^+$	$2^-$
$Z_b(10610)$				
$1^+$	0 (0)	60 (33)	42 (33)	77 (63)
$1^-$	226 (47)	264 (73)	224 (68)	277 (106)
$2^+$	205 (33)	235 (104)	207 (87)	223 (128)
$2^-$	289 (99)	319 (111)	321 (110)	304 (125)

Существование распадов вида  $Z_b \rightarrow \square(nS)\pi^\pm$  и  $Z_b \rightarrow h_b(mP)\pi^\pm$  исключает комбинации  $J^P = 0^\pm$ , а также делает невозможным классификацию  $Z_b$  как двухкварковых систем. Минимальным набором, таким образом, является набор из четырех кварков. Внутренняя кварковая структура этих состояний, а также возможные способы ее экспериментального изучения являются предметом активного обсуждения среди теоретиков. Сотрудники Института совместно с российскими и зарубежными коллегами было предложено рассматривать новые состояния как слабо связанную систему  $B$  и  $B^*$  мезонов в случае  $Z_b(10610)$  и систему  $B^*B^*$  мезонов в случае  $Z_b(10650)$  состояний, соответственно.

Одним из следствий предложенной модели является вывод о том, что доминирующими каналами распада для  $Z_b(10610)$  и  $Z_b(10650)$  будут распады на  $BB^*$  и  $B^*B^*$ , соответственно. Большой объем данных, полученный в эксперименте *Belle*, позволяет не только выделить трехчастичные процессы  $\square(5S) \rightarrow BB^*\pi$  и  $B^*B^*\pi$ , но и впервые провести анализ динамики этих переходов. На Рис. 3 показаны распределения по инвариантной массе  $B B^*$  и  $B^*B^*$  систем и результаты аппроксимации с помощью различных моделей. Предварительные результаты согласуются с гипотезой о том, что трехчастичные процессы  $e^+e^- \rightarrow BB^*\pi$  и  $e^+e^- \rightarrow B^*B^*\pi$  происходят преимущественно через промежуточное рождение  $Z_b$  состояний. Полученные результаты были доложены на международных конференциях.

### 1.8.3. Модернизация детектора.

В настоящее время активно идут работы по модернизации как детектора (*Belle II*), так и коллайдера для увеличения светимости установки до  $8 \times 10^{35} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ . Новый эксперимент позволит измерить все углы треугольника унитарности с точностью несколько процентов и, возможно, позволит выйти за пределы Стандартной Модели. Кроме изучения механизма CP-нарушения, большой набор данных, полученный в этом эксперименте, позволит получить новые результаты по физике распадов  $B$ -,  $D$ -мезонов и  $\tau$ -лептона.

Увеличение светимости и фоновой загрузки на коллайдере приводит к новым требованиям к системам

детектора. Для обеспечения эффективной работы калориметру также требуется модернизация. Группа сотрудников Института участвует в методических работах по модернизации калориметрической системы детектора.

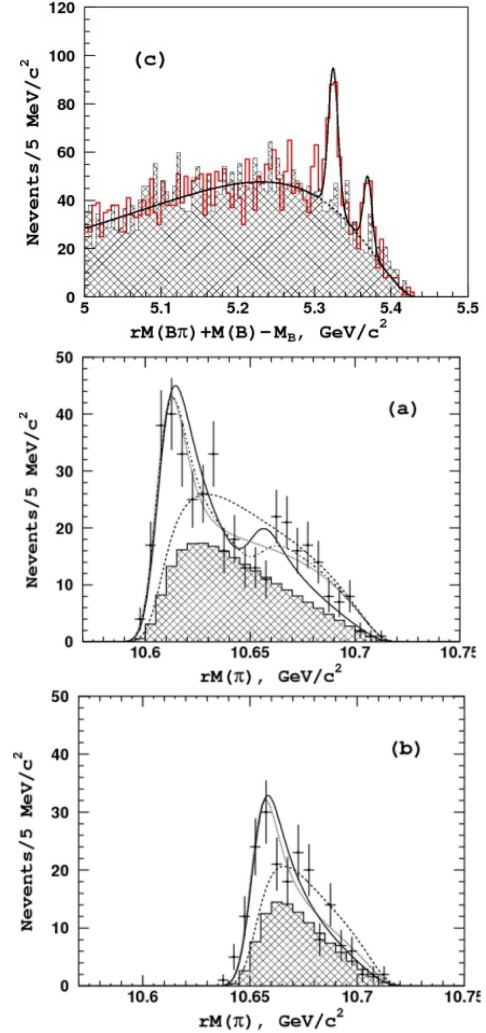


Рис. 1.8.3. Распределения по массе отдачи к  $B\pi$  системе (слева), инвариантной массе  $BB^*$  системы (центр) и  $B^*B^*$  системы (справа) для событий  $\square(5S) \rightarrow BB^*\pi$  и  $\square(5S) \rightarrow B^*B^*\pi$ , соответственно. Точки – экспериментальные данные, линии – результат аппроксимации, заштрихованная гистограмма показывает ожидаемый уровень фоновых событий.

Для цилиндрической части калориметра предполагается замена электроники на новую, которая обеспечит непрерывную оцифровку сигналов со счетчиков и последующую подгонку данных откликом известной формы. Такая процедура даст возможность определять как энергию, так и время прихода сигнала. Использование временной информации позволит в несколько раз подавить частоту возникновения ложных кластеров.

Для торцевой части, где фоновые условия наиболее тяжелые, на первом этапе планируется модернизация электроники, а затем предполагается замена сцинтилляционных кристаллов CsI(Tl) на кристаллы чистого CsI с меньшим временем высвечивания. Это позволит улучшить временное разрешение счетчиков в 30 раз и, с учетом подгонки формы сигнала, обеспечить подавление фона более чем в 150 раз.

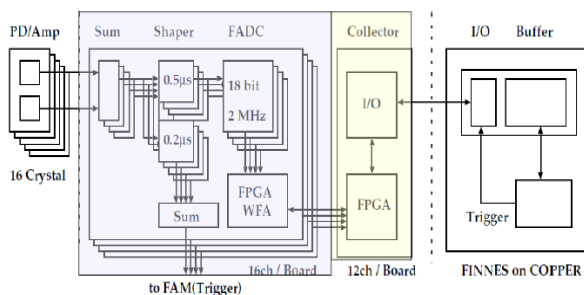


Рис. 1.8.4. Схема электроники калориметра Belle II.

Схема электроники калориметра показана на Рис. 1.8.4. Сигнал с предусилителя поступает на модуль формирователей-оцифровщиков, где он формируется и непрерывно оцифровывается. В момент прихода триггерного сигнала происходит подгонка оцифрованных данных сигналом известной формы с определением амплитуды и времени сигнала. Последняя информация считывается модулем коллектора и передается в систему сбора данных детектора. Модуль формирователей-оцифровщиков принимает сигналы с 16-ти счетчиков. Кроме того, формирователь-оцифровщик вырабатывает быстрый сигнал суммы 16-ти каналов, который используется для формирования нейтрального триггера. Калориметрическая электроника включает 52 9U VME крейта, в каждом из которых расположено 8-12 модулей формирователей-оцифровщиков, модуль коллектора и триггерный модуль (FAM).

В прошлом году было изготовлено 112 модулей формирователей-оцифровщиков. Оставшиеся 324 модуля для цилиндрического калориметра были произведены и доставлены в КЕК в 2014 году. Перед установкой на детектор все модули были протестированы на специализированном стенде. На Рис. 1.8.5 показаны распределения по измеряемым параметрам формирователей.

Все крейты цилиндрической части калориметра были установлены на детектор, скомпонованы модулями формирователей-оцифровщиков и коллекторов, и подключены к счетчикам цилиндрического калориметра. После подключения каждого крейта счетчики проверялись с использованием временной системы сбора данных. Во время тестирования проверялись шумы электроники, положение калибровочного сигнала и положение пика космических минимально-ионизирующих частиц. Все каналы оказались работо-

способными. На Рис. 1.8.6 показан спектр энергывыделений космических частиц в счетчике цилиндрического калориметра. Используя информацию с нескольких модулей, производилось восстановление треков космических частиц в калориметре и проверка правильности соединения счетчиков. Эта процедура позволила исправить все ошибки, допущенные при подключении счетчиков.

После проверки все коллекторы были подключены оптическим кабелем к приемным платам системы сбора данных в электронной пультровой детектора, а также к системам синхронизации и распределения триггера. Было разработано программное обеспечение и проекты для программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), позволяющие загружать массивы коэффициентов в модули формирователей и коллектора, а затем считывать и передавать данные в систему сбора данных детектора. Осенью были набраны первые данные, содержащие события регистрации космических частиц калориметром. На Рис. 1.8.7 показан пример события, зарегистрированного калориметром.

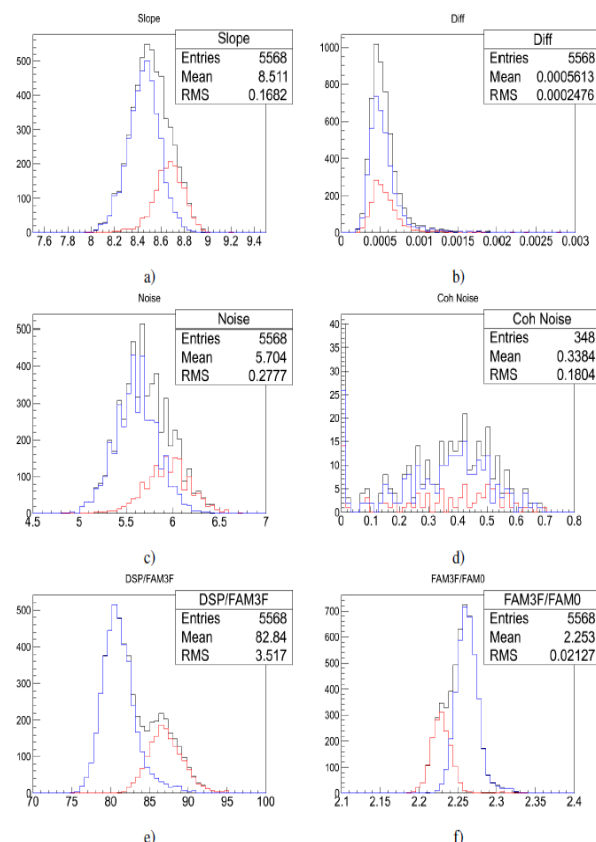


Рис. 1.8.5. Распределения по параметрам формирователей-оцифровщиков, измеренным на стенде: коэффициент преобразования (а), нелинейность (б), шум (с), когерентный шум (д), отношение сигналов в основном и быстром каналах (е), отношение сигналов с максимальным и минимальным ослаблениями в быстром канале(ф).

Опция формирователя-оцифровщика для торцевого калориметра слегка отличается от модуля цилиндрической части. Весной 2014 года была проведена окончательная проверка торцевой версии формирователей-оцифровщиков и отдан заказ на массовое производство модулей.

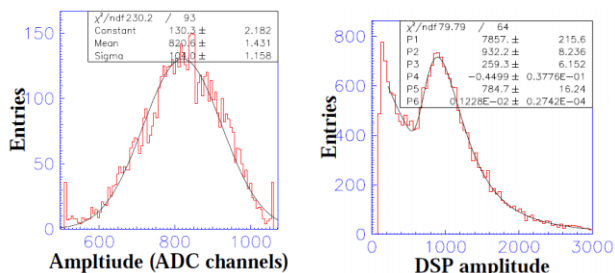


Рис.1.8.6. Спектр амплитуд минимальноионизирующих частиц и положение пика космических частиц для всех цилиндрических счетчиков.

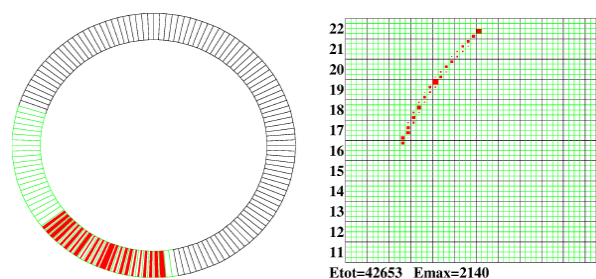


Рис. 1.8.7. Пример космического события, зарегистрированного в цилиндрическом калориметре.

В ходе эксперимента Belle II ожидается существенно больший поток нейтронов от взаимодействия потерянных электронов пучка с материалом конструкции ускорителя и детектора. Темновой ток полупроводниковых фотоприемников увеличивается пропорционально интегральному потоку нейтронов через фотоприемник. В марте 2013 года проводились работы по модернизации фильтра питания фотоприемников заднего торцевого калориметра. В феврале-марте 2014 была проведена модернизация переднего торцевого калориметра. Модернизация заключалась в замене резисторов фильтра питания на резисторы меньшего номинала для того, чтобы обеспечить возможность работы фотоприемников после облучения нейтронным потоком. Для этой модернизации было необходимо: разобрать калориметр, демонтировать предусилители, заменить в них резисторы, провести проверку их работоспособности, установить предусилители на кристаллы, закрыть калориметр и произвести окончательную проверку на космических частицах. Этапы разборки сектора (1/16) калориметра показаны на Рис. 1.8.8. Эта работа проводилась командой, включающей пять человек, и потребовала около двух месяцев. В результате все фильтры были модернизированы, и проверка показала работоспособность всех 1152 каналов.

Для использования данных калориметра в эксперименте необходимо программное обеспечение, в которое входит и программа моделирования калориметра. В ходе работы была реализована процедура калибровки калориметра, которая позволяет измерять калибровочные константы, необходимые для реконструкции энергии и времени кластеров в моделировании. В дальнейшем эта программа будет определять параметры для экспериментальных данных. В рамках этой работы сотрудниками Института было также освоено программное обеспечение калориметра Belle II.

В 2015 году планируется получить и провести проверку 140 модулей формирователей-оцифровщиков для торцевого калориметра. Необходимо провести проверку счетчиков торцевого калориметра. Также необходимо закончить разработку процедуры и написание программного обеспечения для амплитудной и временной калибровки калориметра, после чего провести калибровку каналов цилиндрического калориметра. В планах также установить электронику торцевого калориметра на детектор. Кроме того, планируется закончить разработку и начать производство модуля измерения светимости по информации с калориметра.

#### 1.8.4. Компьютерные вычисления для Belle II.



Рис. 1.8.8. Этапы разборки сектора калориметра и замены резисторов.

Современные эксперименты требуют использования распределенных вычислительных систем для мо-

делирования, обработки и анализа данных. Эксперимент Belle II находится в подготовительной стадии. В то же время продолжается разработка и тестирование распределенной вычислительной системы для этого уникального эксперимента. Впервые в эту систему были включены вычислительные мощности из Новосибирска. При помощи системы DIRAC (Distributed Infrastructure with Remote Agent Control) были подключены высокопроизводительные кластеры ИЯФ, Новосибирского Государственного Университета (НГУ) и Новосибирского Суперкомпьютерного Центра (НСЦ). Благодаря этому, было принято участие в двух компаниях по производству моделирования детектора Belle II. Это позволило провести отладку и оптимизацию нашей вычислительной системы. Вклад Новосибирска составил около 5%, что удовлетворяет требования коллаборации Belle II. Результаты доложены на международной конференции ACAT.



2

ЭЛЕКТРО- И ФОТОЯДЕРНАЯ  
ФИЗИКА





## ЭКСПЕРИМЕНТЫ С ВНУТРЕННИМИ МИШЕНЯМИ

I. Учет вклада двухфотонного обмена (ДФО) в упругом рассеянии электрона на протоне, вероятно, объяснит противоречие в данных по измерению электромагнитных форм факторов протона, которые были получены с помощью различных экспериментальных методик. К настоящему времени в мире уже проведены три эксперимента по определению вклада ДФО в этом процессе. Это – эксперименты коллаборации OLYMPUS (DESY, Германия), коллаборации CLAS (TJNAF, США) а также эксперимент в ИЯФ СО РАН на накопительном кольце ВЭПП-3. Во всех трех случаях для определения вклада ДФО измерялась величина  $R$  – отношение сечений упругого рассеяния электрона/позитрона на протоне. В ИЯФ набор данных проводился при двух энергиях пучков электронов/позитронов – 1,6 ГэВ и 1,0 ГэВ. Набор данных завершился в 2012 году. В отчетном году проводился анализ данных эксперимента. Он включал в себя внесение различных поправок, а также анализ систематических ошибок. Наличие двух почти идентичных систем регистрации, расположенных по разные стороны пучка накопителя подавляло изменение их суммарного счета при малых смещениях пучка в накопителе. Пренебрежимо малые магнитные поля в районе детектора частиц снимали проблему равенства акцептанса детекторов частиц в случае рассеяния электронов/позитронов (эта большая проблема для OLYMPUS и CLAS). Важным этапом анализа явился учет вклада радиационных поправок: он составляет значительную часть отклонения измеренной величины от единицы. Работа по расчету радиационных поправок завершена, результаты работы опубликованы в журнале *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*. Результаты измерения в зависимости от величины  $\epsilon$  поляризация виртуального фотона) полученные в настоящем эксперименте, приведены на рисунке 2.1. Измерения с наибольшим значением  $\epsilon$  использовались для нормировки при обеих энергиях. Нормировочное значение было положено равным 1. На рисунке приведены также результаты предыдущих экспериментов. Они имеют существенно большие погрешности. Линиями показаны некоторые теоретические предсказания для величины  $R$ . Отметим, что расчеты P. G. Blunden, et al. и D. Borisyuk and A. Kobushkin практически совпадают. Полученные в данной работе экспериментальные точки лежат примерно посередине между этой парой кривых и кривой работы J. C. Bernauer, et al. В последней работе найдены параметризации форм-факторов протона, кулоновских поправок и вклада ДФО, которые хорошо описывают большой набор экспериментальных данных, включающих в себя результаты как неполяризованных измерений (в этом случае использовались данные дифферен-

циальных сечений), так и результаты поляризованных измерений (использовались измеренные отношения формфакторов). То есть в этом подходе снимается упомянутое выше противоречие между результатами по формфакторам протона, полученных методом Розенблюта и методом передачи поляризации. В расчетах P. G. Blunden, et al. Также показано, что учет вклада ДФО устраняет это противоречие. Результаты эксперимента опубликованы в Arxiv и приняты к публикации в журнале *Physical Review Letters*.

II. Когерентное фоторождение нейтрального пиона на дейтроне является важным процессом в ядерной физике, который дает ценную информацию о структуре дейтрона, пинуклонного и нуклон-нуклонного взаимодействий. Наличие всего двух частиц в конечном состоянии упрощает расчеты и позволяет делать более определенные предсказания, как об их взаимодействии, так и о промежуточных состояниях протоннейтронной пары.

В то время как теоретические исследования реакции проводятся давно (начиная с 70-х годов), подробные экспериментальные данные по дифференциальным сечениям появились сравнительно недавно.

Что касается поляризованных наблюдаемых в этой реакции, то есть лишь несколько измерений сигма-асимметрии. Измерения тензорных анализирующих способностей реакции полностью отсутствовали до появления наших данных, которые были получены из статистического материала эксперимента по фото-десинтеграции дейтрона (Николенко Д. М. и др. Письма в ЖЭТФ 89, 518 (2009)). Точность этих измерений была невысока. В мае-июле 2013 года был проведен набор данных по когерентному рождению нейтрального пиона на тензорно-поляризованной дейтронной мишени. Интегральный заряд, пересечений мишень за время набора данных, равен 154 кКулон. Средняя величина тензорной поляризации мишени составила  $(37,3 \pm 1,1)$  %. Предполагается, что в данном эксперименте точность измерения тензорной анализирующей способности реакции T20 будет улучшена в несколько раз, а также будут получены данные по дифференциальным сечениям. В текущем году был проведена обработка части набранного материала. Предварительные результаты эксперимента по измерению тензорной анализирующей способности реакции T<sub>20</sub> приведены на Рис. 2.2. Как видно, при больших энергиях фотона намечается расхождение между нашими данными и теоретическим предсказанием.

Теоретические предсказания: сплошные кривые - расчет А.Фикса (частное сообщение), пунктирные кривые - расчет С. Камалова и др.

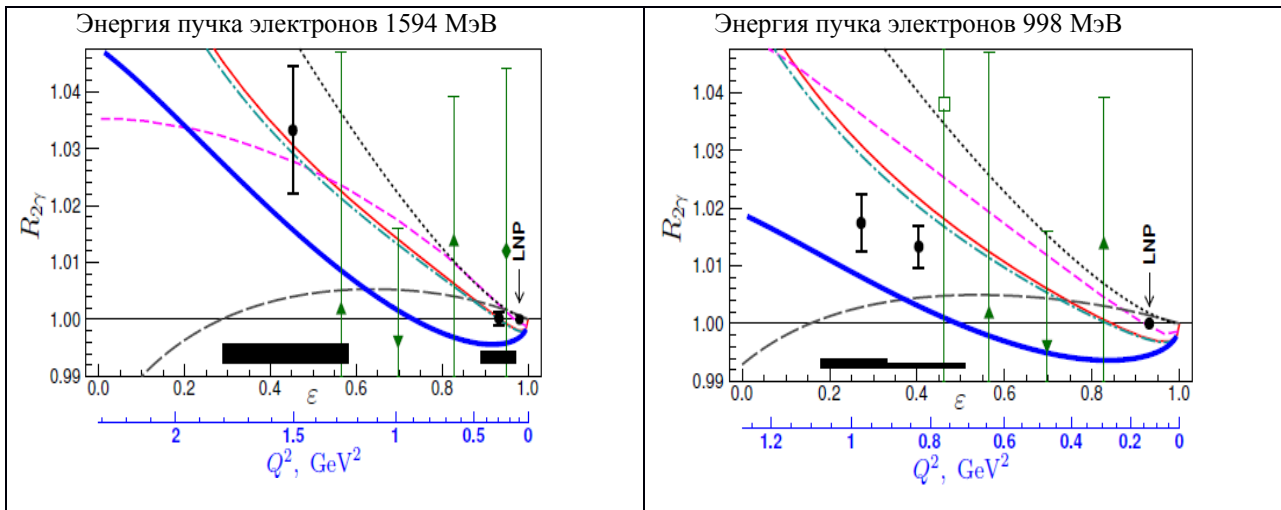


Рис. 2.1. Результаты эксперимента: отношение  $R_{2\gamma}$  в зависимости от  $\epsilon$  и  $Q^2$ . Черные кружки — данные настоящего эксперимента.

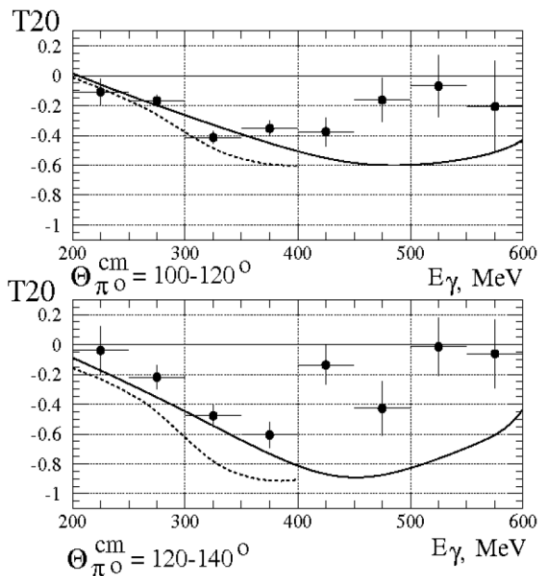


Рис. 2.2. Предварительные результаты по тензорной анализирующей способности  $T_{20}$  реакции когерентного фоторождения нейтрального пиона на дейтроне в зависимости от энергии гаммакванта. Верхний график - при углах вылета пиона в системе центра масс в интервале 100 - 120 градусов. Нижний график - при углах вылета пиона в интервале 120-140 градусов.

III. В 2014 году была проведена очередная проверка системы мечения фотонов (СМФ). Компьютерное моделирование выявило основные факторы, влияющие на угловое и энергетическое разрешение СМФ: точность определения координаты точки вылета электрона, многократное рассеяние электронов на стенке вакуумной камеры, точность определения координат трека электронов. С целью подавления фонов от тормозного излучения (применяя режим анисовпадений), в СМФ предусмотрен сцинтилляционный детектор-сэндвич для регистрации

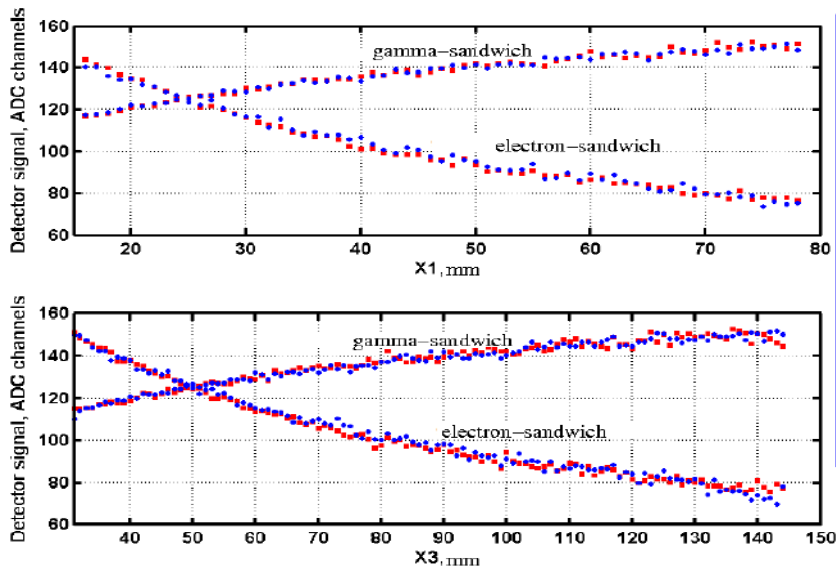
тормозных гаммаквантов, состоявший из 28 периодов, и другой сцинтилляционный детектор-сэндвич в плече регистрации электронов СМФ, состоявший из 4 периодов. Для точного измерения координат треков электронов СМФ используются каскадные газовые электронные умножители (ГЭУ или GEM - детекторы) с разрешением лучше 100 мкм. В качестве тестового процесса для СМФ использовалось тормозное излучение (тормозной фотон и рассеянный электрон регистрировались на совпадение этими сэндвичами, установленными на малые углы). Результаты теста СМФ представлены на рисунке 2.3, на котором показана зависимость энерговыведения в сэндвичах от координат в 2-х ГЭУ при энергии электронов в ВЭПП-3 600 МэВ. Как видно, экспериментальные зависимости энерговыведения в сэндвичах дают хорошее согласие с результатами моделирования.

Ограниченного ускорительного времени (около одной недели работы с пучком) оказалось недостаточно для накопления данных в совместном наборе СМФ и детектора вторичных частиц для всесторонней проверки СМФ.

IV. Продолжались работы по созданию прототипа источника поляризованных молекул изотопов водорода. Все детали экспериментальной установки изготовлены, произведена частичная сборка установки. Источник молекул полностью собран, проверен на герметичность. Камера измерения интенсивности поляризованных молекул находится в процессе сборки.

Эксперименты с внутренними мишенями проводятся в сотрудничестве с физиками из Томска, NIKHEF (Нидерланды), ANL (США).

По результатам проведенных работ на установке “Дейтрон” в 2014 году было опубликовано 11 статей, сделано 4 доклада на различных международных конференциях.



Зависимость  
энерговыведения в  
сэндвичах от  
координат в GEMax.

X1, X3 – радиальные  
координаты событий,  
зарегистрированных  
GEM1 и GEM3.

Синие кружки –  
GEANT-4  
моделирование.  
Красные квадраты –  
экспериментальные  
данные.

Рис. 2.3. Зависимость энерговыведения в сэндвичах от координат в ГЭУ (экспериментальные результаты и моделирование).



3

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ  
ФИЗИКА



### 3.1. КХД

«Уравнение эволюции функции Грина протона при малых  $X$ »  
А.В. Грабовский  
Acta Phys. Polon. Supp. 7 (2014) 3, 493.

В следующем за главным логарифмическим приближении обсуждается уравнение эволюции для барионной вильсоновской петли, которая является естественной моделью для функции Грина, описывающей рассеяние протонов в реджевском пределе.

«Импакт фактор для дифракционного рождения двух и трех струй при высоких энергиях»  
А.В. Грабовский, Р. Буссари,  
Л. Шимановский, С. Валлон  
ЖНЕР 1409 (2014) 026.

Представлено вычисление импакт фактора перехода  $\gamma(*) \rightarrow q \square g$  в рамках высокоэнергетического операторного разложения Балицкого. Также с помощью этого метода воспроизведен результат для импакт фактора перехода  $\gamma(*) \rightarrow q \square g$ . Эти результаты являются необходимыми элементами для дальнейшего феноменологического изучения инклюзивных процессов дифракционного глубоко неупругого рассеяния, а также процессов дифракционного рождения двух и трех струй.

«Жесткие эксклюзивные двухфотонные процессы в КХД»  
В.Л. Черняк, С.И. Эйдельман,  
Progress in Particle and Nuclear Physics (online),  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.pnpnp.2014.09.002>, pp. 1-42,  
arXiv:1409.3348 [hep-ph], pp. 1-58.

Дан обзор жестких эксклюзивных двухфотонных процессов в КХД:

- a)  $\gamma\gamma \rightarrow P_1 P_2, P_1 P_2 = \{\pi^+ \pi^-, K^+ K^-, K_S K_S, \pi^0 \pi^0, \pi^0 \eta\}$ ;
- b)  $\gamma\gamma \rightarrow V_1 V_2, V_1 V_2 = \{\rho^0 \rho^0, \phi\phi, \omega\phi, \omega\omega\}$ ;
- c)  $\gamma\gamma \rightarrow$  барион-антибарион;
- d)  $\gamma^* \gamma \rightarrow P^0, P^0 = \{\pi^0, \eta, \eta', \eta_c\}$ .

Представлены имеющиеся экспериментальные данные. Описан ряд теоретических подходов к описанию этих процессов, как основанных в основном на вычислениях в рамках КХД, так и на ряде феноменологических моделей (модель "handbag", дикварковая модель и т.п.). Обсуждается ряд теоретических вопросов, тесно связанных с описанием рассматриваемых процессов, в частности: применения различного типа правил сумм КХД, пороговое поведение мезонных волновых функций ведущего твиста, и т.д.

«Мультиреджевская форма амплитуд с глюонным обменом в суперсимметричных теориях Янга-Миллса»  
М.Г. Козлов, А.В. Резниченко, В.С. Фадин  
Ядерная физика, том 77, No 2, стр. 273-294. (2014).

В суперсимметричных теориях Янга-Миллса (СЯМ) найдены все эффективные вершины взаимодействия реджезованных глюонов с частицами как для главного логарифмического приближения (ГЛП), так и для следующего за ним (СГЛП). Вычислены вклады скаляров в собственную функцию ядра для присоединенного представления калибровочной группы и в импакт-факторы, аналогичные имеющимся в квантовой хромодинамике (КХД), а также все дополнительные по сравнению с КХД импактфакторы, возникающие в СЯМ. Доказано выполнение всех условий бутстрапа, гарантирующее мультиреджевскую форму многочастичных амплитуд в СЯМ в СГЛП. Разработан метод проверки соотношений бутстрапа без вычисления явного вида вершин и импакт-факторов. С его помощью доказано выполнение условий бутстрапа в теориях с любым числом фермионов и скалярных частиц, преобразующихся по любым представлениям цветовой группы, и с любым взаимодействием юкавовского типа между ними.

«Обзор: доказательство глюонной реджезации в теориях Янга-Миллса»  
М.Г. Козлов, А.В. Резниченко, В.С. Фадин  
препринт ИЯФ 2014-19.

Представлен обзор доказательства глюонной реджезации в рамках следующего за главным логарифмического приближения (СГЛП) в различных теориях Янга-Миллса. Недавно были получены результаты, позволившие применить доказательство мультиреджевской формы амплитуд в КХД к суперсимметричным теориям Янга-Миллса (СЯМ). В обзоре представлены выражения для новых по сравнению с КХД эффективных вершин как в мультиреджевской, так и в квазимультиреджевской кинематике в СЯМ. Особое внимание уделено однопетлевым поправкам от скалярного сектора СЯМ. Далее мы демонстрируем выполнение всех новых упругих и неупругих условий бутстрапа с участием скалярных частиц в СЯМ. В рамках бутстрапного подхода к доказательству мультиреджевской формы, справедливость данных условий бутстрапа, наряду с остальными условиями в глюонном и фермионном секторах, аналогичными условиям в КХД, гарантирует мультиреджевскую форму амплитуд с глюонными обменами в  $t$ -каналах. Дан краткий обзор оставшихся проблем в общей схеме доказательства мультиреджевской формы.

«Импакт фактор реджеон-глюонного перехода в  $N=4$  SYM с большим числом цветов»  
В.С. Фадин, Р. Фиоре  
Phys. Lett. B 734 (2014) 86-91.

Исследованы свойства импакт факторов реджеон-глюонного перехода в суперсимметричных теориях Янга-Миллса с четырьмя суперзарядами при большом числе цветов. В следующем за главным приближении получен явный вид импакт факторов в схеме с конформно-инвариантным ядром и параметром эволюции амплитуд с энергией. Показано, что за вычетом членов, учтенных в анзаце Берна-Дивсона-Смирнова, импакт факторы в этой схеме тоже конформно инвариантны.

«Скачки в мультиреджеонных амплитудах»  
В.С. Фадин  
arXiv:1412.3253 [hep-th].

Рассматриваются скачки амплитуд множественного рождения по инвариантным массам рожденных частиц. Скачки в подходе БФКЛ находятся в явном противоречии с анзацем Берна-Диксона-Смирнова для  $n$ -плюонных амплитуд в планарной  $N=4$  СЯМ при  $n > 5$ . Представлено выражение для скачка амплитуды  $2 \rightarrow 4$  по инвариантной массе двух рожденных глюонов в следующем за главным порядке.

«Реджевская вершина для рождения кварка в центральной области быстрот в следующем за главным приближении»  
М.Г. Козлов, А.В. Резниченко,  
Принята к печати в журнале Ядерная физика, 2015.  
Аннотация опубликована в тезисах докладов Международной сессии-конференции секции Ядерной физики ОФН РАН  
"Физика фундаментальных взаимодействий",  
Москва, из-во НИЯУ МИФИ, (2014) стр. 67.

Мы вычислили эффективную вершину рождения кварка при взаимодействии реджезованного кварка и реджезованного глюона в следующем за главным приближении (СГП). Найденная вершина - недостающий элемент мультиреджевской амплитуды в СГП с кварковыми и глюонными обменами в  $t$ -каналах. Данное вычисление позволяет в дальнейшем развить бутстрапный подход к доказательству реджезации кварка в следующем за главным логарифмическом приближении (СГЛП), как для главного логарифмического приближения, так и для следующего за ним. Вычислены вклады скаляров в собственную функцию ядра для присоединенного представления калибровочной группы и в импактфакторы, аналогичные имеющимся в квантовой хромодинамике, а также все дополнительные возникающие импактфакторы, проверено выполнение всех условий бутстрапа, гарантирующие мультиреджевскую форму многочас-

тичных амплитуд. Развита метод проверки соотношений бутстрапа без вычисления явного вида вершин и импактфакторов. С его помощью доказано выполнение условий бутстрапа в теориях с любым числом фермионов и скалярных частиц, преобразующихся по любым представлениям цветовой группы, и с любым взаимодействием Юкавовского типа между ними.

«Реджевские амплитуды с кварковыми и глюонными обменами»  
А.В. Резниченко, М.Г. Козлов,  
Постерный доклад на XII конференции "Молодые ученые России" фонда Династия,  
Апрель 13-16 (2014).

Представлен статус гипотезы реджезации кварка в рамках следующего за главным логарифмического приближения в КХД. Обсуждаются вычисления эффективных вершин с участием реджезованного кварка.

«Трёхпетлевая аномальная размерность излома на Вильсоновской линии в КХД»  
А.Г. Грозин, Й.М. Хенн, Г.П. Корчемский,  
П. Марквард,  
arXiv:1409.0023 [hep-th]  
Phys. Rev. Lett. 114 (2015) 062006 (5 стр.).

Мы представляем полный аналитический результат для трёхпетлевой аномальной размерности излома на Вильсоновской линии, зависящей от угла, в КХД.

С использованием этого результата инфракрасные расходимости планарных процессов рассеяния с массивными частицами могут быть предсказаны в этом порядке. Более того, мы определяем родственную величину в терминах эффективной константы связи, определяемой аномальной размерностью светоподобного излома. Мы обнаружили, что эта величина универсальна в любой калибровочной теории, и используем это наблюдение, чтобы предсказать непланарные члены четырёхпетлевой аномальной размерности излома, зависящие от  $n_f$ .

«Зависящие от  $n_f$  члены трёхпетлевой аномальной размерности излома на Вильсоновской линии в КХД»  
А.Г. Грозин, Й.М. Хенн,  
Г.П. Корчемский, П. Марквард  
Proceedings of Science LL2014 (2014) 016 (8 стр.);  
arXiv:1406.7828 [hep-th].

В этом докладе мы представляем результат для зависящей от  $n_f$  части трёхпетлевой аномальной размерности излома на Вильсоновской линии в КХД.

Замечательно, что она параметризуется теми же простыми функциями, которые появляются в аналогичной аномальной размерности в  $N=4$  SYM в одной и двух петлях. Мы также вычислили все требующиеся мастер-интегралы, используя недавно



предложенное улучшение метода дифференциальных уравнений. Аналитические результаты выражаются через гармонические полилогарифмы однородного веса.

«Эффективные слабые лагранжианы в  
Стандартной Модели и распады В мезонов»  
А.Г. Грозин

Труды международной школы Гельмгольца  
«Физика тяжёлых кварков и адронов», под редакцией  
А. Али, Ю. Быстрицкого, М.Иванова, Verlag  
Deutsches Elektronen-Synchrotron (2014), стр.78-98  
ISBN 978-3-935702-82-9, ISSN 1435-8077.

Слабые процессы (например, распады В мезонов) с характерными энергиями  $\ll M_W$  могут быть описаны в эффективной теории, не содержащей  $W$ ,  $Z$  и других тяжёлых частиц (Хиггс,  $t$ ). Её лагранжиан содержит четырёхфермионные операторы взаимодействия. В сущности это теория, предложенная Ферми и улучшенная Фейнманом, Гелл-Манном, Маршаком, Сударшаном.

«Введение в систему Mathematica для физиков»  
А.Г. Грозин

Учебники по физике для аспирантов,  
Springer (2014), 219 стр., ISBN 978-3-319-00893-6;  
электронная книга ISBN 978-3-319-00894-3.

Mathematica - наиболее широко используемая система для проведения математических вычислений на компьютере, включая символьные и численные вычисления и графику. Она используется в физике и других отраслях науки, в математике, образовании и многих других областях. Многие важные результаты в физике никогда не были бы получены без широкого использования компьютерной алгебры. Эта книга описывает идеи компьютерной алгебры и язык системы Mathematica. Она также содержит набор примеров, в основном из физики, а также из математики и химии. После чтения этой книги и решения имеющихся в ней задач читатель сможет эффективно использовать систему для решения своих задач.

«Доминантность изоскалярной амплитуды в  $e^+e^-$ -  
аннигиляции в нуклон-антинуклонную пару  
вблизи порога»

В.Ф. Дмитриев, А.И. Мильштейн, С. Г. Сальников  
Ядерная Физика. 77, 1234 (2014) [Physics of Atomic  
Nuclei, 77, 1173-1177 (2014)].

Мы используем Парижский нуклон-антинуклонный оптический потенциал для объяснения экспериментальных данных в процессе  $e^+e^-$  аннигиляции в нуклон-антинуклонную пару вблизи порога. Оказалось, что учет взаимодействия в конечном состоянии с помощью Парижского оптического потенциала позволяет описать имеющиеся экспериментальные данные. Как следует из нашего рас-

смотрения, вклад изоскалярной амплитуды в сечение рождения пары вблизи порога много больше вклада изовекторной амплитуды.

### 3.2. ТЕОРИЯ ХАОСА

«Фактор усиления упругих процессов: от  
мезоскопических систем к макроскопическим  
аналоговым устройствам»  
В.В. Соколов, О.В. Жиров  
arXiv:1411.6211v2 [nucl-th] 12 Dec 2014.

Превышение вероятностей упругих процессов над неупругими типично для процессов хаотического резонансного рассеяния описываемых в рамках теории случайных матриц. Количественно, это явление описывается фактором упругого усиления  $F$  равным типичному отношению сечений упругих и неупругих процессов. Экспериментальное измерение этого фактора позволяет получить важную информацию о свойствах сложных состояний, формирующихся на промежуточной стадии резонансной реакции. Вообще говоря, фактор упругого усиления зависит как от числа  $M$  каналов реакции, так и трансмиссионных коэффициентов  $T$ . Однако, если число каналов очень велико, а трансмиссионные коэффициенты малы, что типично, например, для ядерных компаунд - резонансных процессов, фактор усиления упругих процессов оказывается зависящим только от одного меняющегося в широких пределах параметра  $\eta = MT$  ("Режим Фербааршота"). Мы предлагаем и обосновываем новую интерпретацию этого параметра как отношения двух характеристических времён, одно из которых (время Гайзенберга) характеризует внутреннюю динамику промежуточной системы, в то время как другое (время Вайсскопфа) описывает влияние её открытости. В противоположность описанной выше ситуации, в аналоговых экспериментах с нерегулярной формы квази-двумерными электромагнитными резонаторами, которые широко используются для имитации хаотической квантовой динамики, число каналов рассеяния электромагнитных волн весьма ограничено. Мы показываем, что в такой ситуации фактор упругого усиления зависит, в противоположность режиму Фербааршота, порознь зависит от числа каналов и трансмиссионных коэффициентов. Мы противопоставляем эти два типичных режима и показываем, что в случае устройств с отсутствием инвариантности по отношению к отражению времени ( $T$ -неинвариантных) аналитическое решение оказывается возможным для любого заданного числа каналов  $M$  с произвольным значением трансмиссионных коэффициента  $0 < T < 1$ . Более того, в практически наиболее типичном двухканальном случае влияние неизбежных для таких экспериментов омических потерь также может быть описано аналитически. К сожалению, при наличии  $T$ -инвариантности получение аналитического решения

оказывается невозможным. Поэтому, чтобы проанализировать степень схожести или различия между двумя указанными ситуациями, нам пришлось воспользоваться численными методами.

«Переход Андерсона для собственных состояний матрицы Гугля»

О.В. Жиров, Д. Л. Шепелянский  
Annalen der Physik (2014).

В рамках приближения случайных матриц предложен ряд моделей для матрицы Гугля ориентированных сетей. С помощью методов численной диагонализации матриц изучены спектры и свойства собственных состояний соответствующих моделей матрицы Гугля. Показано, что в рамках некоторых из рассмотренных моделей возможно воспроизвести степенное затухание распределения рангов с показателем, близким к наблюдаемому в реальных ориентированных сетях. При этом спектры характеризуются отсутствием щели и широким распределением в комплексной плоскости собственных значений, соответствующем наборе собственных состояний матрицы Гугля обнаружена область перехода Андерсона от локализованных к делокализованным состояниям, характеризуемая в комплексной плоскости собственных значений границей подвижности.

### 3.3. КЭД

«Об эффективной массе фотона в сильном магнитном поле»

В.М. Катков  
arXiv:1403.3983

Для магнитного поля порядка критического значения Швингера или много больше его эффективная масса реального фотона с заданной поляризацией исследуется в области энергий, включающей два нижних порога рождения электрон-позитронной пары на уровнях Ландау. В области высоких энергий, когда число порогов велико, используется квазиклассическое приближение.

«Спектрально – интегральное представление поляризационного оператора фотона в постоянном и однородном магнитном поле»

В.М. Катков  
arXiv:1411.2339

Поляризационный оператор фотона в постоянном и однородном магнитном поле произвольной напряженности рассматривается на массовой поверхности. Вычисления проводятся для всех энергий фотона как выше порога рождения пары, так и ниже этого порога. Для эффективной массы фотона с заданной поляризацией получена общая формула, которая удобна как для анализа рассматриваемого

вопроса, так и для численных вычислений. Найдены приближенные выражения для сильных и слабых, по сравнению с критическим, полей. В зависимости от отношения этих полей рассматривается чисто квантовая область энергий фотона, где частицы рождаются на нижних уровнях Ландау, или совсем не рождаются. Рассматривается также область больших уровней энергии, где применимо квази-классическое приближение.

«Эффективная масса фотона в сильном поле»

В.М. Катков

Тезисы доклада на 6-ой международной конференции «Channeling 2014», стр.36. Октябрь 5-10, 2014, Капри, Италия

Есть ряд доказательств существования нейтронных звезд, обладающих магнитным полем близким или больше критического поля Швингера. Исследуется эффективная масса фотона в таких полях. Мнимая часть этой массы определяет вероятность рождения электрон-позитронной пары частиц. Действительная часть связана с дисперсионными свойствами пространства, занятого магнитным полем.

«Новый генератор событий для упругого рассеяния заряженных лептонов на протонах»

А.В. Грамолин, В.С. Фадин, А.Л. Фельдман,  
Р.Е. Герасимов, Д.М. Николенко,  
И.А. Рачек и Д.К. Топорков

J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 41 (2014) 115001 (28pp).

Данная работа описывает новый универсальный генератор событий, ESEPP, который был разработан для моделирования методом Монте-Карло неполяризованного упругого рассеяния заряженных лептонов на протонах. В генераторе учитываются радиационные поправки низшего порядка в рамках КЭД к формуле Розенблюта для сечения, включая первый порядок для тормозного излучения без использования мягкофотонного и ультрарелятивистского приближений. ESEPP может быть полезен для нескольких важных текущих и планируемых экспериментов.

«Приближения, используемые в вычислениях радиационных поправок к сечению электрон-протонного рассеяния»

Р.Е. Герасимов

Нелинейная динамика и приложения: материалы XXI Международного семинара NPCS'2014, том. 20 (2014) с. 56 – 63.

Мы исследуем разницу между результатами Мо и Тсея и Максимова и Тьена для радиационных поправок к сечению неполяризованного упруго электрон-протонного рассеяния. Особое внимание уделяется мягкофотонному приближению, лежащему в основе обоих вычислений.

«Анализ приближений, используемых при вычислении радиационных поправок к сечению электрон-протонного рассеяния»  
Р.Е. Герасимов, В.С. Фадин  
Препринт ИЯФ 2014-10.

В работе проводится анализ приближений, используемых при вычислении радиационных поправок к сечению электрон-протонного рассеяния. Исследуется расхождение между применявшимися при обработке экспериментов результатами работ Мо и Тсяя и более поздними результатами Максимова и Тьена. Обсуждается влияние процедуры учета радиационных поправок на измеряемое отношение формфакторов протона.

«Кулоновские поправки к рассеянию электрона на протяженном источнике и зарядовый радиус протона»  
Р.Н. Ли, А.И. Мильштейн  
arXiv: 1402.3054.

Показано, что учет зарядового формфактора протонов кулоновских поправках к сечению рассеяния электрона на протоне заметно уменьшает разность между значением зарядового радиуса протона  $r_E$ , извлеченным из данных по рассеянию электрона на протоне и значением, следующим из экспериментов с мюонным водородом. Для энергий электрона много больше его массы, но много меньше чем  $r^L_E \approx 230$  МэВ, относительная поправка имеет универсальную форму  $\delta r_E/r_E = -\pi\alpha/2$ , где  $\alpha$  - постоянная тонкой структуры.

«Фоторождение электрон-позитронной пары и фотона в поле тяжелого атома при высокой энергии»  
П.А. Крачков, Р. Н. Ли, А. И. Мильштейн  
Phys. Rev. A 90, 062112 (2014).

Впервые точно по атомному полю исследован процесс рождения в атомном поле электрон-позитронных пар и тормозного фотона в конечном состоянии фотоном высокой энергии в начальном состоянии. Рассмотрение проведено в рамках развитого авторами квазиклассического подхода. Показано, что точное по атомному полю сечение может в разы отличаться от сечения, вычисленного в низшем порядке теории возмущений по атомному полю. Кроме того, вычисленное точное по полю сечение позволило впервые предсказать азимутальную асимметрию в процессе, которая отсутствует в сечении, вычисленном в низшем порядке теории возмущений по атомному полю.

«Ультррелятивистские волновые функции в сильном атомном и лазерном полях»  
А. Ди Пиазза, А.И. Мильштейн  
Phys. Rev. A 89, 062114 (2014).

Впервые найдена квазиклассическая функция Грина уравнения Дирака и соответствующие волно-

вые функции в поле, являющемся суперпозицией локализованного потенциала (атомного поля) и поля электромагнитной волны произвольного спектрального состава и произвольной поляризации. Это позволило исследовать влияние сильной электромагнитной волны на процесс рождения электрон-позитронных пар фотоном большой энергии в сильном атомном поле вне рамок теории возмущений по атомному и лазерному полю.

«Зарядовая асимметрия в высокоэнергетическом фоторождении мюонной пары в электрическом поле тяжелого атома»  
Е.Ж. Доуни, Р.Н. Ли, А.И. Мильштейн, Г. Рон  
Physics Letters B 728, 645 (2014).

Исследована зарядовая асимметрия в дифференциальном сечении рождения мюон- антимюонных пар фотоном высокой энергии в сильном атомном поле. Асимметрия возникает из-за учета первой квазиклассической поправки к волновым функциям частиц. Важным также является отклонение электрического поля от кулоновского на расстояниях порядка радиуса ядра (эффект конечного размера ядра). Хотя асимметрия в полном сечении является очень маленькой, в дифференциальном сечении она является заметной для определенных конечных состояний. Мы показали, что экспериментальное наблюдение эффекта является весьма возможным. Предложена соответствующая схема эксперимента.

### 3.4. ГРАВИТАЦИЯ

«Некоторая модель в минисуперпространстве для формулировки Фаддеева гравитации»  
В.М.Хацимовский  
Mod. Phys. Lett. A, v.29, p. 1450141, 2014.

Мы рассматриваем формулировку Фаддеева ОТО, в которой метрика составлена из десяти векторных полей или тетрады  $4 \times 10$ . Эта формулировка сводится к обычной ОТО при частичном использовании уравнений поля. Отличительной чертой действия Фаддеева является его конечность на разрывных полях. Это позволяет ввести его формулировку в минисуперпространстве, в которой векторные поля постоянны всюду на  $R^4$ , за исключением множества нулевой меры (кусочно-постоянные поля). Поля параметризуются своими постоянными значениями, независимо выбираемыми, например, в 4-симплексах или, скажем, в параллелепипедах, на которые можно разбить  $R^4$ . Найден вид действия для векторных полей такого типа. Мы также рассматриваем кусочно-постоянные векторные поля, приближающие фиксированные гладкие поля. Мы проверяем, что если области постоянства векторных полей делаются бесконечно малыми, то действие и уравнения движения в минисуперпространстве сходятся к непрерывным Фаддеевским.

«Гравитационное действие Фаддеева на кусочно- постоянных фундаментальных векторных полях»

В.М.Хацимовский

Бюллетень ТГПУ, вып. 12(153), стр. 131-134, 2014.

В формулировке Фаддеева гравитации метрика считается композитным полем, билинейным по  $d = 10$  4-векторным полям. Мы выводим (дискретное) действие Фаддеева в конфигурационном минисуперпространстве путём вычисления действия Фаддеева на пространстве-времени, составленном из (плоских) 4-симплексов с постоянными 4-векторными полями. Это аналог действия Редже, полученного вычислением действия Гильберта-Эйнштейна на пространстве-времени, составленном из плоских 4-симплексов. Одна из новых черт этой формулировки состоит в том, что симплексы не обязаны совпадать на общих гранях и могут виртуально рассматриваться как независимые. Также можно ввести в этом формализме нарушающий чётность член, исчезающий на уравнениях поля и характеризующийся параметром, аналогом параметра Барbero-Иммирци  $\gamma$  в ОТО, ответственного за (дискретный) спектр площади в квантовой теории.

«Гравитационное четырёхфермионное взаимодействие в ранней Вселенной»

А.С. Руденко, И.Б. Хриплович

УФН 184, № 2, 177-181 (2014)

Phys., Usp. 57, iss. 2, 167-170 (2014).

Если кручение существует, то оно порождает гравитационное четырёхфермионное взаимодействие, проявляющееся на планковском масштабе. Исследуется влияние этого взаимодействия на космологию Фридмана-Леметра-Робертсона-Уокера. Получено явное аналитическое решение задачи, в которой учитываются как тензор энергии-импульса, генерируемый гравитационным четырёхфермионным взаимодействием, так и обычный ультрарелятивистский тензор энергии-импульса. Показано, что гравитационное четырёхфермионное взаимодействие не приводит к Большому отскоку.

«Форма инфлатонного потенциала и эффективность разогрева Вселенной»

А.Д. Долгов, А.В. Попов, А.С. Руденко

arXiv:1412.0112 [astro-ph.CO],

статья направлена в ЖЭТФ.

Показано, что эффективность постинфляционного разогрева Вселенной зависит не только от возможного наличия параметрического резонанса при рождении скалярных частиц, но от формы колебаний инфлатона около положения равновесия. В частности, когда колебания инфлатона отличаются от гармонических в сторону ступенчатой функции, вероятность рождения частиц возрастает на несколько порядков.

Это в свою очередь приводит к более высокой температуре Вселенной после распада инфлатона. Построен пример инфлатонного потенциала, который приводит к нужной форме колебаний инфлатона и обеспечивает необходимую длительность инфляции.

«Современные методы многопетлевых вычислений»

Р. Н. Ли

In Proceedings of the 49th Rencontres de Moriond, ARISF, 2014, p 297.

Представлено несколько новых и недавних идей, касающихся многопетлевых вычислений.

«Приведение дифференциальных уравнений для многопетлевых мастер-интегралов»

Р.Н. Ли

arXiv: 1411.0911.

Представлен алгоритм приведения дифференциальных уравнений для мастер-интегралов к фуксовой форме с линейной зависимостью правой части от параметра размерностной регуляризации  $\square$ .

«Применение методов квантовой теории поля в исследовании нелинейного уравнения Шредингера и канала связи с гауссовским шумом»

А. В. Резниченко, И. С. Терехов, С. К. Турицын

Аннотация опубликована в тезисах докладов

Международной сессии-конференции

секции Ядерной физики ОФН РАН "Физика

фундаментальных взаимодействий",

Москва, изд-во НИЯУ МИФИ, (2014) стр. 72-73.

Применяя квазиклассическую теорию возмущений в представлении условного вероятностного функционала через континуальный интеграл, в пределе большого отношения сигнал-шум и малой нелинейности, мы получили аналитическое выражение для взаимной информации канала связи, описываемого нелинейным уравнением Шредингера (NLSE) с аддитивным гауссовским шумом (AWGN). NLSE является одной из фундаментальных моделей в физике нелинейных явлений и имеет широкую область практического применения, включающую оптоволоконные каналы связи - основу современной сети Интернет. Наш результат демонстрирует, что поправки к шенноновскому выражению для взаимной информации оказываются положительными в главном порядке по нелинейности. Тем самым, показано, что в присутствии нелинейности емкость канала может превышать предел Шеннона для емкости линейного канала.

4

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ И  
УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ  
СИНТЕЗ



## 4.1. УСТАНОВКА ГДЛ

### 4.1.1. ЭЦР нагрев плазмы в ГДЛ.

В 2014 году на ГДЛ была проведена серия успешных экспериментов по электронно-циклотронному резонансному (ЭЦР) нагреву плазмы. Цель эксперимента заключалась в отработке сценария комбинированного нагрева плазмы нейтральными пучками (НИ) мощностью 5 МВт и ЭЦР нагрева мощностью до 0,7 МВт, исследовании физических механизмов наблюдающейся при таком нагреве магнитогидродинамической неустойчивости плазмы и поиске способов ее подавления.

Система ЭЦР нагрева на установке ГДЛ состоит из двух импульсных гиротронов с частотой 54,5 ГГц и измеренной на входе в плазму мощностью 300 и 400 кВт. Каждый из гиротронов запитан от специально разработанных высоковольтных источников питания, формирующих прямоугольный импульс высоковольтного напряжения амплитудой 70 кВ (при стабильности не хуже 0,5%), током до 25 А, длительностью до 3 мс. Излучение гиротронов подводится по отдельным закрытым квазиоптическим линиям и вводится в вакуумную камеру в окрестности двух магнитных пробок как показано на рис. 4.1.1.

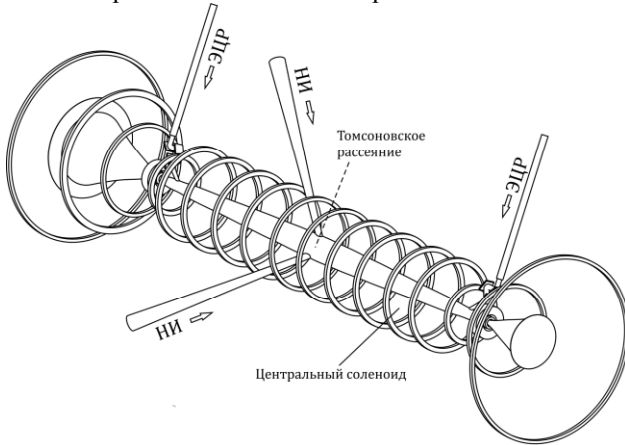


Рис. 4.1.1. Схема ЭЦР нагрева плазмы в ГДЛ.

Для создания оптимальных условий для ЭЦР нагрева требуется повышение магнитного поля в отдельных катушках, расположенных вокруг области поглощения. Дополнительный ток, необходимый для реализации эффективного поглощения на противоположных концах ловушки, был получен за счет снижения магнитного поля в основном теле ловушки (с 0,35 до 0,27 Т в центре установки). Такое возмущение магнитной конфигурации привело к существенному ухудшению удержания плазмы, в частности без ЭЦР нагрева температура электронов снизилась с 250 эВ до 150 эВ.

В такой магнитной конфигурации было оптимизированы два сценария ЭЦР нагрева. Первый сценарий оптимизировался для повышения времени жизни горячих ионов, получающихся при захвате плазмой нагревных нейтральных пучков. Этот режим характеризовался поглощением излучения гиротронов почти по всему сечению плазмы, что приводило к увеличению температуры электронов во всем объеме плазмы.

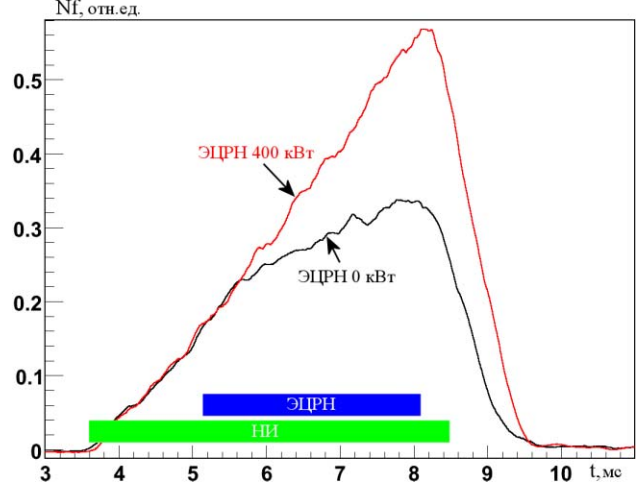


Рис. 4.1.2. Увеличение нейтронного потока при ЭЦР нагреве плазмы в ГДЛ.

Так как время жизни горячих ионов пропорционально температуре электронов в степени 3/2, при ЭЦР нагреве значительно возросло энергосодержание плазмы и поток нейтронов D-D синтеза, получающихся при столкновениях между горячими ионами (рис. 4.1.2.). Стабильный разряд в этом режиме удалось получить при мощности ЭЦР нагрева не превышающей 400 кВт. Электронная температура на оси ГДЛ достигала 200 эВ.

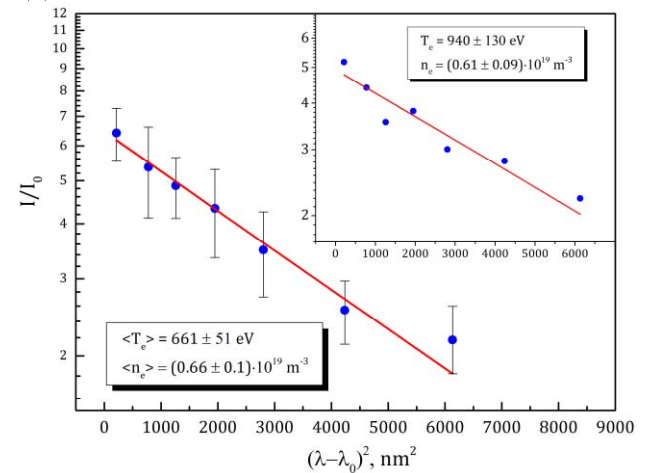


Рис. 4.1.3. Спектр томсоновского рассеяния лазерного излучения электронами плазмы на оси ГДЛ, усредненный по серии выстрелов. В правом верхнем углу один из рекордных выстрелов.

Второй сценарий оптимизировался для получения максимальной электронной температуры. В этом режиме основная часть СВЧ мощности, захваченной плазмой, поглощалась в узкой приосевой области. Поэтому при включении гиротронов за несколько сотен микросекунд формировался разряд с центральной температурой от 600 эВ до 1 кэВ (рис. 4.1.3.). Несмотря на то, что радиальный профиль температуры был сильно пикированным, баланс энергии показал, что удержание плазмы в приосевой зоне происходит в газодинамическом режиме, радиальный транспорт и классическая продольная (спитцеровская) электронная теплопроводность при этом сильно подавлены. Измерения методом томсоновского рассеяния показали, что энергия перераспределяется между тепловыми электронами, то есть речь идет именно об электронной температуре, а не об энергии, запасенной в «хвосте» энергичных электронов. В ходе этих экспериментов на установке ГДЛ была достигнута рекордная для открытых систем электронная температура в квазистационарном (~ 1 мс) разряде, при этом впервые параметры плазмы приблизились к значениям, сопоставимым с тороидальными системами.

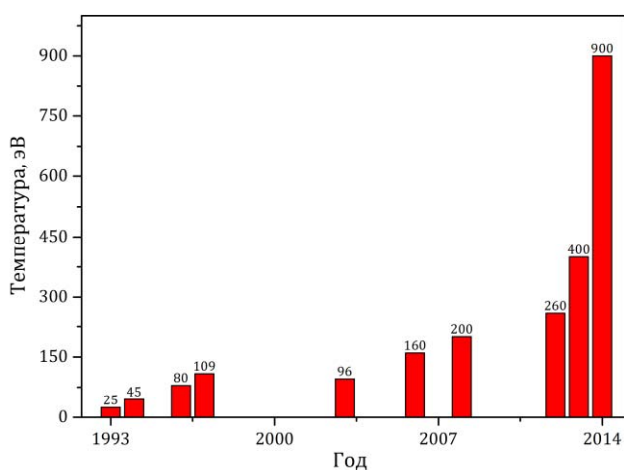


Рис. 4.1.4. Эволюция электронной температуры плазмы в эксперименте на ГДЛ.

Это обстоятельство позволило нам сделать вывод о хороших перспективах для термоядерных приложений на базе открытых ловушек. Для сравнения на рис. 4.1.4. приведен график, отражающий прогресс увеличения электронной температуры в экспериментах на установке ГДЛ за 25 лет существования установки.

Резкое и значительное увеличение электронной температуры при включении ЭЦР нагрева приводит к развитию МГД неустойчивости плазмы желобкового типа. Для подавления этой неустойчивости в стандартном разряде ГДЛ (без ЭЦР нагрева) используется метод «вихревого удержания». Он заключается в том, что к периферии плазмы прикладывается постоянный электрический потенциал, заставляющий её вращаться в скрещенных электрическом и магнитном полях.

Для эффективного подавления поперечных потерь при развитии желобковой неустойчивости прикладываемый радиальный потенциал должен быть сопоставим с температурой электронов. При сильном увеличении температуры плазмы при ЭЦР нагреве это условие может нарушаться. Для решения этой проблемы был применён метод ступенчатого повышения радиального потенциала, отслеживающий увеличение температуры при включении ЭЦР нагрева. В результате удалось реализовать относительно устойчивый ЭЦР нагрев плазмы мощностью 700 кВт в течение времени, сопоставимого с полной длительностью разряда в установке.

Демонстрация разряда с рекордно высокой электронной температурой стала возможной за счет выработки оптимальных сценариев ЭЦ нагрева плазмы необыкновенной волной на первой гармонике в основном объеме ловушки. Этот результат дает надежную основу для создания реакторов ядерного синтеза на базе открытых ловушек, имеющих простейшую с инженерной точки зрения осесимметричную конфигурацию магнитного поля. Ближайшим приложением таких реакторов может быть мощный источник нейтронов от реакции синтеза ядер дейтерия и трития, который необходим для решения ряда задач термоядерного материаловедения, а также управления подкритическими ядерными реакторами, включая устройства для уничтожения радиоактивных отходов.

#### 4.1.2. Изучение АИЦ неустойчивости.

Также в этом году на ГДЛ изучалось развитие кинетической альфвеновской ионно-циклотронной (АИЦ) неустойчивости плазмы и её влияние на потери горячих ионов из плазмы. Главным выводом из анализа предсказаний теоретической модели, описывающей взаимодействие ионов с альфвеновской волной, является утверждение, что в условиях ГДЛ активно взаимодействует с волной только небольшая доля горячих ионов, находящаяся в узкой области фазового пространства вблизи точки, соответствующей угловому разбросу и скорости захваченных ионов нейтральных пучков. Это дает благоприятное для магнитных ловушек открытого типа предсказание относительно влияния данной микронеустойчивости на удержание горячих ионов, поскольку область активного взаимодействия частиц с волной оказывается достаточно далеко в фазовом пространстве от границы конуса потерь. Ожидалось, что альфвеновская ионно-циклотронная неустойчивость в ГДЛ и системах термоядерного класса на её основе не должна вызвать существенного увеличения потерь горячих ионов. Для экспериментальной проверки этих выводов теории был проведён ряд экспериментов на ГДЛ. В качестве основной диагностики использовался пятиканальный магнитный энергоанализатор, расположенный в расширителе. С его помощью был измерен энергетиче-



ский спектр ионов, покидающих центральную ячейку ГДЛ вдоль силовых линий магнитного поля, в широком диапазоне энергий, проанализированы временные зависимости абсолютных значений мощности, выносимой в пробку и средней энергии частиц, покидающих установку.

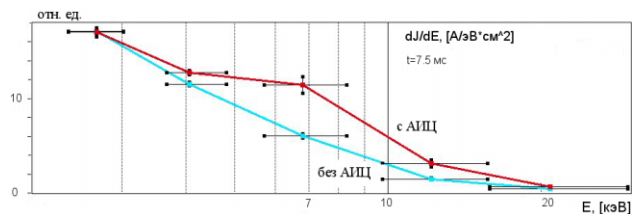


Рис.4.1.5. Функция распределения ионов покидающих плазму вдоль силовых линий магнитного поля.

На рис.4.1.5 представлены результаты измерения энергетического распределения ионов во время развития АИЦ и без неё в диапазоне энергий от 2,5 кэВ до 25 кэВ. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что во время развития АИЦ наблюдается увеличения ширины пика плотности горячих ионов в области остановки (уменьшается степень анизотропии) и увеличиваются потери частиц вдоль силовых линий магнитного поля на энергиях вблизи 7-10 кэВ, что заметно меньше энергии инжектируемых дейтронов 25 кэВ. Мощность потерь при развитии неустойчивости, отнесённая к захватываемой плазмой мощности при нагреве атомарной инъекций ~2 МВт составляет менее 0,5%. Данный экспериментальный факт подтверждает выводы теории о незначительном влиянии развития АИЦ на продольные потери горячих ионов в эксперименте на установке ГДЛ.

### 4.1.3. Изучение глобальных акустических мод.

Ещё один важный результат 2014 года был получен при изучении развития глобальных акустических мод с помощью системы низкочастотных магнитных зондов. В режиме с ЭЦР нагревом при разложении сигналов с магнитных датчиков в спектр были обнаружены колебания на частоте порядка 90-100 кГц с азимутальной модой  $m=0$  (Рис. 4.1.6). Из анализа фаз сигналов с датчиков линейной сборки была установлена продольная структура колебаний - наблюдались колебания с продольной модой  $N=1$ . Азимутальная и продольная структура колебаний, а также частота колебаний повторяют картину, наблюдавшуюся в режиме без ЭЦР нагрева.

Отличительной чертой зарегистрированных колебаний в режиме с ЭЦР нагревом является их амплитуда. Она превышает максимальную амплитуду соответствующих колебаний в режиме без ЭЦР нагрева в 2-3 раза в месте расположения линейной сборки магнитных зондов. Амплитуда колебаний относительно-

го давления плазмы в точке остановки быстрых ионов составляет порядка 1-2 процентов от его полной величины. Также в режиме с ЭЦР нагревом изменился характер затухания колебаний. Без ЭЦР нагрева резкий рост амплитуды до максимальных значений наблюдается в моменты возбуждения АИЦ неустойчивости. Амплитуда возвращается к прежнему уровню через 4-5 периодов после её резкого роста. С другой стороны, в режиме с ЭЦР нагревом колебания сохраняют значительную амплитуду вплоть до начала стадии распада плазмы и даже через 0,5 мс после выключения гиротронов. Несмотря на развитие глобальной акустической моды значительной амплитуды, не происходит ухудшение удержания плазмы в ГДЛ, по крайней мере, исходя из энергосодержания плазмы и интегрального выхода нейтронов.

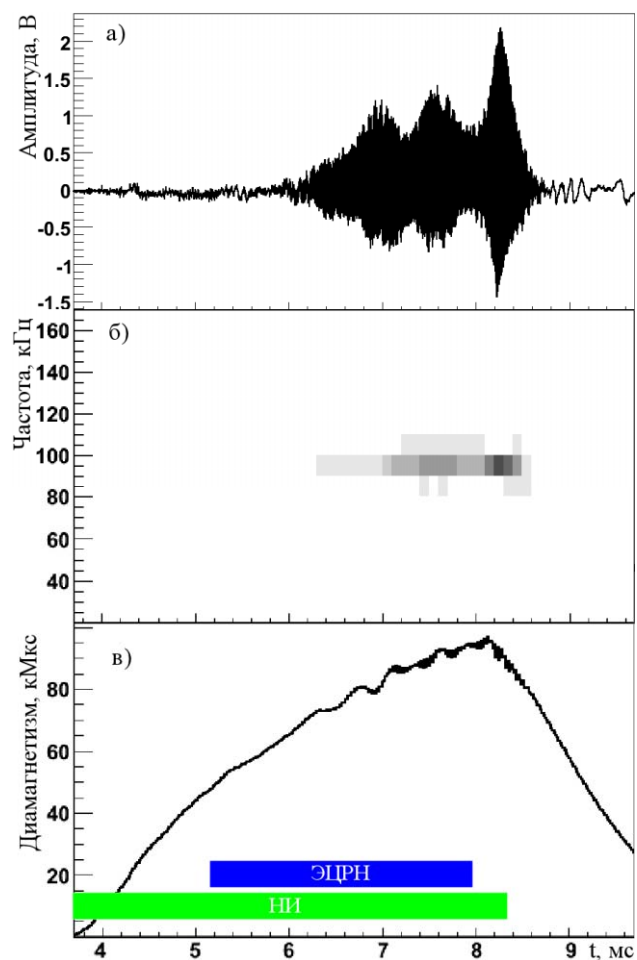


Рис. 4.1.6. Развитие глобальной акустической моды: а) сигнал с магнитного зонда; б) спектр сигнала с магнитного зонда; в) энергосодержание плазмы.

## 4.2. УСТАНОВКА ГОЛ-3

### 4.2.1. Установка ГОЛ-3: программа реконструкции.

Исследования процессов, возникающих при коллективной релаксации электронного пучка в плазме, занимают важное место в физике плазмы. Подобные процессы определяют свойства и поведение плазмы в таких далёких по параметрам областях, как динамика звёздных атмосфер или нагрев термоядерных мишеней в схеме «быстрого поджига». Установка ГОЛ-3, работающая в Институте с 1988 года, является одной из крупнейших установок, предназначенных для экспериментов по пучково-плазменной тематике.

Основной научной задачей, которая ставилась при сооружении установки ГОЛ-3, являлся поиск условий для быстрого коллективного нагрева плазмы, удерживаемой в многопробочной ловушке. установки ГОЛ-3 стали следующие: плотность плазмы  $10^{21} \text{ м}^{-3}$ , длина плазменного столба 12 м, диаметр плазмы 8 см, ведущее магнитное поле соленоида до 6 Тл, энергия электронов до 1 МэВ, ток электронного пучка до 30 кА, длительность пучка 8 – 12 мкс, полное энергосодержание 100 – 200 кДж. В качестве генератора релятивистского пучка используется ускоритель У-2 с мегавольтным ленточным диодом.

Уникальные технические возможности установки ГОЛ-3 позволили существенно расширить область исследований по сравнению с первоначальными планами. Установка работала по следующим научным направлениям:

- 1) Физика пучково-плазменного взаимодействия;
- 2) Физика многопробочного удержания плазмы;
- 3) Воздействие мощных потоков электронно-горячей плазмы на материалы первой стенки вплоть до нагрузок, соответствующих большому срыву в токамаках реакторного класса;
- 4) Генерация электромагнитного излучения субтерагерцового диапазона в турбулентной плазме, нагре-

ваемой электронным пучком.

В последнее время на установке ГОЛ-3, параллельно с программой работ с использованием сильноточного релятивистского электронного пучка, проводились и эксперименты при более низких параметрах плазмы с субрелятивистским электронным пучком, имеющим энергию 80 – 100 кэВ, мощность 2 – 8 МВт и длительность масштаба 100 мкс. Основной задачей этих экспериментов было изучение процессов в квазистационарных условиях, которые были недостижимы с релятивистским электронным пучком.

Исследования по нескольким научным задачам требуют подбора конкретной конфигурации эксперимента и параметров плазмы при переходе от текущей тематики исследований к следующей. При этом некоторые возможности установки могут использоваться не во всех конфигурациях. Так например, 12-метровая длина соленоида с многопробочным магнитным полем требуется только для экспериментов по изучению физики многопробочного удержания плазмы.

Анализ возможностей развития привёл к решению о проведении глубокой реконструкции установки ГОЛ-3. Целью реконструкции является оптимизация конфигурации оборудования для более эффективного решения научных задач и сокращения времени, затрачиваемого на переход от одной конфигурации эксперимента к другой. Планируется создание на месте многопробочной ловушки ГОЛ-3 двух новых специализированных установок – см. рис. 4.2.1. Первым этапом реконструкции является создание установки для проведения исследований в области физики пучково-плазменного взаимодействия и генерации электромагнитного излучения терагерцового диапазона. Эта установка получила название ГОЛ-3Т, она является прямым продолжением линии ГОЛ-3. Вторая установка ГОЛ-3В, которая будет создана в последующих этапах реконструкции, будет предназначена для изучения многопробочного удержания плазмы, основным методом нагрева которой будет инжекция нейтральных пучков.

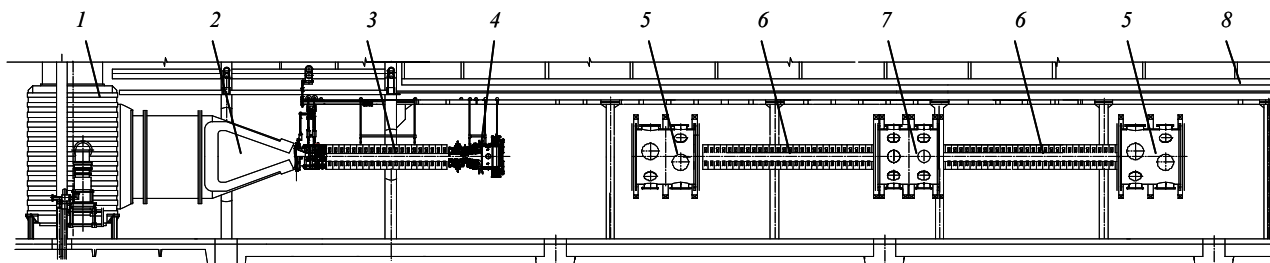


Рис. 4.2.1. Схема ГОЛ-3 после проведения реконструкции (вид сбоку). Слева расположен генератор электронного пучка У-2 с короткой плазменной секцией, предназначенной для исследований по физике пучково-плазменного взаимодействия. Справа располагается новая установка, предназначенная для изучения квазистационарного многопробочного удержания плазмы, нагреваемой мощным нейтральным пучком. Цифрами обозначены: 1 – диодный бак ускорителя У-2, 2 – секция преобразования формы и магнитного сжатия релятивистского электронного пучка, 3 – соленоид длиной 2,4 м, 4 – система создания предварительной плазмы, 5 – баки концевых расширителей, 6 – многопробочные соленоиды, 7 – центральная ловушка с системой нейтральной инжекции, 8 – существующие конструкции подвески установки ГОЛ-3.

#### 4.2.2. Установка ГОЛ-3Т.

При выборе технических параметров новой плазменной части установки ГОЛ-3Т учитывался опыт работы с электронными пучками, имеющими большое энергосодержание. Электронный пучок имеет достаточный запас энергии и может производить необратимые разрушения вакуумной камеры в случае потери устойчивости при его транспортировке вдоль магнитного поля. Недостаточно высокая проводимость плазмы вне сечения электронного пучка препятствует формированию обратного тока в этой области, что приводит к росту нескомпенсированного полного тока по плазменному столбу с риском нарушения условий критерия Крускала-Шафранова:

$$q = \frac{2\pi a B_z}{L B_\theta} = \frac{(2\pi a)^2 B_z}{\mu_0 L I} > 1, \quad (1)$$

где  $q$  – запас устойчивости,  $B_z$  и  $B_\theta$  – продольная и азимутальная компоненты магнитного поля,  $a$  и  $L$  – радиус и длина токнесущей плазмы,  $\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума,  $I$  – полный ток по плазме. Для типичных параметров эксперимента ГОЛ-3 нарушение условий для формирования компенсирующего обратного тока может привести к тому, что пороговый ток будет превышен в несколько раз и система пучок-плазма потеряет устойчивость.

Поэтому было принято решение сократить длину магнитной в несколько раз для того, чтобы даже при самых неблагоприятных критериях Крускала-Шафранова не нарушался. При реконструкции максимально использовались существовавшие элементы установки ГОЛ-3: катушки магнитной системы, секции вакуумной камеры, системы питания, вспомогательные системы.

Полная магнитная система установки включает в себя основной соленоид, катушки сильного поля, магнитную систему ускорителя У-2, магнитные катушки системы создания предварительной плазмы и выходного расширителя магнитного потока. Соленоид состоит из 20 стандартных катушек, расположенных с шагом 11 см. Система питания позволяет работу в режиме с однородным магнитным полем с индукцией 4,5 Тл, а также в режимах с периодической модуляцией (гофрировкой) магнитного поля с периодами 22 и 44 см с такой же величиной магнитного поля в максимумах гофрировки.

Вакуумная камера имеет секционированную конструкцию, что позволяет проводить простую адаптацию установки к требованиям конкретного эксперимента. Внутренний диаметр камеры равен 10 см.

Стартовая низкотемпературная плазма создаётся при помощи специального сильноточного разряда, протекающего вдоль магнитного поля на всю длину установки. Предварительно электродная система разряда состоит из трёх кольцевых высоковольтных электродов и двух групп из нескольких плавающих диафрагм, расположенных в области каждой выходной магнитной пробки. На противоположном конце

соленоида ток разряда замыкается на стенку вакуумной камеры поперёк магнитного поля в области финальной компрессии электронного пучка перед его инъекцией в соленоид. Проводимость там обеспечивается коротким облаком специально напускаемого криптона. Как и ожидалось, конфигурация с укороченным соленоидом, принятая для ГОЛ-3Т, является более благоприятной для работы разряда. Благодаря этому обстоятельству удалось расширить диапазон рабочих параметров установки в сторону более высокой концентрации плазмы.

Приёмник прошедшего электронного пучка в магнитном поле масштаба 0,1 Тл, в котором удельная тепловая нагрузка на поверхность приёмника не приводит к существенной эрозии графитовой поверхности приёмника.

Стартовый набор диагностик включает в себя измерение токов и напряжений в разных точках установки, восемь диамагнитных петель, три цифровых камеры с кадром от 7 мкс, аппаратура для регистрации спектра и поляризации субтерагерцового излучения плазмы, интерферометр по схеме Майкельсона с рабочей длиной волны 10,6 мкм, детектор излучения вакуумного ультрафиолетового диапазона, 8-канальный рентгеновский монитор симметрии электронного пучка на входе.

После завершения работ по монтажу плазменной части установки ГОЛ-3Т был проведён физический пуск установки, целями которого были демонстрация работоспособности основных систем и получение низкотемпературной стартовой плазмы в заданном интервале плотностей. Эксперименты проводились в двух основных конфигурациях. На первом этапе магнитная система ГОЛ-3Т работала независимо от магнитной системы ускорителя У-2. Торцевой вакуумной камеры, противоположный от системы создания предварительной плазмы, был закрыт фланцем из нержавеющей стали, электрически соединённым с корпусом. В этой конфигурации ток разряда протекал через торцевой фланец и далее по вакуумной камере. В дальнейшем торцевой фланец был демонтирован, соленоид и вакуумная камера были соединены с ускорителем У-2 и установка была испытана в проектной конфигурации. В этом случае ток разряда замыкался на корпус установки за счёт поперечной столкновительной проводимости, которую обеспечивал ступок криптона, импульсно напускавшийся на  $z = -22$  см перед входной магнитной пробкой. В описываемых экспериментах напуск водорода в камеру производился при помощи одного импульсного клапана на  $z = 150$  см. В дальнейшем планируется использовать дополнительно второй импульсный клапан на  $z = 51$  см для более точного формирования начального профиля концентрации водорода по длине установки с целью оптимизации условий для генерации субтерагерцового излучения.

На рисунке 4.2.2 показаны типичные параметры разряда в конфигурации с замыканием тока разряда на металлическую поверхность на дальнем торце ва-

куумной камеры при работе в режиме большой плотности, среднее  $n_e > 5 \times 10^{21} \text{ м}^{-3}$ . Плазменный ток совершает несколько периодов колебаний с затухающей амплитудой. Амплитуда тока  $J_{pl}$  достигает величины в 20 – 25 кА при низкой плотности плазмы и уменьшается при увеличении начальной концентрации водорода.

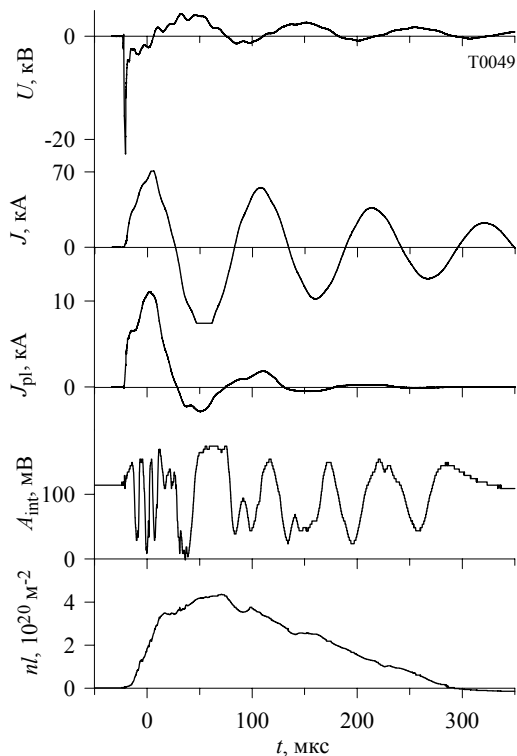


Рис. 4.2.2. Типичная динамика параметров разряда при работе в режиме большой плотности. Сверху вниз показаны сигналы: напряжение на высоковольтном электроде прямого разряда  $U$ , полный ток в цепи питания системы создания предварительной плазмы  $J$ , плазменный ток  $J_{pl}$ , необработанный сигнал интерферометра  $A_{int}$ , интеграл плотности по диаметру плазмы  $nI$ , вычисленный по сигналу интерферометра. За  $t = 0$  принят стандартный момент начала инжекции электронного пучка в экспериментах по пучковому нагреву плазмы.

В целом эксперименты этапа физического запуска плазменной части подтвердили существовавшие представления о механизме и особенностях работы сильноточного разряда с кольцевыми электродами, при помощи которого на установке создаётся стартовая низкотемпературная плазма. Получена плазма с плотностью в диапазоне от  $2 \times 10^{20}$  до  $5 \times 10^{21} \text{ м}^{-3}$ . Плазменная система и стартовый набор диагностик подготовлены к началу экспериментов по инжекции релятивистского электронного пучка в плазму по программе исследования плазменных механизмов генерации мощного электромагнитного излучения терагерцового диапазона.

#### 4.2.3. Измерение разброса скоростей по углу у электронов пучка на ускорителе У-2.

Одним из важных параметров, определяющих эффективность пучково-плазменного взаимодействия, является разброс в направлениях скоростей электронов относительно ведущего магнитного поля в том месте, где пучок входит в плазму. В то же время, именно замагниченность движения электронов пучка в ведущем магнитном поле сильно затрудняет измерение этого параметра. В выполненных ранее сериях экспериментов на установках ИНАР, У-1 и У-2 измерения углового разброса скоростей замагниченных электронов производились с использованием метода, основанного на закономерностях прохождения электронов через круглые коллимирующие отверстия, ось которых совпадает с направлением ведущего для электронов магнитного поля. Одна из модификаций этого метода, позволяющая не только вычислить среднее значение угловой расходимости скоростей электронов, но и определить характерные особенности функции распределения скоростей электронов по углам, была применена на ускорителе У-2 в 2014 году.

Существо данного метода измерений состоит в следующем. Поток замагниченных электронов направляется вдоль силовых линий магнитного поля на датчик, который представляет собой набор графитовых колец-коллекторов, размещенных соосно друг другу и надежно изолированных один от другого (см. рис. 4.2.3). Из потока электрона в рабочий объем датчика проникает лишь тонкая струя электронов, которая вырезается с помощью коллиматора малой толщины. В экспериментах 2014 года коллиматор представлял собой диск из тантала толщиной  $L_0 = 0,5 \text{ мм}$  с отверстием диаметром 0,4 мм. Указанная толщина тантала вполне достаточна, чтобы электроны с энергией не выше 1 МэВ не могли пройти насквозь. В то же время при такой толщине диска оказывается выполненным следующее условие: длина цилиндрического отверстия в коллиматоре намного меньше ха-

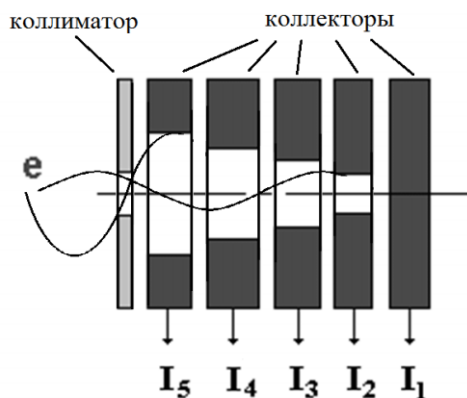


Рис. 4.2.3. Схема многоколлекторного датчика углового разброса

ракторного продольного ларморовского радиуса электронов пучка в условиях ведущего магнитного поля ( $\rho_L \gg L_0$ ). В эксперименте диск был заземлен, и ток поглощенных в нем электронов не измерялся.

Радиусы отверстий в графитовых коллекторах электронов, расположенных за коллиматором, имели последовательно уменьшающуюся величину по мере удаления от коллиматора. При этом радиус отверстия  $r_i$  в каждом  $i$ -ом коллекторе был выбран таким, чтобы он оказался близок по величине к поперечному ларморовскому радиусу электронов с заданным питч-углом  $\theta_i$ .

В этих условиях на данный  $i$ -ый коллектор должны приходиться главным образом именно те электроны, для которых выполнено условие:  $r_i = \rho_L \sin(\theta_i)$ . Толщина колец-коллекторов была выбрана достаточной для поглощения 1 МэВ электронов. Для графита она должна быть не менее 5 мм. Как показали расчеты, данная конструкция датчика осуществляет последовательный отбор из поступившей в него струи электронов вначале частицы с большими питч-углами, затем - со средними, а наконец - с малыми. Таким образом, в используемой методике регистрации удается разделить электроны по каналам регистрации в зависимости от значения поперечного ларморовского радиуса. При тщательном подборе диаметров внутренних отверстий и толщин кольцевых коллекторов функция чувствительности каждого из каналов к различным значениям питч-углов может быть достаточно узкой. В этих условиях перекрытие в регистрации электронов с заданным питч-углом может осуществляться только между двумя соседними каналами, что позволяет восстановить функцию распределения электронов по углам с приемлемой точностью. Помимо указанной положительной особенности описанный выше датчик характеризуется также пониженным влиянием отражения электронов от стенки данного кольцевого коллектора на сигналы токов с других коллекторов по сравнению с датчиком, в котором все коллекторы

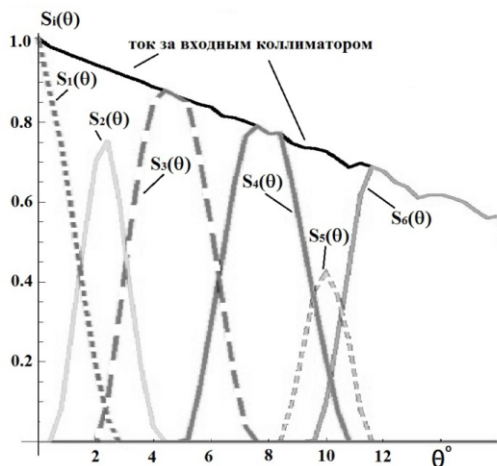


Рис. 4.2.4. Кривые чувствительностей набора кольцевых коллекторов к электронам с питч-углом  $\theta$  и энергией 0,6 МэВ для датчика углового разброса, помещенного в однородное магнитное поле 0,6 Тл.

имеют одинаковый внутренний диаметр.

Основываясь на результатах работы [В.Д. Алексин, Б.Г. Бочаров Диагностика плазмы. Атомиздат, 1973, с. 345], были вычислены чувствительности каналов  $S_i$  как функции от питч-угла  $\theta$  поступающих от коллиматора электронов. В данном случае чувствительности придается смысл вероятности поступления на  $i$ -ый кольцевой коллектор того электрона, который прошел через коллиматор при заданном значении питч-угла. Количественно чувствительность  $i$ -го коллектора равна:  $S_i(\theta) = I_i/I_{in}$ , где  $I_i$  – ток электронов, поглощенных в  $i$ -м коллекторе, а  $I_{in}$  – ток электронов на входе в коллиматор.

Так как в экспериментах планировалось исследовать электронные пучки с угловым разбросом  $5^\circ - 10^\circ$ , то одним из основных требований к детектору было хорошее угловое разрешение в области питч-углов электронов от  $0^\circ$  до  $10^\circ$ . Для этого требуется, чтобы в указанном диапазоне углов укладывались максимумы кривых чувствительности трех или четырех колец - коллекторов. Подбором диаметров внутренних отверстий колец и их длин, были получены зависимости чувствительности каналов от величины питч-угла электрона для ведущего магнитного поля 0,6 Тл. Эти зависимости представлены на рисунке 4.2.4. Из характера этих зависимостей можно увидеть, что электроны с углами  $\theta$  в диапазоне от  $0^\circ$  до  $10^\circ$  должны преимущественно поглощаться в коллекторах с номерами 1, 2, 3, 4.

Для проведения измерений углового разброса электронов пучка, формируемого ускорителем У-2, на выходе системы магнитной компрессии ускорителя была сформирована область квазигомогенного магнитного поля величиной 0,6 Тл, где и был размещен датчик. Как показали измерения, неоднородность поля на длине датчика около 8 см не превышала 5%. Входное отверстие коллиматора размещалось по центру сечения пучка, при этом ось датчика была выставлена параллельно силовой линии магнитного по-

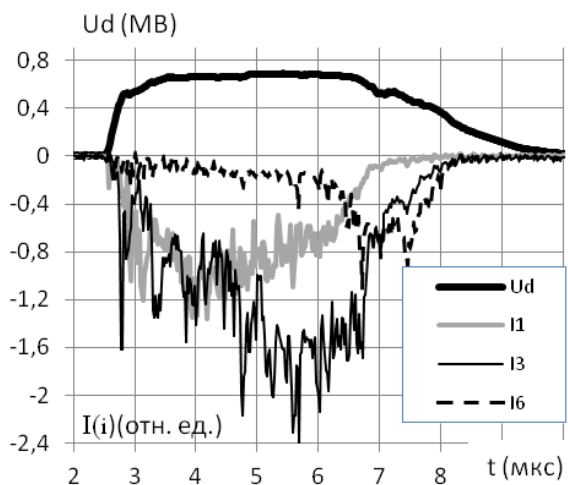


Рис. 4.2.5. Оциллограммы токов с коллекторов  $I_1$ ,  $I_3$ ,  $I_6$  и напряжения на диоде ускорителя  $U_d$  в одном из типичных выстрелов.

ля с точностью  $0,2^\circ$ . После проведения подготовительной работы была выполнена серия экспериментов по измерению углового разброса электронов пучка на выходе ускорителя У-2. Сигналы токов с коллекторов, а также сигнал напряжения на диоде, полученные в одном из типичных выстрелов, представлены на рисунке 4.2.5.

В результате предварительной обработки полученной в эксперименте информации, характерная величина углового разброса электронов пучка составила  $0,1$  рад в магнитном поле  $0,6$  Тл, что соответствует разбросу электронов  $0,25$  рад на входе пучка в плазму в магнитном поле  $4,5$  Тл.

#### 4.2.4. Развитие технологии источников длинноимпульсных электронных пучков с плазменным эмиттером

Была разработана диагностическая система, позволяющая получить количественную картину распределения плотности тока электронного пучка по сечению в одном рабочем импульсе. Диагностика основана на регистрации рентгеновского изображения отпечатка пучка на металлической мишени, обусловленного тормозным и характеристическим излучением.

Источник электронного пучка был установлен в концевой вакуумный бак ГОЛ-3 (см. рис. 4.2.6). Электронный пучок транспортировался в продольном магнитном поле, создаваемом катушками 4 концевой бака ГОЛ-3, на расстояние  $1,3$  м, где принимался на плоскую мишень из молибдена 5, расположенную под углом  $45^\circ$  к оси установки. Типичная величина магнитного поля в области ЭОС составляла  $9$  мТл, в области мишени –  $16$  мТл.

Рентгеновское изображение отпечатка пучка на мишени регистрировалось камерой-обскурой, схема которой показана на врезке рисунка 4.2.6. Камера выполнена в виде бокса, с передней стенкой 6 из свинца для защиты от паразитной рентгеновской засветки. В передней стенке имеется специальная вставка из медно-вольфрамового композита, в которой выполнено отверстие обскуры диаметром  $2$  мм. Рентгеновское изображение проецируется на люминесцентный экран 7, свечение которого фиксируется ПЗС-камерой SDU-285 (8), оснащенной матрицей SONY ICX285AL с форматом кадра  $1392 \times 1032$  пикселей.

С учетом спектрального состава излучения, в качестве люминесцентного экрана был выбран медицинский усиливающий экран РЕНЕКС ЭУМ-Г300 на основе оксисульфида гадолия ( $Gd_2O_2S:Te$ ). Этот экран представляет собой лист гибкого пластика форматом  $240 \times 180 \times 0,3$  мм, он эмитирует свет преимущественно в «зеленой» ( $\sim 540$  нм) части спектра. Характерное время высвечивания имеет величину  $\sim 600$  мкс, тогда как средняя длительность пучка в экспериментах была  $\sim 200$  мкс. Таким образом, применение данного люминофора позволяет получить интегральную за время импульса картину пучка.

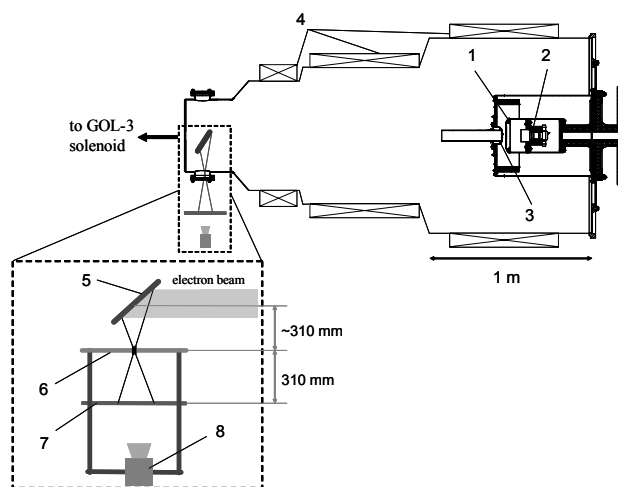


Рис. 4.2.6. Схема эксперимента с рентгеновской камерой-обскурой: 1 – высоковольтный электрод, 2 – дуговой генератор плазмы, 3 – анод ускоряющего диода, 4 – катушки концевой бака ГОЛ-3, 5 – приёмник пучка из молибдена, 6 – свинцовый лист, 7 – люминесцентный экран, 8 – ПЗС-камера.

На рисунке 4.2.7 представлен типичный снимок рентгеновского свечения мишени при падении на нее пучка электронов с энергией  $80$  кэВ, током  $100$  А и длительностью  $150$  мкс. Справа на рисунке показаны нормированные профили величины выходного сигнала («яркости») пикселей ПЗС-камеры, измеренные вдоль двух взаимно перпендикулярных линий, проходящих через максимум яркости изображения. Как можно заметить, приведённые профили имеют форму, близкую к гауссовой кривой. Для прямого соотнесения яркости пикселя ПЗС-камеры с величиной тока пучка, падающего на соответствующий участок мишени, необходимо было убедиться в линейности характеристики системы «люминофор – камера». Проверка линейности осуществлялась в серии специальных экспериментов. Величина тока пучка здесь варьировалась в диапазоне от  $15$  до  $150$  А, длительность импульса – от  $50$  до  $200$  мкс. При этом магнитное поле в источнике пучка и области дрейфа, ускоряющее напряжение и настройки камеры поддерживались постоянными.

Для оценки пространственного разрешения диагностики был проведен отдельный эксперимент. В нем использовалась мишень из нержавеющей стали с приваренными к ней полосками танталовой фольги шириной  $3$  мм. Согласно оценкам, интенсивность рентгеновского свечения танталовых полос должна превышать интенсивность свечения стальной подложки примерно в  $2,3$  раза. На обскурограммах были чётко различимы отдельные полоски, что позволяет сделать вывод о пространственном разрешении диагностической системы, по крайней мере, не хуже  $3$  мм.

Измерения, сделанные с помощью рентгеновской камеры-обскуры, показали, что положение центра тя-

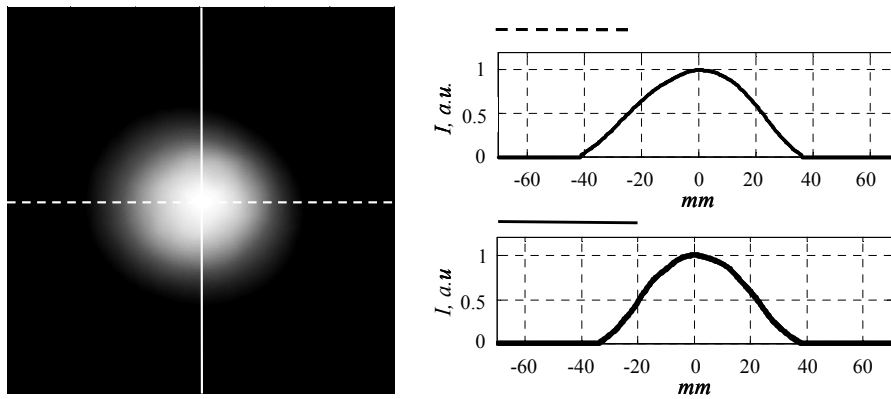


Рис. 4.2.7. Типичный рентгеновский отпечаток пучка и нормированные профили интенсивности свечения.

жести пучка на мишени достаточно стабильно от импульса к импульсу. Распределение интенсивности свечения (т. е. распределение плотности тока пучка) близко к двумерному гауссовому. Для пучка с током 100 А плотность тока в максимуме составила 6 А/см<sup>2</sup>. С учетом 20% геометрической прозрачности эмиссионного электрода, плотность тока эмиссии в элементарной апертуре оценивается величиной в 30 А/см<sup>2</sup>. Эффективный диаметр пучка вычислялся как диаметр окружности с площадью, равной площади области, занятой пикселями с ненулевой (после вычета уровня паразитного фона) яркостью. Для отпечатка пучка, приведенного на рисунке 4.2.7, этот диаметр составил 73 мм, что согласуется с поперечным размером используемой многоапертурной ЭОС. Эффективный диаметр области, содержащей половину тока пучка, составил 38 мм, что близко к половине полного диаметра пучка и также свидетельствует о сходстве экспериментально полученного распределения с двумерным гауссианом. Следует отметить, что несмотря на «многоструйную» природу генерируемого пучка, рентгеновский отпечаток на мишени демонстрирует хорошую однородность, что подтверждается также и структурой пятна оплавления на металле мишени.

#### 4.2.5. Применение длинноимпульсного электронного пучка для экспериментального моделирования воздействия мощных импульсных тепловых нагрузок на металлы.

Настоящая работа мотивирована проблемой эрозии диверторных пластин в строящемся международном экспериментальном термоядерном реакторе ИТЕР. При превышении градиента давления плазмы вблизи её границы в установках, подобных ИТЕР, часто возникает неустойчивость плазмы, так называемые ЭЛМы. ЭЛМы приводят к образованию периодически повторяющихся выбросов частиц горячей плазмы на металлическую стенку в диверторе, специальном устройстве, служащем для приема потоков частиц и излучений с периферии плазменного шнура. Плот-

ность выделяемой на стенке энергии при этом может быть достаточной для плавления материала стенки – вольфрама и возникновения расплавленного слоя на его поверхности.

Как показывают модельные эксперименты и расчёты в этом режиме резко возрастает эрозия вольфрама, причём разлёт продуктов эрозии происходит, в основном, в виде капель или микрочастиц с характерными размерами 10 – 200 микрон. Появление таких микрочастиц в рабочей камере реактора крайне нежелательно, поскольку их проникновение в горячую плазму может вызвать её переохлаждение, потерю устойчивости и вынос на стенку. Кроме того, накопление металлической пыли в камере реактора приведёт к значительному поглощению в ней радиоактивного трития, что строго лимитируется требованиями радиационной безопасности. Механизм разбрызгивания расплавленного слоя до сих пор не выяснен. В качестве кандидатов рассматривается неустойчивость Кельвина Гельмгольца, кипение, кавитация и др. Проблема экспериментального моделирования разбрызгивания вольфрама состоит в том, что в настоящее время в мире нет установок, способных полностью воспроизвести условия в диверторе ИТЕР при возникновении ЭЛМов. Чаще всего для импульсного разогрева стенки используются плазменные пушки и лазеры. Лазеры обычно генерируют импульсы излучения с длительностью на несколько порядков величины меньшей характерных времен ЭЛМов. Кроме того лазерное излучение подвержено эффекту экранирования плазмой, возникающей в эрозийном факеле. Этот же эффект экранирования характерен для потоков плазмы, генерируемой в плазменных пушках, что связано с тем, что энергия частиц в потоке намного ниже ожидаемой в диверторе ИТЕР. Ещё более важным следствием низкой энергии частиц является то, что давление на расплавленный слой, создаваемое потоком частиц из плазменных пушек более, чем на порядок величины, превышает аналогичный параметр в диверторе ИТЕР. Ясно, что давление на расплавленный слой является критическим параметром как для возникновения его неустойчивостей, так и для его вскипания. Разработанный на установке комплекс ГОЛ-3 длинноим-

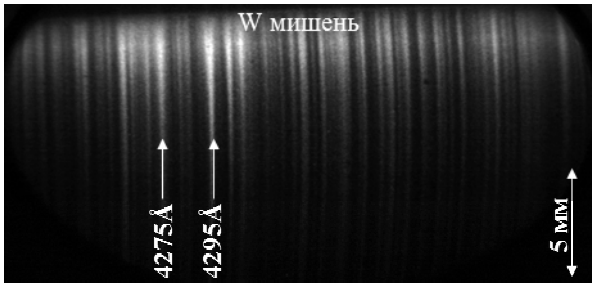


Рис. 4.2.8. Спектр эрозийного факела, образующегося при воздействии электронного пучка с плотностью энергии  $2,2 \text{ МДж/м}^2$  и длительностью пучка  $150 \text{ мкс}$  через  $130 \text{ мкс}$  после начала воздействия на мишень из вольфрама. Мишень расположена сверху рисунка.

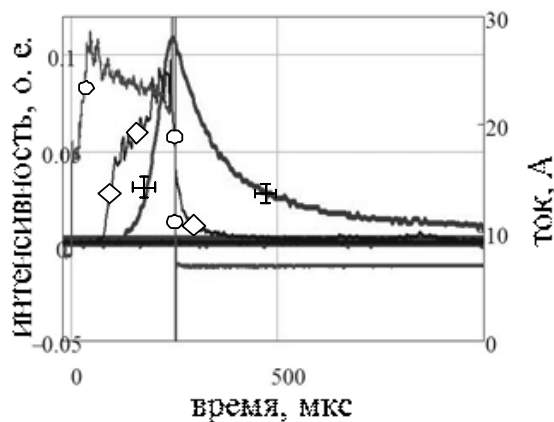


Рис. 4.2.9. Временной ход тока электронного пучка (кружки), собственного свечения плазмы эрозийного факела (ромбы) и интенсивности рассеянного лазерного излучения (кресты), характеризующего наличие микрочастиц в факеле. Плотность энергии  $3 \text{ МДж/м}^2$ , длительность пучка  $220 \text{ мкс}$ , материал мишени – нержавеющая сталь.

пульсный электронный пучок является удобным инструментом для экспериментального моделирования воздействия импульсного нагрева поверхности материала стенки, сопровождающего появление ЭЛМов в ИТЕР. Важным его отличием от обсуждённых выше методов импульсного нагрева является отсутствие давления потока электронов на расплавленный слой и эффекта экранирования потока эрозийным факелом, что приближает условия моделирования к условиям в ИТЕР. Начатые в 2014 году эксперименты по воздействию длинноимпульсного электронного пучка на поверхность являются логическим продолжением исследований воздействия на материалы микросекундных релятивистских электронных пучков, проводимых в течение ряда лет на установке ГОЛ-3. В экспериментах с длинноимпульсным электронным пучком были использованы также новые методы диагностики эрозийного факела и разлетающихся микрочастиц. На рисунке 4.2.8 представлен спектр излучения эрозий-

ного факела, образующегося во время воздействия электронного пучка длительностью  $150 \text{ мкс}$  и плотностью энергии  $2,2 \text{ МДж/м}^2$  на мишень из вольфрама.

Спектр содержит линии нейтрального и однократно ионизованного вольфрама и получен с пространственным разрешением, мишень расположена сверху рисунка. Информация, содержащаяся в таком спектре, позволит определить параметры эрозийного факела и оценить его воздействие на расплавленный слой. Кроме того, было проведено испытание методики диагностики микрочастиц по рассеянию лазерного излучения на малый угол. На рисунке 4.2.9 представлены осциллограммы тока электронного пучка, свечения эрозийного факела и интенсивности рассеянного излучения, характеризующего микрочастицы металла в факеле.

Видно, что собственное излучение факела, соответствующее появлению плазмы, запаздывает относительно начала воздействия на мишень и прекращается вскоре после окончания пучка. В тоже время, инжекция микрочастиц с мишени, начавшись позже всего, продолжается ещё значительное время после окончания теплового воздействия на мишень.

#### 4.2.6. Прецизионная спектральная диагностика с пространственным разрешением.

На установке ГОЛ-3 существует развитый комплекс спектральных диагностик, в состав которого входит несколько приборов. До сих пор комплекс использовался для определения температуры и плотности плазмы в различных условиях эксперимента. При этом максимальные требования к спектральным системам предъявлялись такие, чтобы возможно было определить температуру плазмы от  $T = 5 \text{ эВ}$  и выше, что соответствует уширению спектральных линий атома водорода  $\geq 0,1 \text{ нм}$ . Такое умеренное разрешение достигалось на двойном фокусирующем спектрометре ДФС-24 с фотометрической диагностикой по спектру на основе многоканальной оптоволоконной системы с фотоэлектронными умножителями (ФЭУ). Данный прибор использовался без пространственной локализации параметров плазмы. Однако новые эксперименты на установке ГОЛ-3 направленные на изучение устойчивости плазмы в течение протекания сильноточных электронных пучков поставили перед комплексом повышенные требования. В результате был введен в эксплуатацию новый спектральный прибор с повышенным спектральным и пространственным разрешением. В условиях эксперимента ГОЛ-3 основными требованиями для разработанной спектральной диагностики были:

- возможность разрешить скорость движения излучающей частицы  $V < V_0 = 4 \times 10^4 \text{ м/с}$ , где  $V_0$  – ожидаемая линейная скорость азимутального вращения плазмы на краю;
- пространственное разрешение лучше  $1 \text{ мм}$  при поперечном поле зрения  $60 \text{ мм}$ ;



- временное разрешение не хуже 1 мкс.

Целевыми спектральными линиями для данной диагностики являлись линии однозарядного иона углерода  $CII$  (657,8 и 658,29 нм), концентрация которых в плазме ГОЛ-3 достаточно высока для проведения измерений с требуемой точностью. Такая постановка задачи предполагает высокое спектральное разрешение прибора. В случае выбора спектрометра ДФС-24, с предельным спектральным разрешением  $1 \text{ см}^{-1}$  в области зеленого спектрального диапазона, соответствующим аппаратному профилю с  $\Delta\lambda_{1/2} = 3 \times 10^{-2} \text{ нм}$ , для достоверного измерения сдвига спектральной линии необходимо иметь большое количество точек в аппаратном контуре спектрометра.

В результате оптимизации диагностика стала состоять из модифицированного спектрального прибора ДФС-24, электронно-оптического преобразователя (ЭОП), работающего в режиме усилителя яркости и оптического затвора с временной экспозицией от 1 мкс, и цифровой камеры, регистрирующей изображение на выходном окне ЭОП. В итоге обратная линейная дисперсия на цифровой камере равна  $D = 6,4 \times 10^{-3} \text{ нм}$ , а ширина аппаратного контура соответствует  $\Delta\lambda_{1/2} = 4,5 \times 10^{-2} \text{ нм}$  приближена к предельному паспортному разрешению прибора. При достаточно большом количестве значимых точек в профиле линии ( $N \geq 8$ ) и доверительной вероятности  $(100\% - \alpha) = 70\%$  экспериментальная точность прибора для определения смещения спектральной линии за счет направленного движения излучающих ионов углерода равна  $\delta(\Delta\lambda) = 6,5 \times 10^{-3} \text{ нм}$ . Такая точность в достаточной мере удовлетворяет требованиям на разработанную спектральную систему, так как ошибка определения скорости движения излучающих частиц по направлению луча зрения составляет  $\Delta V = 3 \times 10^3 \text{ м/с}$ , что на порядок величины меньше ожидаемой скорости вращения на краю плазмы в эксперименте.

Расчет параметров и расположения оптических элементов оптической схемы спектрометра проводилось в численном пакете ZEMAX. При этом необходимо было иметь фиксированное расстояние от спектрометра до плазмы, 1 м, и коэффициент передачи изображения плазмы на входную щель спектрометра 2:7, с учетом положения сагиттальной фокальной поверхности коллимационного объектива спектрометра. В результате оптимизации были получены расчетные пространственные характеристики разрешения системы, показанные на рисунке 4.2.10 (сплошная и пунктирная кривые) для поперечного направления (поперек удерживающего плазму магнитного поля). Результат измерения поперечного разрешения реализованной по расчетам спектральной системы приведен штрихпунктирной кривой.

Результатом измерения спектра линии  $CII$  (657,8 нм) во время прохождения сильноточного релятивистского электронного пучка (РЭП) стали расчеты сдвига линии относительно начального ее положения в зависимости от радиуса хорды наблюдения спектральной линии, показанные на рисунке 4.2.11. Точность изме-

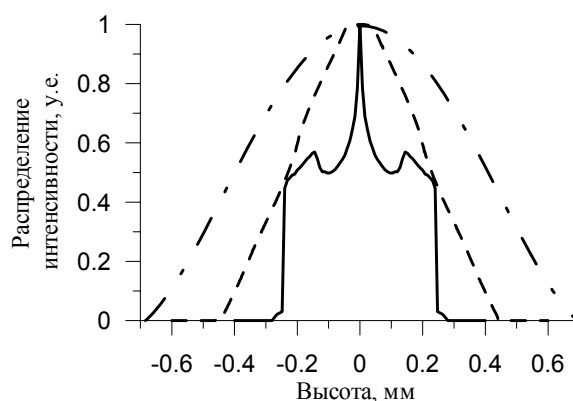


Рис. 4.2.10 Поперечное разрешение спектральной системы. Штрихпунктирная кривая – измеренное разрешение. Сплошная кривая – расчетное разрешение для размера единичной двумерной ячейки  $6,45 \times 6,45 \text{ мкм}^2$ . Пунктирная кривая – расчетное разрешение для реального фотоприёмника на основе ЭОП с цифровой камерой с шириной входной щели 100 мкм. Штрихпунктирная кривая – достигнутое экспериментальное пространственное разрешение.

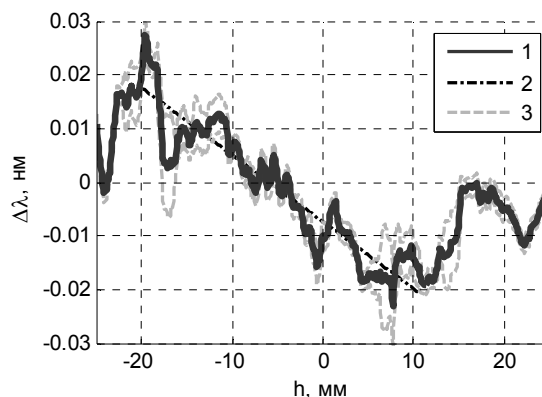


Рис. 4.2.11. Результат измерения вращения плазмы в момент времени  $t = 2,6 \text{ мкс}$  после начала РЭП. 1 – экспериментально измеренное смещение спектральной линии  $CII$  (657,8 нм) в выстреле PL14370, 2 – прямая линия с наклоном, соответствующим вращению с частотой  $f = -85 \pm 30 \text{ кГц}$ , 3 – ошибка экспериментально измеренного сдвига спектральной линии.

рения положения центра линии, в соответствии с измеряемой экспериментальной дисперсией профиля линии, показана на рисунке пунктирной кривой. Радиальное положение РЭП в эксперименте соответствует на рисунке области  $h = [-22; 13] \text{ мм}$ . Из рисунка видно, что в области РЭП плазма стремится вращаться как целое тело с постоянной угловой скоростью. Соответствующим образом вписанная линейная функция по радиальной области, занятой РЭП, показывает, что плазма вращается с линейной частотой  $f = -85 \pm 30 \text{ кГц}$ . Отрицательная частота означает, что данное вращение может быть объяснено дрейфом в скрещенных электрическом и магнитном полях с

электрическим полем, определяющимся отрицательно равномерно заряженной плазмой.

#### 4.2.7. Исследование примесей в плазме ГОЛ-3

Одним из важных результатов, полученных в экспериментах на установке ГОЛ-3, является улучшенное удержание плазмы с низкой плотностью. Было установлено, что эффекты многопробочного удержания плазмы проявляются при плотности плазмы, существенно меньшей предсказываемой теорией, учитывающей лишь кулоновские столкновения. Хорошее время удержания, наблюдаемое в экспериментах на ГОЛ-3, показывает, что эффективная частота столкновений в плазме превышает классическое значение более чем в 30 раз. Объяснить это расхождение можно, предполагая, что частота столкновений увеличивается за счет турбулентности, вызванной плазменным потоком через многопробочную структуру. В то же время альтернативной интерпретацией такого явления может служить рассеяние ионов на многозарядных ионах примесей. Поэтому для согласования экспериментальных результатов с теорией необходимо оценить величину эффективного заряда ионов в плазме ГОЛ-3.

Основным подходом для обнаружения содержания примесей в плазме и оценки их концентрации является анализ спектра излучения плазмы и измерение интенсивностей спектральных линий примесей. Для реализации этого метода на установке был использован комплекс оптических спектральных диагностик, ориентированных на изучение примесей. Оптические обзорные спектрометры видимого и вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) излучения позволяют различать основные примеси в плазме и измерять мощность излучения их спектральных линий. Спектрометры с высоким разрешением служат для точного измерения длин волн наблюдаемых спектральных линий, анализа профиля линий и измерения динамики излучения спектральных линий. Кроме того, для анализа остаточного вакуума используется промышленный масс-спектрометр Pfeiffer Prisma QMG 220.

Измерение плотности примесей и численное моделирование динамики их ионизационного баланса позволяет оценить величину эффективного заряда ионов в плазме установки ГОЛ-3. Особенность установки ГОЛ-3 состоит в том, что плазма с высокой электронной температурой живет относительно мало. И вследствие этого тяжелые примеси не успевают достичь высоких степеней ионизации и эффективный заряд плазмы определяется в основном легкими примесями.

Оценка эффективного заряда плазмы, полученная из измерений концентрации легких примесей (кислорода, азота, углерода), дает величину  $Z_{eff} = 1,2 - 1,6$ . Измерения содержания тяжелых примесей (аргон, криптон, натрий, кремний) и расчет их ионизационных состояний в плазме установки ГОЛ-3 показывают, что вклад тяжелых примесей в эффективный заряд плазмы менее чем 0,2.

Величина  $Z_{eff}$  влияет на частоту столкновений и тем самым на полное время удержания плазмы. В результате исследований показано, что суммарный вклад основных наблюдаемых примесей дает значение величины эффективного заряда, не превышающее  $Z_{eff} = 1,8$ , а это не может объяснить наблюдаемое в экспериментах улучшенное удержание плазмы низкой плотности. Это означает, что рассеяние ионов плазмы на многозарядных ионах примесей не оказывает существенного влияния на удержание плазмы в многопробочной ловушке, а удержание плазмы определяется в основном коллективными эффектами.

#### 4.2.8. Заключение по результатам ГОЛ-3.

В 2014 году на установке ГОЛ-3 начата программа глубокой реконструкции, которая должна завершиться созданием двух новых установок, оптимизированных для проведения исследований в более узких научных областях.

Первая установка ГОЛ-3Т предназначена для исследований по физике пучково-плазменного взаимодействия и плазменных методов генерации мощного электромагнитного излучения терагерцового диапазона. Установка состоит из ускорителя У-2, который служит генератором сильнооточного релятивистского электронного пучка, и плазменной системы длиной около 2,5 м. В 2014 году все подготовительные работы на этой установке были завершены, произведен физический пуск установки и получена низкотемпературная предварительная плазма. Установка готова к началу экспериментов по инъекции сильнооточного релятивистского электронного пучка.

Начаты работы по проектированию установки ГОЛ-НВ, предназначенной для изучения квазистационарного удержания плазмы в ловушке с многопробочными концевыми секциями. Ведётся создание и экспериментальная отработка необходимых систем и технологий.

На отдельных частях установки ГОЛ-3 проводились также фундаментальные, методические и прикладные исследования по различным направлениям.

### 4.3. ТЕОРИЯ ПЛАЗМЫ

Продолжено исследование Альфвеновской ионно-циклотронной (АИС) неустойчивости в открытой ловушке с наклонной инжекцией быстрых атомов.

Разработан метод поиска пороговых параметров АИС неустойчивости с помощью поперечной поправки Перлштейна-Берка, усредненной по ВКБ-траектории продольной задачи.

Исследована зависимость параметров горячей плазмы на границе АИС неустойчивости от параметров инжекции и мишенной плазмы (отношения плотности теплых ионов к плотности электронов, отношение времен торможения быстрых ионов на электронах и перезарядки на атомарных пучках, отношения температуры электронов к энергии инжекции). Показано, что увеличение температуры электронов и углового разброса инжекции уменьшает угловую анизотропию функции распределения ионов, что способствует подавлению АИС неустойчивости. Напротив, повышение плотности мишенной плазмы, увеличение отношения времен перезарядки и торможения и увеличение размера неоднородности магнитного поля ловушки способствуют развитию неустойчивости. Подавлению АИС неустойчивости наиболее эффективно способствует уменьшение угла инжекции, радиуса плазмы и размера неоднородности магнитного поля ловушки.

Исследована асимптотика амплитуды и поляризации АИС возмущения в области периферийной плазмы. Показано, что поле возмущения в периферийной плазме может вращаться как в сторону ионного, так и в сторону электронного ларморовского вращения, в зависимости от параметров периферийной плазмы. Получена оценка условия смены направления вращения.

Начато исследование дрейфово-циклотронных неустойчивостей с учетом неоднородности магнитного поля.

При учете неоднородности магнитного поля в дополнение к традиционно рассматриваемым дрейфово-циклотронным (дрейфово-конусная (DCLC), “двугорбая” (Double-Hump)) появляются новые ветви неустойчивостей, развивающиеся за счет инверсного распределения быстрых ионов по скоростям градиентного дрейфа. Оценки показывают, что вклад новых неустойчивостей в транспорт может существенно превышать вклад традиционных.

Исследован вопрос об эффективности генерации электромагнитного излучения в замагниченной плазме со встречными релятивистскими электронными пучками. Проведены расчёты инкремента пучковой неустойчивости с учётом как кинетических, так и релятивистских эффектов и показано, что в условиях доминирования косых волн существует режим, при котором наиболее неустойчивые пучковые моды могут участвовать в трёхволновом процессе слияния, образуя электромагнитную волну, бегущую поперёк магнитного поля. Численные расчёты на основе

метода частиц в ячейках подтверждают, что такая настройка параметров системы под конкретный нелинейный процесс позволяет существенно поднять эффективность генерации электромагнитных волн. Установлено, что в найденном режиме выходящее из плазмы излучение концентрируется вблизи гармоник частоты накачки, которую осуществляют резонансные с пучком колебания, а его удельная пиковая мощность достигает 5% от максимальной мощности пучковых энергопотерь.

### 4.4. ИНЖЕКТОРЫ ПУЧКОВ БЫСТРЫХ АТОМОВ И ИОНОВ

Для модернизированной установки С-2U для Tg1 Alpha Energy, США спроектированы, изготовлены и поставлены в ТАЕ 6 атомарных инжекторов с суммарной мощностью инжекции в быстрых атомах водорода 10 МВт. В конце 2014 года система инжекции была запущена в ТАЕ и выведена на расчетные параметры: энергия частиц 15 кэВ, токи пучков в извлеченных ионах 150 А, длительность импульса 8 мс. Для извлечения 150-амперного ионного пучка в инжекторах использован источник плазмы со сложением плазменных струй от 4 дуговых генераторов плазмы. Для формирования пучка использована многощелевая 3-электродная ускоряющая ионно-оптическая система с оригинальной геометрией формирующей ячейки.

Система атомарной инжекции прошла приемные испытания и готова к использованию в намеченной программе исследований ТАЕ. Предполагается использование мощной атомарной инжекции для поддержания конфигурации с обращенным магнитным полем и для нагрева плазмы в установке С-2U.

Продолжаются работы по проекту мощного непрерывного инжектора пучков быстрых атомов водорода с энергией атомов 500-1000 кэВ на основе отрицательных ионов. Проект основан на отдельном формировании и ускорении пучка отрицательных ионов. Ведется изготовление основных элементов инжектора. На экспериментальном стенде проводятся испытания прототипа источника отрицательных ионов водорода с током пучка до 1,5 А и энергией до 120 кэВ. В настоящее время достигнут ток пучка отрицательных ионов около 1 А при энергии 90 кэВ. Ведется подготовка большого экспериментального стенда для ускорения пучка отрицательных ионов водорода с током  $\sim 1,5$  А до энергии  $\sim 1$  МэВ.

## 4.5. ТЕОРИЯ ПЛАЗМЕННОГО КИЛЬВАТЕРНОГО УСКОРЕНИЯ

Предложена новая схема кильватерного ускорителя в полом плазменном канале, в которой вблизи оси пучка образуется плазменная структура со слабой фокусировкой. Эта структура сохраняет эмиттанс ускоряемого пучка и обеспечивает малые потери на излучение. Более того, структура позволяет значительно уменьшить энергоразброс ускоряемого пучка на стадии истощения пучка-драйвера.

В контексте плазменного кильватерного ускорения обнаружен новый эффект быстрого нагрева и зарядки плазмы конечного радиуса. Показано, что при опрокидывании большая часть энергии ленгмюровских волн передается электронам плазмы. При этом электроны получают значительный поперечный импульс, выводящий их из плазмы в радиальном направлении. Это приводит к росту сильного электрического поля, связанного с разделением зарядов, и азимутального магнитного поля вокруг плазмы. Обнаружено, что медленно меняющаяся структура поля сохраняется в течение сотен кильватерных периодов и содержит (вместе с горячими электронами) до 80% энергии начальной кильватерной волны.

В ЦЕРН при участии ИЯФ продолжается подготовка эксперимента AWAKE, нацеленного на подробное изучение физических процессов и демонстрацию возможностей плазменного кильватерного ускорения с протонным драйвером. Основные физические принципы, лежащие в основе эксперимента, и некоторые технические соображения, относящиеся к эксперименту AWAKE, были систематизированы.

Зависимость амплитуды и фазы кильватерной волны от параметров пучка и плазмы исследованы в области параметров, представляющей интерес для плазменного кильватерного ускорения с самомодулирующимися протонными пучками. Чувствительность кильватерного поля к малым изменениям параметров показывает ожидаемый уровень флуктуаций экспериментальных результатов от выстрела к выстрелу. Среди исследованных параметров особо выделяется плотность плазмы, к которой фаза волны особенно чувствительна. Анализ большого изменения величин обнаружил эффекты, ограничивающие достижимое ускоряющее поле в разных областях пространства параметров. Это нелинейное удлинение периода волны, недостаточный заряд пучка-драйвера, расходимость пучка из-за эмиттанса и движение ионов плазмы.

На основе метода частиц в ячейках создана параллельная трехмерная численная модель, позволяющая моделировать процессы релаксации теплового электронного пучка в плазме. Исследовано насыщение роста отдельно взятой неустойчивой моды

в разных режимах. Проведен сравнительный анализ методов диагностики неустойчивости. Найдена зависимость точности полученных результатов от количества модельных частиц. Определено минимально необходимое количество модельных частиц для корректного воспроизведения инкремента неустойчивости.

Найдены условия эффективного захвата низкоэнергичного электронного сгустка в кильватерную волну самомодулирующегося протонного сгустка высокой энергии при изначально соосном распространении двух сгустков. Проведена оптимизация соосной схемы инжекции и найдены параметры электронного или позитронного пучка, обеспечивающие наибольший набор энергии при малом энергетическом разбросе. Обнаружено и объяснено влияние на захват электронов плавного нарастания плотности плазмы. Обнаружен и объяснен эффект ухудшения эффективности захвата при увеличении заряда электронного сгустка.

## 4.6. СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ДВУХКАНАЛЬНОГО МСЭ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ КАНАЛАМИ

### 4.6.1. Введение.

Основным результатом экспериментальных исследований на установке ЭЛМИ в 2012-2014 гг. была демонстрация возможности одновременной генерации в двух каналах планарного МСЭ мощных квазимонохроматических импульсов мм-излучения на одной из собственных частот резонатора. Принципиальная особенность этих экспериментов состояла в том, что на всем протяжении каналов их электродинамические системы были строго отделены друг от друга, и только на выходе из них, где установлен коллектор для приема прошедших в каналах электронных пучков, существовала возможность проникновения небольшой доли потоков излучения из одного канала в другой. Таким образом обеспечивалась слабая электродинамическая связь между каналами МСЭ. Параметры полученных в этих условиях импульсов излучения были следующими: характерная мощность излучения из одного канала  $\sim 10\text{--}20$  МВт, длительность импульсов - до 200 нс, частота электромагнитной волны в середине линии излучения – 74,6 ГГц. Ширина спектральной линии была близка к ее естественной ширине и не превышала 20 МГц. По результатам экспериментов было показано, что при заданной энергии электронов оптимальные для генерации излучения значения продольной и поперечной компонент статического ондуляторного поля хорошо согласуются с предсказаниями теоретической модели, описывающей МСЭ в условиях, когда ондуляторный синхронизм сдвинут на величину расстройки, соответствующую максимуму электронного КПД. Однако одночастотная синфазная генерация в двух каналах достигалась в этой серии экспериментов не в каждом импульсе срабатывания установки. Наблюдалась значительная доля выстрелов, в которых происходил «перескок» частоты при переходе с одной моды колебаний на другую как одновременно в обоих каналах, так и в разное для них время. В серии экспериментов наблюдались также выстрелы, в которых генерация излучения в двух каналах проходила на разных частотах в течение всего времени импульса. Это обстоятельство подтолкнуло нас к использованию сильной электродинамической связи между каналами, которая была призвана обеспечить синфазность выходящего из каналов излучения при одночастотном режиме генерации в максимальном числе выстрелов.

### 4.6.2. Условия эксперимента.

Схема экспериментов по генерации излучения в двухканальном планарном МСЭ представлена на рис. 4.6.1. Подробное описание схемы, а также диаг-

ностик СВЧ-излучения приведено в отчете ИЯФ за 2012 год.

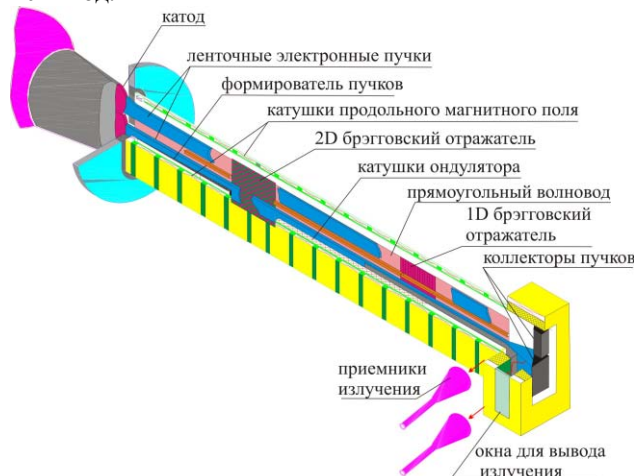


Рис. 4.6.1. Схема экспериментов по генерации миллиметрового излучения в двухканальном планарном МСЭ при сильной электродинамической связи между каналами.

Электродинамическая система двухканального МСЭ состоит из двух идентичных планарных резонаторов, образованных входным двумерным и выходным одномерным брэгговскими отражателями, соединенными между собой отрезком прямогоугольного волновода. Следует отметить, что в экспериментах 2014 года, в отличие от предыдущих годов, в области двумерного брэгговского отражателя два канала оказались объединены вследствие того, что разделяющая каналы металлическая перегородка была удалена именно на этом участке. В результате объединения двух каналов в области, где расположены двумерные решетки, оказался возможным проход потоков электромагнитного излучения из одного канала в другой, что должно было приводить к взаимной синхронизации электромагнитных колебаний, накачиваемых в них электронными пучками. Более того, за счет такого обмена поперечными к оси каналов потоками, резонаторы каналов могли быть связаны в единую электродинамическую систему, что нашло свое подтверждение в эксперименте при анализе спектра собственных мод такого сдвоенного резонатора.

### 4.6.3. Результаты исследований.

В проведенной серии экспериментов с двухканальным МСЭ в условиях сильной связи между каналами, мы варьировали от выстрела к выстрелу значения поперечной и продольной компонент магнитного поля ондулятора одновременно в обоих каналах. При этом из экспериментальной серии отбирались для детального спектрального анализа только те выстрелы установки, в которых значения напряжения на диоде ускорителя соответствовали энергии электронов, которая необходима в соответствии с ранее установлен-

ной закономерностью в выборе отстройки от условия ондуляторного синхронизма.

При обработке спектрограмм импульсов миллиметрового излучения, полученных в этой серии экспериментов, были обнаружены следующие особенности динамики спектров излучения.

Во-первых, практически во всех выстрелах генерация излучения в обоих каналах происходила одинаковым образом. Это означает, что частоты волн в каналах практически всегда совпадали в случае одночастотной генерации в течение всего импульса излучения, а для выстрелов, в которых наблюдался переключок с одной частоты на другую, характерно было то, что этот процесс осуществлялся одновременно в обоих каналах.

Во-вторых, в частотном интервале 74,5-75,5 ГГц, где в соответствии с ранее проведенными «холодными» измерениями находились собственные частоты резонаторов отдельных каналов, были обнаружены высокочастотные моды с частотами, лежащими между ними. Эти частоты соответствуют единым для всей объединенной двухканальной электродинамической системы колебаниям, которые реализуются в этих условиях в двухканальном МСЭ.

В третьих, в проведенной серии экспериментах не происходило генерации излучения на частотах продольных мод резонатора в диапазоне 77,5-78,5 ГГц, которые соответствуют полосе паразитного отражения выходного одномерного брэгговского отражателя. Генерация на этих частотах была зарегистрирована в предыдущих сериях опытов в условиях слабой электродинамической связи между каналами МСЭ.

В четвертых, установлено, что в условиях сильной связи между каналами даже при довольно широком диапазоне изменений ондуляторного магнитного поля и напряжения на диоде реализуется одномодовая одночастотная генерация излучения в обоих каналах одновременно в течение всей длительности импульса излучения. Это коренным образом отличает данную серию экспериментов от экспериментов при слабой связи между каналами.

Пример одного из типичных выстрелов с одночастотной генерацией одновременно в обоих каналах представлен на Рис. 4.6.2. Выстрел осуществлен при продольной компоненте магнитного поля 1,4 Тл и амплитуде поперечной синусоидальной (пространственный период 4 см) компоненты 0,14 Тл. Спектры излучения из обоих каналов МСЭ, полученные с помощью гетеродинной диагностики в этом же выстреле, представлены на рисунке 4.6.3.

Как видно из рисунков, генерация излучения в этом выстреле наблюдается в обоих каналах с небольшим (около 20 нс) сдвигом по времени. Импульс генерации имеет трапецеидальный вид с длительностью по основанию около 100 нс. Спектры излучений из разных каналов МСЭ, зарегистрированные в выстреле с помощью гетеродинной диагностики, имеют

одинаковую центральную частоту 74,96 ГГц и ширину спектра 20 МГц, близкую к естественной ширине.

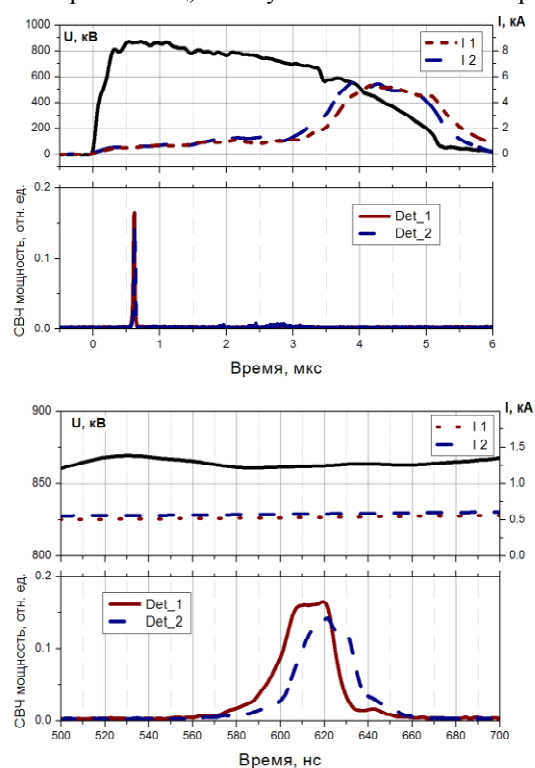


Рис. 4.6.2. Осциллограммы напряжения на диоде  $U$ , токов ленточных пучков ( $I_1$ ,  $I_2$ ) и мощности мм-излучения из двух каналов МСЭ в одном из типичных выстрелов с одномодовой одночастотной генерацией излучения с частотой 75 ГГц. Верхний и нижний рисунки отличаются только масштабом времени.

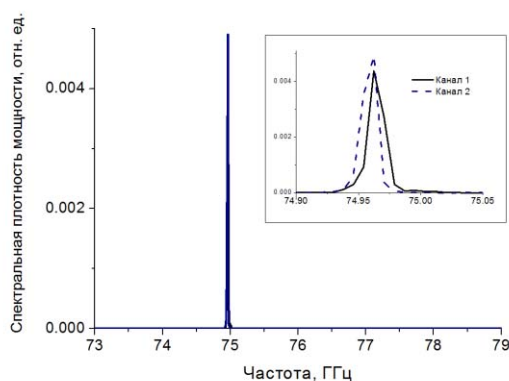


Рис. 4.6.3. Спектр мм-излучения в одном из выстрелов в режиме одночастотной генерации на интервале времени 560-660 нс.

Таким образом, благодаря использованию сильной электродинамической связи между резонаторами в двухканальном МСЭ в эксперименте осуществлена практически 100% синхронизация выходящего из каналов излучения как по фазе колебаний, так и по ширине спектральной линии. Этот результат исключительно важен с практической точки зрения.

5

УСТАНОВКИ СО ВСТРЕЧНЫМИ  
ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫМИ  
ПУЧКАМИ





## 5.1. МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА ВЭПП-2000

К настоящему времени комплекс ВЭПП-2000 не работает уже полтора года и находится в стадии модернизации для работы с пучками на энергии 1 ГэВ. Светимость, достигнутая к середине 2013 года и усредненная по лучшим заходам, показана на Рис. 5.1.1. На энергии 500 МэВ была достигнута пиковая светимость  $1.2 \times 10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , что в 4 раза превышает достижения ВЭПП-2М.

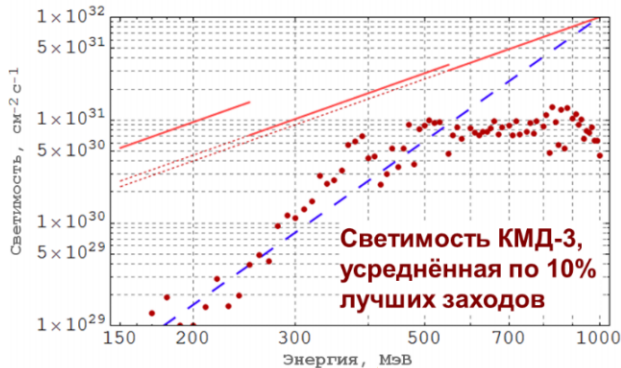


Рис. 5.1.1. Светимость ВЭПП-2000.

На энергии 900 МэВ полученная светимость составляет  $2,5 \times 10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , при этом проектная светимость —  $10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ . Из рисунка видно, что начиная с 500 МэВ происходит явный недобор по светимости. Параметр встречи  $\xi$  (характеризует эффективность столкновений), определенный разными методами, составляет 0,12, что является мировым рекордом.

Ограничения, которые не позволяют получить проектную светимость на высокой энергии:

1. необходимость доускорения частиц непосредственно в кольце ВЭПП-2000: «мертвое время» на спуск, перепуск и подъем пучков; потери при ускорении интенсивных пучков; недостижимость порога по  $\xi$  выше энергии перепуска. Потери светимости составляют до 60%.
2. дефицит позитронов.

Отсюда вытекает необходимость модернизации ускорительного комплекса ВЭПП-2000. Во-первых, необходимо подключиться к интенсивному источнику позитронов. Во-вторых, получить инжекцию прямо на энергии эксперимента.

Программа модернизации состоит из 4 пунктов:

1. Запуск канала К-500 от инжекционного комплекса,
2. Модернизация бустера БЭП для работы на 1 ГэВ,
3. Модернизация канала БЭП–ВЭПП-2000 для перепусков на 1 ГэВ,
4. Небольшая модификация кольца ВЭПП-2000.

### 5.1.1. Канал К-500.

Перепусковой канал К-500 — достаточно масштабное сооружение, длиной 250 м. В 2014 году были проведены относительно небольшие работы. Важным этапом была постройка специального домика над заходной шахтой (Рис. 5.1.2). Поскольку канал находится глубоко, там тепло, то возникают сильные конвективные потоки. Это мешало проведению геодезических работ лазер-трекером по выставке магнитных элементов.



Рис. 5.1.2. Домик над заходной шахтой канала К-500.

Кроме того, были проложены кабельные трассы для питания дипольных корректоров (Рис. 5.1.3) и передачи сигналов от датчиков тока изображения. Была разработана принципиальная схема питания и управления люминофорными датчиками, спроектирован цилиндр Фарадея, установлены магниты подъема в зале БЭП.



Рис. 5.1.3. Узел на канале К-500, состоящий из дипольного корректора, квадрупольной линзы и люминофорного датчика.

### 5.1.2. Реконструкция БЭП.

Самая большая работа — это реконструкция бустера БЭП, состоящая из нескольких пунктов:

- Изготовление нового впускного магнита,
- Создание нового ВЧ резонатора,
- Модификация 12+1 поворотных магнитов,
- Модификация 24+2 квадрупольных линз,
- Модификация алюминиевой вакуумной камеры,
- Новые магниты BUMP,
- Организация вывода синхротронного излучения.

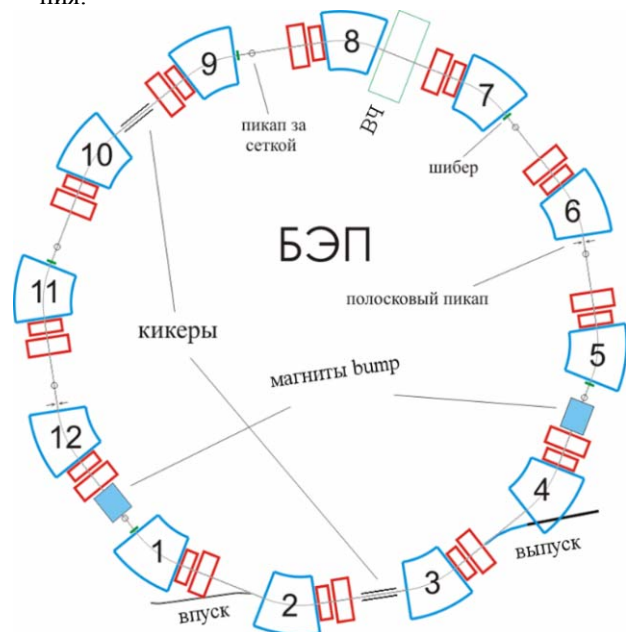


Рис. 5.1.4. Схема кольца БЭП.

Бустер БЭП — простая машина с 12-кратной симметрией с дублетной фокусировкой (Рис. 5.1.4). Переделка касается всех магнитных элементов, потребовалась модификация вакуумной камеры, а также создание BUMP-магнитов. Это импульсные магниты для искажения орбиты перед выпуском пучка. Из 9-го магнита делается вывод синхротронного излучения. Кроме того, рабочая точка по сравнению с тем, как мы работали раньше, будет снижена по вертикальной частоте. Это позволит не так сильно уменьшать апертуру малых квадрупольных линз и меньше деформировать вакуумную камеру.

Был установлен новый ВЧ резонатор (рабочая частота 174,3755 МГц, ускоряющее напряжение 112 кВ), его поставили в кольцо, испытали и получили все заявленные параметры. Необходимость резонатора связана с тем, что на 1 ГэВ потери энергии составляют 70 кэВ и старый резонатор просто был не в состоянии восполнить эти потери.

### 5.1.3. Дипольные магниты БЭП.

Основная цель переделки магнитов — получение поля 26 кГс для работы на энергии 1 ГэВ. Это достаточно трудная работа, так железо магнитов сильно насыщается на таком поле. Для этого были установлены (Рис. 5.1.5) накладки толщиной 4 мм на плоскость полюсов (межполюсный зазор становится равным 32 мм). Проведена установка торцевых накладок на полюс, толщиной 12 мм, для удлинения магнита. Изготовлены новые корректирующие обмотки на ярме магнитопровода. Проведено заужение полюса со 120 мм до 90 мм, для концентрации потока и увеличения поля. Кроме того, установлены изогнутые пластины толщиной 50 мм на внутренний радиус ярма магнита, для снижения насыщения магнитопровода. Проведена привязка геоэтикеток готовых магнитов к полюсу (Рис. 5.1.6).



Рис. 5.1.5. Накладки на полюсе магнита БЭП.



Рис. 5.1.6. Геодезист занят привязкой геоэтикеток

В декабре были произведены магнитные измерения новых диполей (Рис. 5.1.7). Хотя визуально точки

измерения прекрасно ложатся на расчетную кривую, отличие среднего измеренного поля от расчетного составляет  $1,7 \times 10^{-3}$  на малом поле и  $4,3 \times 10^{-3}$  на большом. Ожидалось, что точность составит  $10^{-3}$ . Расхождение связано с тем, что кривая намагничивания железа отличается немного от ожидаемого. Разброс от магнита к магниту удовлетворителен и находится в пределах возможностей наших коррекций.

При работе на 1 ГэВ потребуется питание свыше 10 кА, потребуется небольшая доработка источника питания.

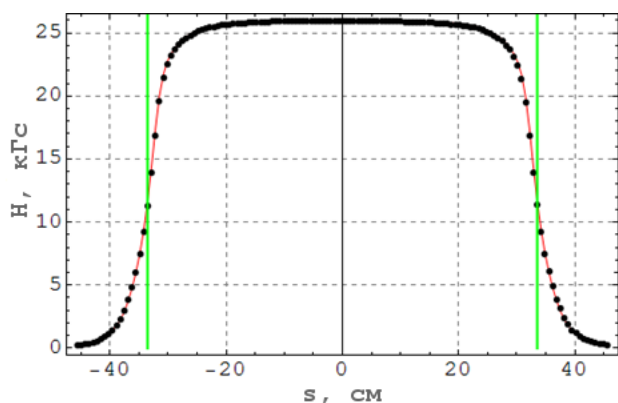


Рис. 5.1.7. Карта поля, снятого кареткой с датчиками.

#### 5.1.4. Квадрупольные линзы БЭП.

Самая тяжелая работа оказалась с квадрупольными. Базовая идея такова: использовать старый магнитопровод, задать новый профиль с меньшим вписанным радиусом и усиленной секstupольной компонентой (Рис. 5.1.8).

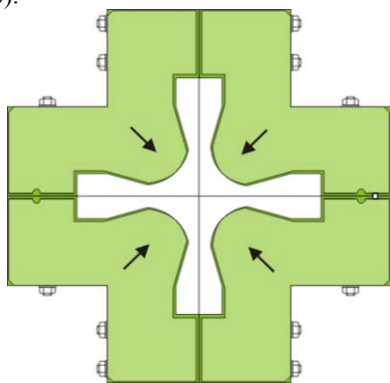


Рис. 5.1.8. Новый профиль квадрупольной линзы БЭП.

Проблема в том, что квадрупольные линзы запитаны от одного источника с диполями БЭП. Имеющиеся коррекции, довольно слабые, становятся еще слабее с насыщением железа. Нужно попасть в коридор, обеспечиваемый коррекциями. Кроме того, кривые насыщения секstupольной и квадрупольной гармоник очень

сильно различаются, секstupольная составляющая жестко насыщается при токе 6 кА (Рис. 5.1.9).

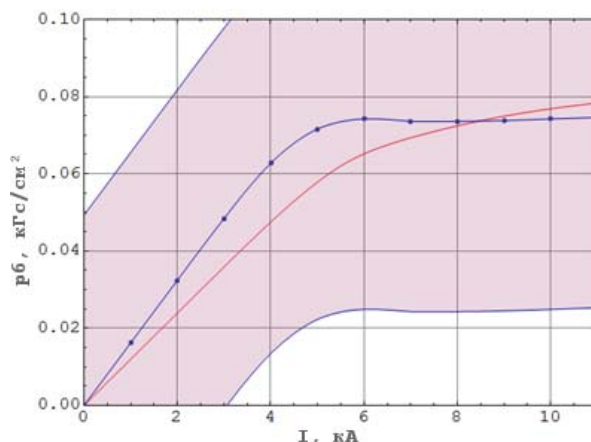


Рис. 5.1.9. Кривая насыщения секstupольной гармоники, в сравнении с квадрупольной

Кроме того, в тесной обстановке кольца сказывается очень сильное влияние соседних секstupольных корректоров составляют  $\sim 3.5\%$ .

Прототип квадрупольной линзы был год назад изготовлен и измерен. С тех пор началась работа по изготовлению этих квадрупольных линз. Пришлось сделать новые корректирующие обмотки, поскольку старые не вписываются в диаметр линзы.

#### 5.1.5 Магниты BUMP.

Bump-магниты (Рис. 5.1.10) — это импульсные С-образные шихтованные магниты, которые расположены в двух прямолинейных промежутках. Они нужны для искажения орбиты перед выпуском из БЭП. Кроме того, тут же необходимо обеспечить порт вакуумной откачки.

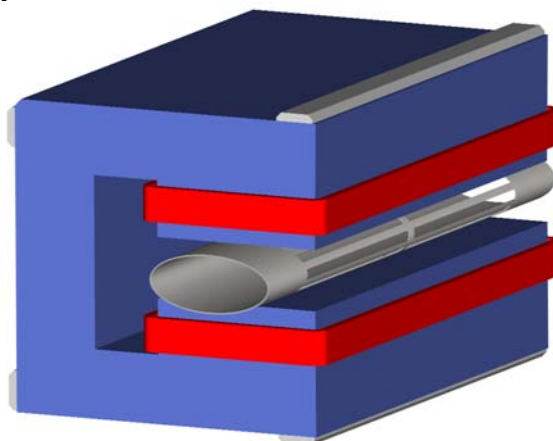


Рис. 5.1.10. Модель BUMP-магнита.

### 5.1.6. Вакуумная камера БЭП.



Рис. 5.1.11. Доработка вакуумной камеры.

Вакуумную камеру решено сохранить старую. Алюминиевая камера локально деформируется под магниты (уменьшить зазор) и в местах квадрупольей делаются выемки под полюса (Рис. 5.1.11) Кроме того, провели промывку каналов приемников СИ, замену оливок, ремонт одной из камер.

Появилось предложение сделать вывод синхротронного излучения для совместных работ с CERN (эксперимент FCCpp). Оказалось, что вывод СИ можно сделать достаточно удобно между железом магнита и квадруполья, ничего не затрагивая, необходимо только модифицировать вакуумную камеру в этом месте.

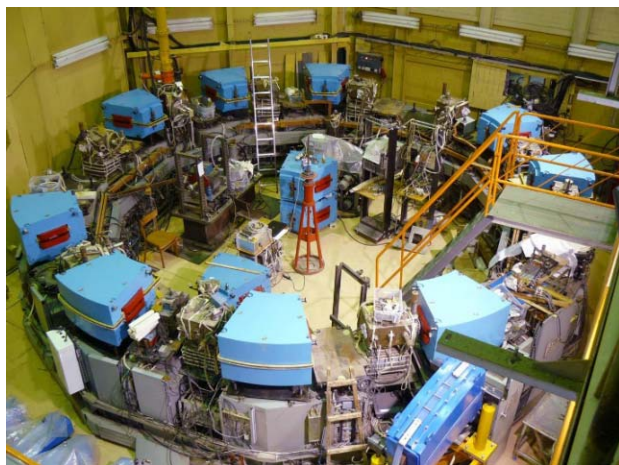


Рис. 5.1.12. Современное состояние БЭП.

Кольцо БЭП по состоянию на январь 2015 года показано на Рис. 5.1.12. Магниты расставлены по своим местам, часть магнитов еще ожидает установки корректирующих обмоток.

### 5.1.7. Канал БЭП–ВЭПП-2000.

Основная переделка — изготовление новых «синих» магнитов и изготовление новых вакуумных камер в этих магнитах. Они запитаны последовательно с магнитами БЭП. Отсюда всё те же проблемы — надо подогнать кривые насыщения, чтобы синхронно работать с кольцом БЭП. Первый магнит изготовлен, проведено измерение краевого поля.



Рис.5.1.13. Короткий “синий” магнит.

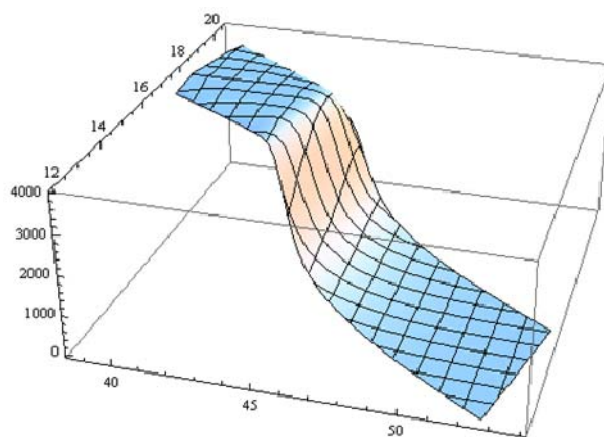


Рис.5.1.14. Измерение поля на торце “синего” магнита.

К настоящему моменту все 4 длинных магнита и один короткий готовы, оставшиеся 3 коротких находятся в производстве.

### 5.1.8. Работы на кольце ВЭПП-2000.

Год назад, после выкатывания детектора КМД-3, был сделан ремонт соленоидов (течь охранного вакуума). Спустя год — все восстановлено, соленоиды с КМД-3 заезжают в кольцо.

Были изготовлены две новых вакуумных камеры в магнитах 2М2 и 3М2 с установкой дополнительных инфлекторных пластин (Рис. 5.1.15). Это нужно для инъекции на энергии 1 ГэВ, поскольку старых инфлекторов не хватает.



Рис. 5.1.15. Новые вакуумные камеры с дополнительными инфлекторными пластинами.

Ранее на кольце был установлен один скрепер, который работал для Тушековских датчиков. В диаметрально противоположной точке установили еще один скрепер. Это должно улучшить фоновые условия на детекторах.

Еще одна тяжелая работа — замена зеркал вывода СИ для диагностики. Старая конструкция зеркала — это медная косвенно охлаждаемая призма с наклеенными пластинками зеркал. При нагреве от пучка зеркала отпадали. Поскольку планируется работать на 1 ГэВ и с большим током (до 200 мА), были сделаны новые зеркала: призма с расположенными под правильным углом отполированными гранями с необходимым покрытием (Рис. 5.1.16). Были заменены все зеркала во всем кольце.

После завершения всех вакуумных работ было решено прогреть резонатор. Сейчас все кольцо стоит под вакуумом.

Кольцо ВЭПП-2000 на сегодняшний момент полностью собрано: все магнитные элементы, вакуумная система, соленоиды, криостаты (Рис. 5.1.17). Кольцо полностью готово к приему пучка, кроме отсутствующих каналов из БЭП.

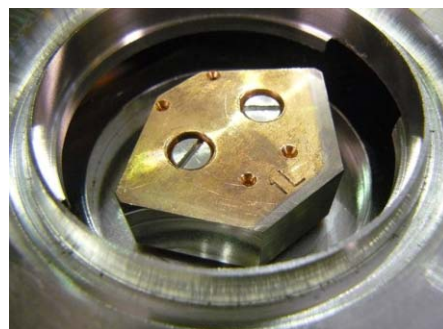


Рис. 5.1.16. Новое зеркало вывода СИ.

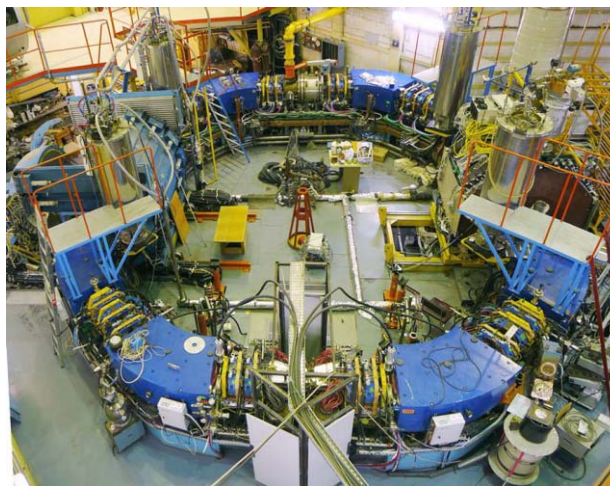


Рис. 5.1.17. Кольцо ВЭПП-2000 (январь 2015).

Еще одна работа — изготовление новых F1-линз. Это слабые тонкие линзы возле соленоидов с обмотками слаботоочного питания. Планируется сделать обмотки с водяным охлаждением на более серьезный градиент для того, чтобы работать в технических режимах: обезгаживание, поляризация на высокой энергии. Увеличение диаметра и установка геознаков позволит сделать независимую прецизионную выставку этих линз.

Кроме перечисленных работ на ВЭПП-2000 в рамках модернизации планируется изготовить упоры между соленоидами и детектором КМД-3. При работе детектор сильно втягивает своим полем фокусирующие соленоиды, приходится упираться соленоидами в железо КМД-3. Это очень осложняет выставку соленоидов. Специальные упоры с шарнирным соединением позволят проводить свободную выставку соленоидов.

### 5.1.8. Работы на кольце ВЭПП-2000.

Год назад, после выкатывания детектора КМД-3, был сделан ремонт соленоидов (течь охранного вакуума). Спустя год — все восстановлено, соленоиды с КМД-3 заезжают в кольцо.

Были изготовлены две новых вакуумных камеры в магнитах 2М2 и 3М2 с установкой дополнительных инфлекторных пластин (Рис. 5.1.15). Это нужно для инъекции на энергии 1 ГэВ, поскольку старых инфлекторов не хватает.



Рис. 5.1.15. Новые вакуумные камеры с дополнительными инфлекторными пластинами.

Ранее на кольце был установлен один скрепер, который работал для Тушековских датчиков. В диаметрально противоположной точке установили еще один скрепер. Это должно улучшить фоновые условия на детекторах.

Еще одна тяжелая работа — замена зеркал вывода СИ для диагностики. Старая конструкция зеркала — это медная косвенно охлаждаемая призма с наклеенными пластинками зеркал. При нагреве от пучка зеркала отпадали. Поскольку планируется работать на 1 ГэВ и с большим током (до 200 мА), были сделаны новые зеркала: призма с расположенными под правильным углом отполированными гранями с необходимым покрытием (Рис. 5.1.16). Были заменены все зеркала во всем кольце.

После завершения всех вакуумных работ было решено прогреть резонатор. Сейчас все кольцо стоит под вакуумом.

Кольцо ВЭПП-2000 на сегодняшний момент полностью собрано: все магнитные элементы, вакуумная система, соленоиды, криостаты (Рис. 5.1.17). Кольцо полностью готово к приему пучка, кроме отсутствующих каналов из БЭП.

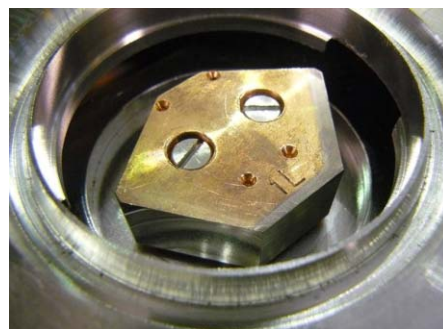


Рис. 5.1.16. Новое зеркало вывода СИ.

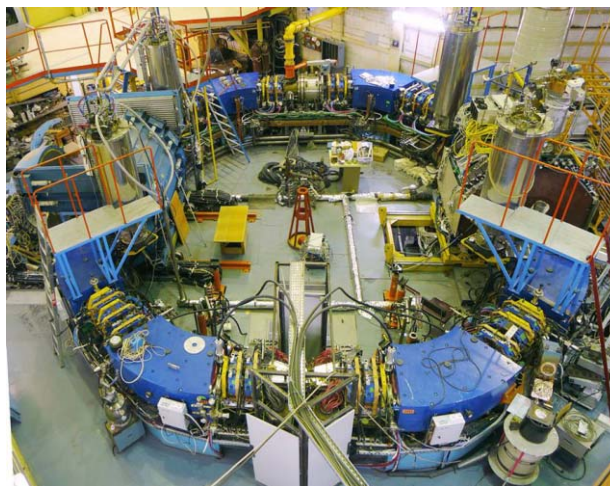


Рис. 5.1.17. Кольцо ВЭПП-2000 (январь 2015).

Еще одна работа — изготовление новых F1-линз. Это слабые тонкие линзы возле соленоидов с обмотками слаботоочного питания. Планируется сделать обмотки с водяным охлаждением на более серьезный градиент для того, чтобы работать в технических режимах: обезгаживание, поляризация на высокой энергии. Увеличение диаметра и установка геознаков позволит сделать независимую прецизионную выставку этих линз.

Кроме перечисленных работ на ВЭПП-2000 в рамках модернизации планируется изготовить упоры между соленоидами и детектором КМД-3. При работе детектор сильно втягивает своим полем фокусирующие соленоиды, приходится упираться соленоидами в железо КМД-3. Это очень осложняет выставку соленоидов. Специальные упоры с шарнирным соединением позволят проводить свободную выставку соленоидов.

## 5.2. УСКОРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ВЭПП-4

Ускорительный комплекс ВЭПП-4 представляет собой уникальную установку для проведения экспериментов со встречными электрон-позитронными пучками высоких энергий. Комплекс включает в себя инжектор "Позитрон", многофункциональный накопитель ВЭПП-3 и электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-4М с универсальным магнитным детектором КЕДР. Основное назначение коллайдера ВЭПП-4М –

экспериментальное изучение свойств элементарных частиц, параметров резонансов и сечений процессов электрон-позитронной аннигиляции.

### 5.2.1. Распределение рабочего времени.

На рисунке 5.2.1 показано распределение времени по различным видам работ на комплексе ВЭПП-4 за 2014 год.

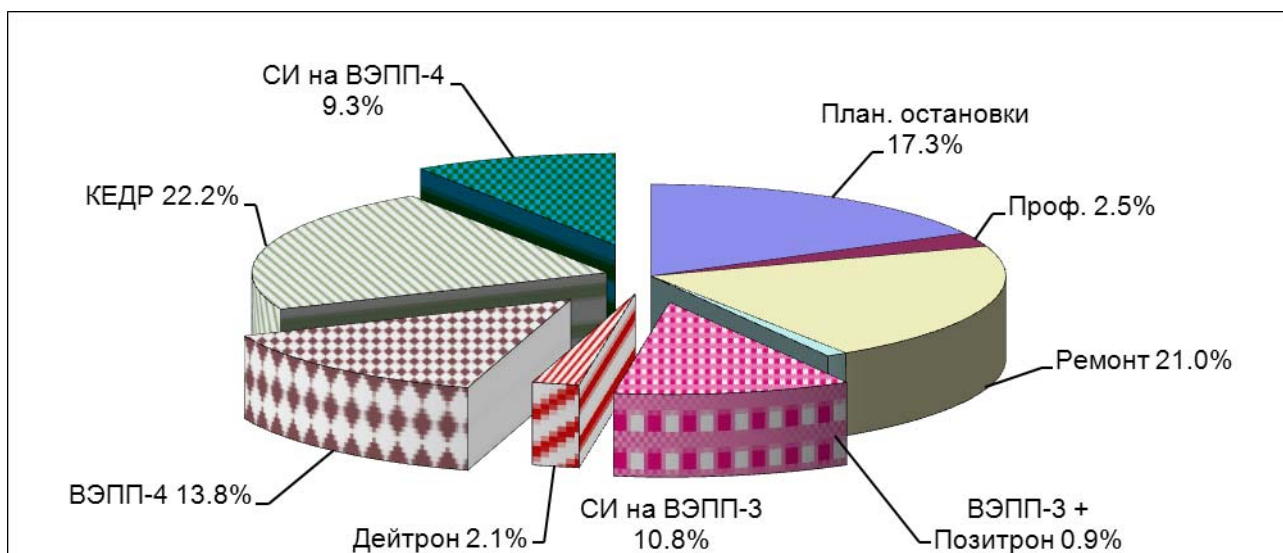


Рис. 5.2.1. Распределение рабочего времени на комплексе ВЭПП-4.

Как видно на рисунке, в этом году рабочее время комплекса распределено главным образом между экспериментами с использованием синхротронного излучения на ВЭПП-3 и ВЭПП-4М, а также набором статистики на детекторе КЕДР. Регулярные профилактические работы (2,5%) выполняются еженедельно. Эксперименты по ускорительной физике на ВЭПП-4М проводились в целях повышения светимо-

сти коллайдера и коррекции его магнитной структуры. В Таблице 5.2.1. приведена многолетняя статистика распределения рабочего времени на комплексе. Увеличение количества аварийных остановок в последний год связано с износом и старением оборудования комплекса.

Таблица 5.2.1. Многолетняя статистика распределения рабочего времени на комплексе ВЭПП-4.

% к полному времени	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ВЭПП-4 КЕДР	14.6	33.2	14.8	0	0	22.2
ВЭПП-4 СИ	4.7	3.7	2.8	1.6	4.4	9.3
ВЭПП-4 Уск.	2.8	7.9	6.2	3.4	4.5	13.8
ВЭПП-3 СИ	13.8	15.2	20.7	16.9	24.9	10.8
ВЭПП-3 Дейтрон	18.9	0	17.3	17.4	16.5	2.1
ВЭПП-3 Позитрон	1.1	2.5	2.5	1.1	1.5	0.9
Ремонт	6.1	10.5	6.5	3.4	2.7	21.0
Профилактика	2.0	2.3	2.6	1.8	2.5	2.5
План.остановки	36	24.6	26.6	49.9	39.3	17.3

### 5.2.2. Эксперименты с детектором КЕДР.

За прошедший год был завершен набор экспериментальных данных для измерения величины R (отношения полного сечения рождения адронов к сечению рождения мюонных пар) в области энергии в системе центра масс (С.Ц.М.) от 1,86 до 3,7 ГэВ; были получены предварительные результаты измерения R в интервале от J/ψ-мезона до ψ'-мезона; опубликованы результаты измерения вероятности распада J/ψ-мезона в ηсγ, выполненные с лучшей в мире точностью и подтвердившие теоретические предсказания. Разработана программа работ с детектором КЕДР до 2018 года. Результаты экспериментов и распределение статистики, набранной в указанном энергетическом интервале, приведены в таблице 5.2.2.

Таблица 5.2.2. Распределение набранной статистики по энергии.

$N_{\Sigma}$	$E, \text{ГэВ}$	$Lt, \text{нб}^{-1}$	$N_{\Sigma}$	$E, \text{ГэВ}$	$Lt, \text{нб}^{-1}$
1	1538.0	52.89	10	1760.4	154.29
2	1547.9	17.58	11	1809.1	184.38
3	1548.6	173.00	12	1840.5	41.30
4	1549.3	13.41	13	1842.5	52.10
5	1552.0	14.70	14	1843.1	42.20
6	1560.0	129.60	15	1843.6	31.72
7	1611.0	101.90	16	1846.5	44.48
8	1657.3	182.60	17	1859.8	161.37
9	1709.1	169.32			

### 5.2.3. Эксперименты с поляризованными пучками.

Проведена серия экспериментов по измерению энергии пучка методом резонансной поляризации в случае, когда при проведении измерений требуется пересечение спинового резонанса. Идея экспериментов по сохранению поляризации при ускорении пучка в ВЭПП-4М с пересечением энергии целого спинового резонанса представлена на рисунке 5.2.2.

В результате надежно установлена возможность калибровки методом резонансной деполяризации на энергии 1809 МэВ при ускорении пучка с энергии инжекции 1655 МэВ (Рис. 5.2.3).

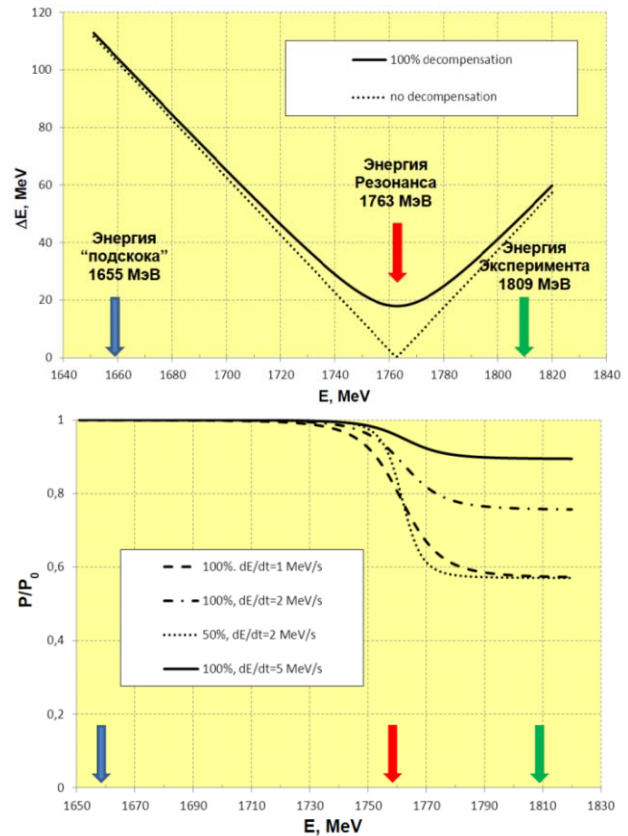


Рис. 5.2.2. Вверху: отстройка от целого спинового резонанса при выключенных анти-солениодах КЕДРА не обращается в нуль на энергии резонанса. Внизу: степень сохранения поляризации в зависимости от конечной энергии при вариации степени декомпенсации и темпа ускорения (с учетом радиационной деполяризации).

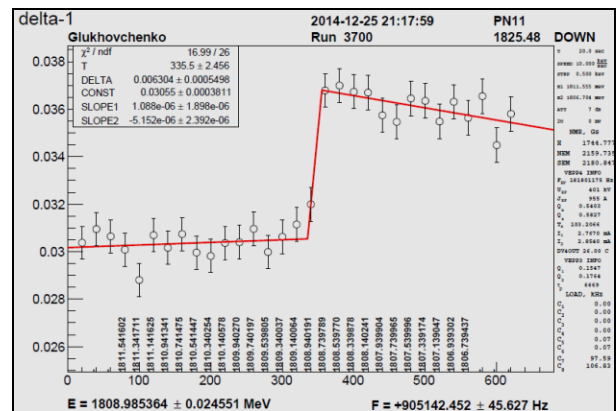


Рис. 5.2.3. Калибровка на энергии эксперимента 1809 МэВ при темпе ускорения 2,4 МэВ/сек.

### 5.2.3. Коррекция оптики ВЭПП-4М при помощи кода SixTrack.

Проведена коррекция оптики коллайдера ВЭПП-4М с помощью кода SixTrack. Снятие матрицы



отклика занимало около 2-х часов. В процессе коррекции магнитная структура ВЭПП-4М была существенно поправлена: В частности, устранено несколько неисправных блоков питания, три неправильно коммутированных слаботочных коррекции, ликвидированы разнополярность скью-квадруполей и нестандартное положение одного вертикального корректора в полукольце. Прделанная работа заметно приблизила магнитную структуру ВЭПП-4М к расчетной модели, что позволит в дальнейшем вернуться к экспериментам по повышению светимости коллайдера путем перестройки радиальной бета-функции в месте встречи.

#### 5.2.4. Система регистрации рассеянных электронов.

В 2014 г. введена в строй «позитронная» часть системы регистрации рассеянных электронов (СРРЭ): Nd:YLF лазер с двумя длинами волн и оптическая система в зале ВЭПП-4М. Теперь возможна непрерывная автоматизированная калибровка электронного и позитронного направлений СРРЭ, а также исследования энергетического разрешения и стабильности ее параметров. Кроме того, рассеянные лазерные фотоны используются на установке «выведенный пучок на ВЭПП-4М» (Рис. 5.2.4).

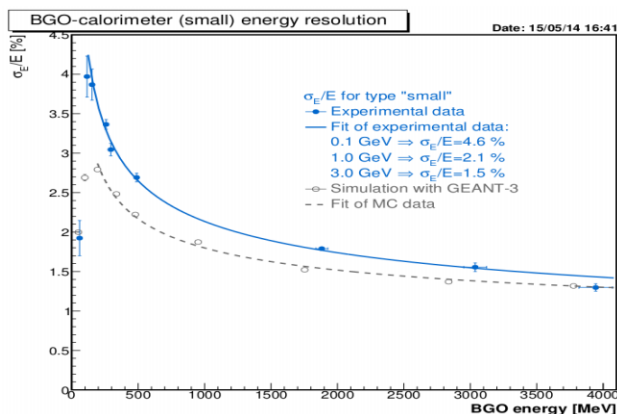


Рис. 5.2.4. Энергия рассеянных гамма-квантов, измеренная при помощи BGO калориметра.

#### 5.2.5. Система поперечной обратной связи

Система поперечной обратной связи, подавляющая дипольные колебания пучков, что позволяет накапливать в ВЭПП-4М ток до 20 мА на энергии 4 ГэВ, в настоящее время постоянно используется и при работе на меньших энергиях и токах, что заметно повышает среднюю эффективность перепуска пучка из ВЭПП-3 в ВЭПП-4М. Окно управляющей программы с данными, относящимся к моменту перепуска, приведено на рисунке 5.2.5.

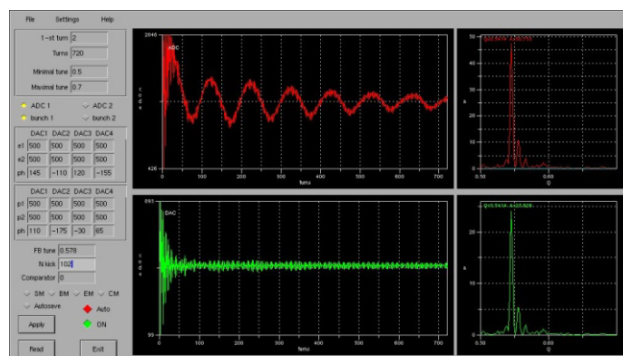


Рис. 5.2.5. Окно программы управления системы поперечной обратной связи на ВЭПП-4М.

## 5.3. ИНЖЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ВЭПП – 5

### 5.3.1. Работы, выполненные в 2014 году.

В 2014 году проводились работы по отладке и настройке инжекционного комплекса (ИК), увеличению стабильности его систем, прорабатывалась организация взаимодействия с потребителями пучка. Велись необходимые разработки для плановой замены устаревшей или не поддерживаемой электроники различных систем комплекса.

Проводились работы по увеличению скорости накопления электронов в накопителе-охладителе. С помощью программы “sixdsimulation”, разработанной для ВЭПП-2000 и интегрированной в систему управления инжекционного комплекса, была произведена коррекция равновесной орбиты и магнитной структуры накопителя-охладителя на энергии пучка 360 МэВ. При этом удалось увеличить динамическую апертуру с 1-2 миллиметров до сантиметра. Пороговый ток пучка электронов при этом составил примерно 160 мА в трех сгустках. Скорректированные бета-функции накопителя – охладителя ИК показаны на Рис. 5.3.1.

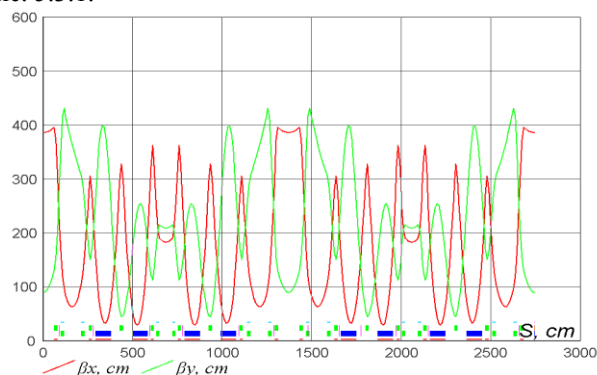


Рис. 5.3.1. Скорректированные бета - функции накопителя ИК.

Одними из ключевых элементов линейных СВЧ ускорителей являются волноводные вакуумные окна и СВЧ нагрузки. Вакуумные окна позволяют ограничить вакуумный объем СВЧ устройств, в частности, обеспечить вывод СВЧ мощности клистронов в волноводный тракт ускорителей. СВЧ нагрузки необходимы для поглощения мощности ускоряющих структур с бегущим типом волны или при тестировании высокоэнергетических источников СВЧ мощностей. Создание таких изделий необходимо как для научных, так и для промышленных ускорителей. На рисунке 5.3.2 показан расчет амплитуды электрического поля в Н- и Е-плоскостях вакуумного окна баночного типа на бегущей волне.

Расчетная амплитудно-частотная характеристика продемонстрирована на рисунке 5.3.3, откуда видно, что полоса пропускания 2,815-2,995 ГГц (КСВн=1,22).

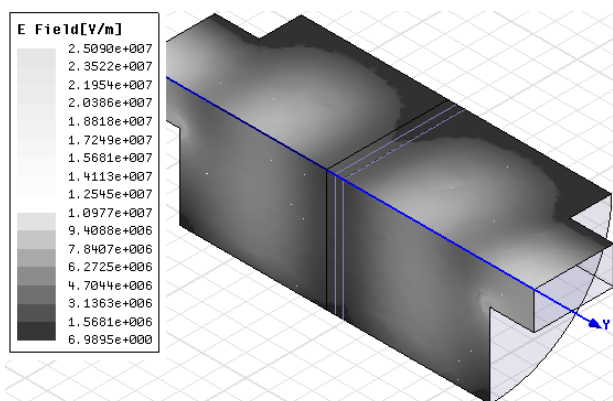


Рис. 5.3.2. Амплитуда электрического поля в Н- и Е-плоскостях вакуумного окна баночного типа на бегущей волне.

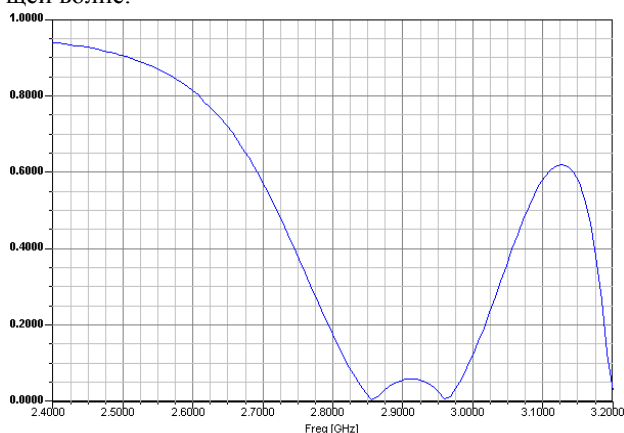


Рис. 5.3.3. Зависимость коэффициента отражения от частоты вакуумного окна баночного типа на бегущей волне.

Особенностью данного вакуумного окна является возможность работы с мощностями более 60 МВт, что делает его востребованными не только для промышленных ускорителей, но и для научных комплексов с высокоэнергетическими пучками. В настоящее время ведутся работы над конструкторской документацией для изготовления изделия.

СВЧ-группой ИК были разработаны и изготовлены новые направленные ответвители для волноводного тракта ИК (Рис. 5.3.4). Были произведены измерения коэффициентов ответвления для всех направленных ответвителей. Калиброванные ответвители позволят осуществлять измерения мощности в волноводном тракте ускорителя с точностью 3%.

Усилиями этой же группы разработан и отдан в производство прототип новой мощной СВЧ нагрузки для ускоряющих секций комплекса. Общий вид СВЧ нагрузки показан на рисунке 5.3.7. Ее особенность заключается в резистивном покрытии, которое разрабатывает ПНП «БОЛИД» (Новосибирск), позволяющее поглощать СВЧ мощность до 60 МВт, не прибегая к резонансным методам. В настоящее время идет изготовление прототипа нагрузки.



Рис. 5.3.4. Направленный волноводный ответвитель.

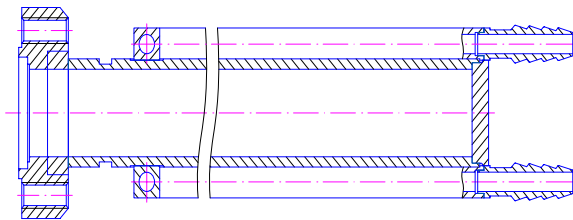


Рис. 5.3.5. Общий вид СВЧ нагрузки.

Был разработан и протестирован СВЧ ключ - коммутационное устройства на р-і-п-диодах, который используется в СВЧ технике для формирования импульсных сигналов регулируемой длительности и амплитуды, улучшения параметров уже сформированных сигналов, например, уменьшения их фронтов, защиты элементов СВЧ схем. Разработанный ключ предназначен для системы управления импульсными параметрами СВЧ сигнала, подаваемого, например, на высоковольтный электрод электронной пушки с СВЧ управлением током инжекции в установках для импульсного радиолиза на базе линейных ускорителей. Также он найдет применение и в СВЧ системе ИК.

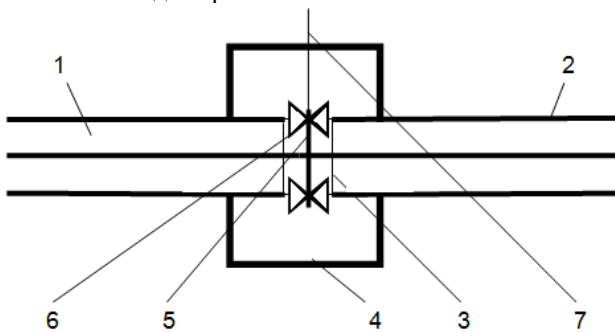


Рис. 5.3.6. Коаксиальный СВЧ выключатель: 1 – вход коаксиальной линии, 2 – выход коаксиальной линии, 3 – разрыв линии (зазор резонатора), 4 – резонатор, 5 – проводящее кольцо, 6 – р-і-п-диоды, 7 – управляющий электрод.

Устройство представляет собой отрезок коаксиальной линии с разорванным внешним проводником. В

разрыв проводника – кольцевой зазор, встроены управляющие р-і-п-диоды, как показано на Рис. 5.3.6. Соосно линии установлен тороидальный резонатор, зазор которого совмещен с разрывом внешнего проводника линии. СВЧ ключ был выполнен в двух вариантах: рабочие частоты – 2450 МГц, 2856 МГц; максимальная импульсная СВЧ мощность – 3 кВт (р-і-п-диоды КА520), 1 кВт (р-і-п-диоды КА507), 0,2 кВт (р-і-п-диоды КА509), фронты СВЧ импульсов соответственно не более 200 нс, 50 нс, 30 нс. Огибающая СВЧ импульса, сформированная с помощью ключа, показана на Рис. 5.3.7. Вид изготовленного ключа показан на Рис. 5.3.8.

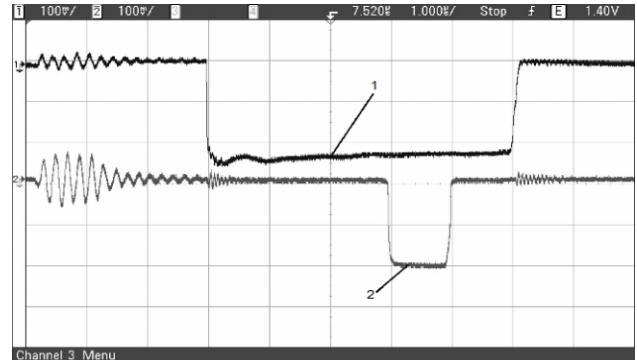


Рис. 5.3.7. Огибающие изначального СВЧ импульса (1) и сформированного из него СВЧ импульса (2).



Рис. 5.3.8. Коаксиальный СВЧ выключатель.

Данное изделие является уникальным, что подтверждается полученным в 2014 году на него авторским свидетельством.

Был установлен и готовится к началу эксплуатации новый комплект электроники мониторов положения пучка на линейных ускорителях.

В условиях установки проходил пробную эксплуатацию новый источник питания для магнитной системы — ВЧ-1000. Проводилась подготовка плановой

замены источников питания В-1000 наиболее ранней версии.

Была разработана и успешно испытана новая электроника пикап-станции для накопителя-охлаждителя. Готовится плановая замена всего комплекта электроники пикап-станции накопителя-охлаждителя.

Были введены в строй магнитные элементы выпускного канала электронов, а также стабилизирована работа источников питания этих элементов.

Были осуществлены пробные выпуски пучка электронов с разными энергиями из накопителя – охладителя. При этом максимальная энергия электронов составила 480 МэВ.

В рамках этих испытаний и проработки взаимодействия с потребителями пучка были доработаны и успешно испытаны аппаратные средства организации цикла накопления и перепуска. Написаны тестовые программы для автоматизации накопления и выпуска пучка. Спроектированы дополнения к программной системе управления комплекса необходимые для взаимодействия с потребителями. Спроектирована компьютерная инфраструктура системы управления комплекса, обесточивающая надежную работу комплекса и взаимодействие с потребителями пучка.

### 5.3.2. Работы по изучению кильватерного ускорения.

В 2014 году продолжались работы по изучению кильватерного ускорения. Пучки накопителя-охлаждителя предполагается использовать для экспериментов по плазменному кильватерному ускорению. В настоящее время эта установка представляет собой дополнительную транспортную линию для электронных и позитронных пучков, выпущенных из накопителя, плазменную секцию и спектрометр (см. Рис. 5.3.9). В полном варианте эта установка должна включать в себя систему сжатия пучка, но для начала работы, в первую очередь, планируется запустить упрощенную версию установки, где пучки будут инжектироваться в плазму без сжатия. В таком случае также можно наблюдать существенное изменение энергетического и углового разброса пучка за счет развития поперечной двухпоточковой неустойчивости в плазме).

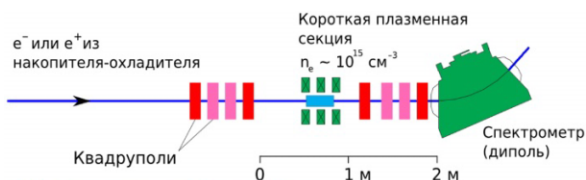


Рис. 5.3.9. Общая схема установки кильватерного ускорения.

Концептуальная схема кильватерного ускорения в полном плазменном канале показана на Рис. 5.3.10.

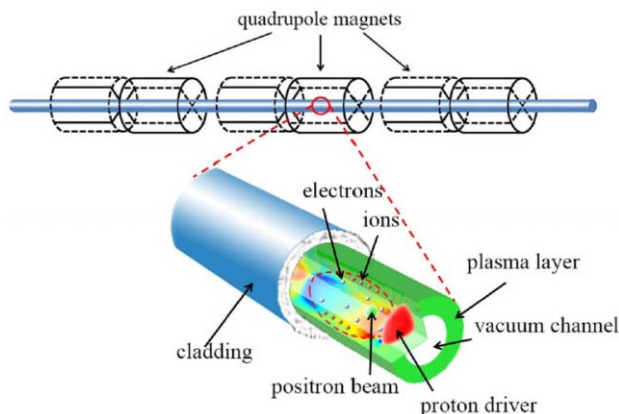


Рис. 5.3.10. Концептуальная схема кильватерного ускорения в полном плазменном канале. Квадрупольные магниты используются для фокусировки протонного драйвера. Полупрозрачным цветом показано продольное электрическое поле.

В рамках работ по кильватерному ускорению было завершено создание кинетического квазистатического кода с высокой точностью сохранения потока энергии в плазме для моделирования плазменного кильватерного ускорения. Интерфейс кода приведен к виду, удобному для многократного периодического запуска кода внешними программами-оболочками на компьютерах разной архитектуры, работающих под разными операционными системами. При помощи нового кода исследовано кильватерное ускорение позитронов в узком плазменном канале с раскачкой волны коротким протонным сгустком.

При помощи нового кода, благодаря его высокой точности, впервые оказалось возможным провести численное моделирование долговременной динамики плазменной кильватерной волны в области параметров готовящихся экспериментов. Обнаружен эффект быстрого нагрева плазмы конечного радиуса при опрокидывании в ней кильватерной волны и появление в плазме нескомпенсированного положительного заряда и продольного тока (Рис. 5.3.11). Показано, что до 80% энергии кильватерной волны переходит в горячие электроны и в энергию медленно меняющегося поля вокруг плазмы.

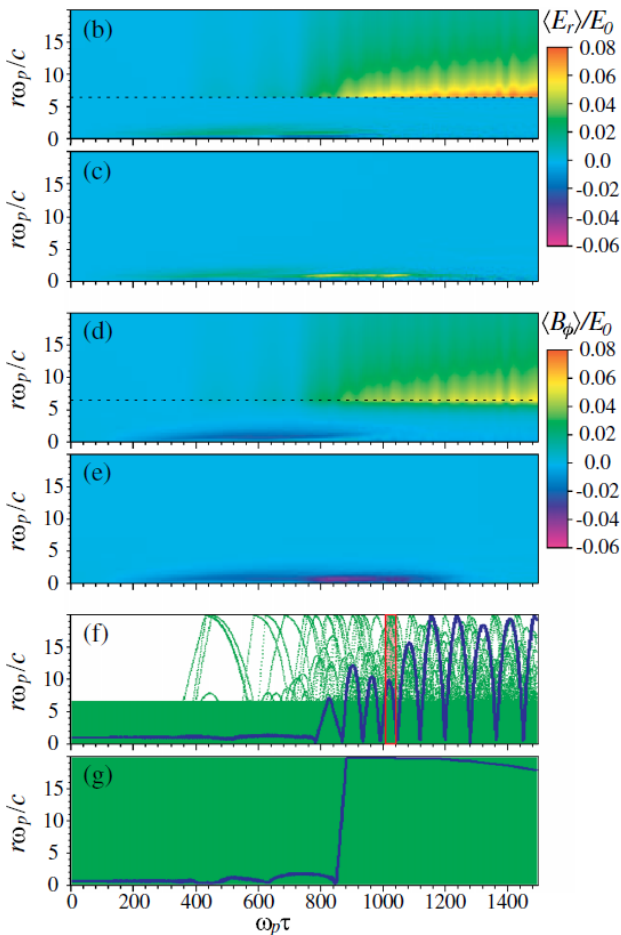


Рис. 5.3.11. Сравнение распределений электрического поля, магнитного поля и траекторий отдельных плазменных электронов в ограниченной (верхние фрагменты) и неограниченной (нижние фрагменты) плазме.

Разработана и изготовлена вакуумная система для вывода пучка из кольца-накопителя в плазменную секцию (Рис. 5.3.12).



Рис. 5.3.12. Элементы вакуумной системы плазменной секции.

Монтаж вакуумной системы будет происходить в момент остановки ИК ВЭПП-5, что связано с радиационной безопасностью помещения, в котором рас-

полагается плазменная секция. В настоящее время идут исследования и оптимизация параметров кольца-накопителя, из которого будет выпускаться пучок. На Рис. 5.3.13 показана фотография синхротронного излучения в кольце при циркулирующем пучке электронов. Параметры пучка составили: ток 160 мА, энергия 360 МэВ, скорость накопления  $1,8 \times 10^9$  е<sup>-</sup>/с.



Рис. 5.3.13. Фотография синхротронного излучения из накопителя-охладителя ИК ВЭПП-5.

## 5.4. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЛИУ-2

### 5.4.1. Оптимизация времени запуска каждого модулятора.

Для уменьшения диаметра электронного пучка на мишени, необходимо иметь минимальный разброс энергии в электронном пучке на всём протяжении плоской части импульса.

Индивидуальная подстройка времени срабатывания каждого модулятора позволяет выровнять суммарный импульс ускоряющего напряжения за счет взаимного компенсирования пульсаций на полочках импульсов на разных индукторах. Система сбора данных ускорителя позволяет записать осциллограммы всех импульсов напряжения на всех индукторах одновременно. На Рис. 5.4.1 представлены осциллограммы импульсов высокого напряжения на каждом втором индукторе (один модулятор питает параллельно 2 индуктора). Используя эти измерения и учитывая временную задержку в кабелях разной длины, запускающие разные осциллографы, можно индивидуально подобрать время запуска для каждого модулятора так, чтобы минимизировать пульсации плоской части суммарного импульса напряжения.

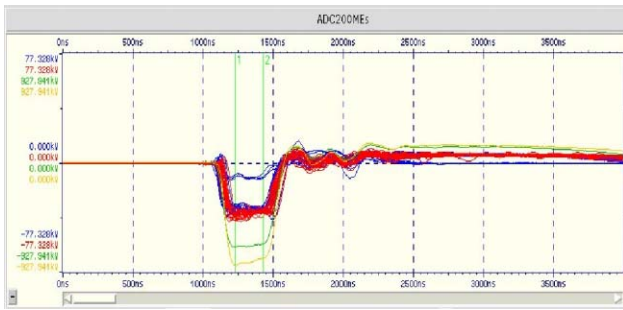


Рис. 5.4.1. Вертикальная шкала – напряжение, горизонтальная – время. Синие и красные осциллограммы – импульсы высокого напряжения на индукторах, питающих диод и вторую ускорительную трубку соответственно. Зеленая осциллограмма – суммарный импульс напряжения на диоде ( $\approx 710$  кВ), желтая осциллограмма – суммарное напряжение на второй ускорительной трубке ( $\approx 850$  кВ).

**Выводы.** Спад плоской части импульса суммарного напряжения связан с зависимостью коэффициента передачи измерительного оборудования (делитель, согласующая цепь АЦП) от частоты, что приводит к спаду сигнала порядка 5% при измерении напряжения на индукторах.

Как видно из рис. 5.4.1, начальная форма импульса напряжения в отдельных модуляторах колеблется до  $\pm 12\%$ , но за счет подстройки времени запуска каждого модулятора, суммарный импульс напряжения на диоде имеет колебания не более  $\pm 1\%$ .

### 5.4.2. Сокращение длительности гамма-импульса.

Один из способов сокращения длительности гамма-импульса – сдвиг по времени запуска напряжения на второй ускорительной трубке на 150 нс раньше, по сравнению с запуском напряжения на диоде. В таких условиях, электронный пучок, вылетающий из диода, имеет длительность 230 нс (рис. 5.4.3), но до мишенного узла долетает пучок длительностью 145 нс (рис. 5.4.4) При этом, оставшаяся часть недоускоренного электронного пучка выбрасывается линзами на стенки вакуумной камеры. Для модуляторов, питающих вторую ускорительную трубку, этот режим оказывается тяжелым, поскольку без электронного пучка часть времени они работают на несогласованную нагрузку (рис. 5.4.2).

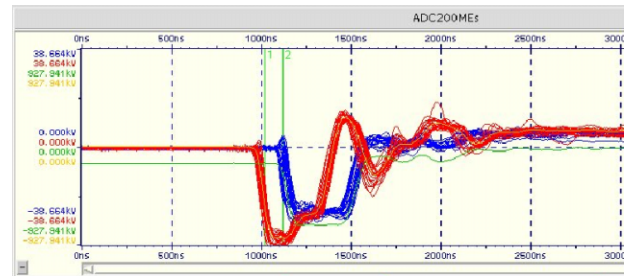


Рис. 5.4.2. Синие осциллограммы – импульсы напряжения на индукторах, питающих диод, красные осциллограммы – импульсы напряжения на второй ускорительной трубке.

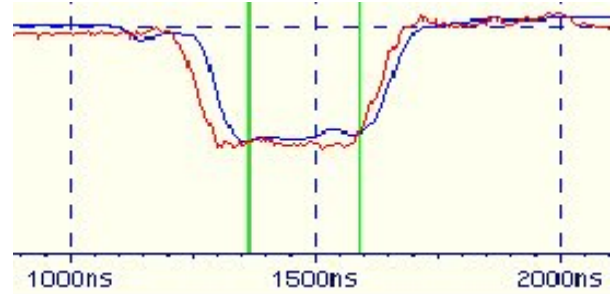


Рис. 5.4.3. Синяя осциллограмма – ток, вылетающий из диода, длительностью 230 нс.

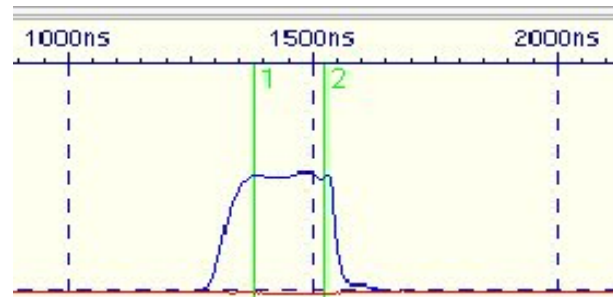


Рис. 5.4.4. Синяя осциллограмма – ток, долетающий до мишенного узла, длительностью 145 нс.

Альтернативный способ сокращения длительности гамма-импульса – введение дополнительного временного сдвига между запусками каждого модулятора. Это приводит к удлинению фронтов суммарного импульса напряжения и укорочению его плоской части. Поскольку линзы «выкидывают» пологие фронты тока электронного пучка, этот эффект мы можем использовать для сокращения длительности гамма-импульса на величину порядка 40 нс (рис. 5.4.5).

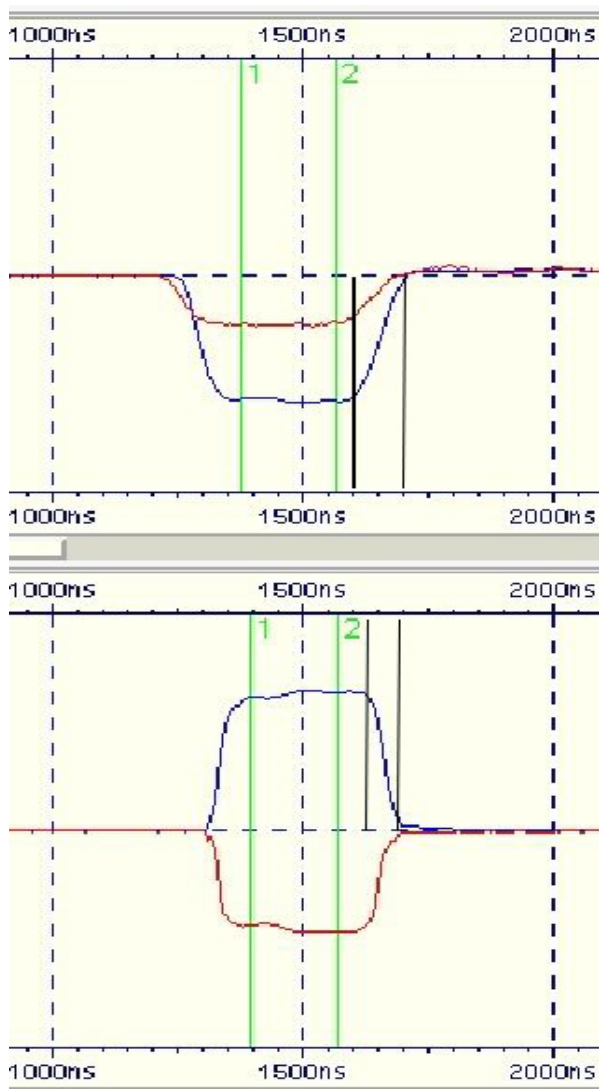


Рис. 5.4.5. Сверху синяя осциллограмма – ток пучка на выходе из диода, длительность фронта 100 нс. Снизу синяя осциллограмма – ток пучка после прохождения через 3 соленоидальные линзы, длительность фронта – 60 нс.

В результате проделанной работы была сокращена длительность первого импульса тока по сравнению со вторым импульсом тока на 40 нс, а также продемонстрирована возможность сокращения длительности второго импульса с 230 до 145 нс за счет сдвига запуска модуляторов, питающих вторую ускорительную трубку (см. Рис. 5.4.2 – 5.4.4).

### 5.4.3. Настройка электронно-оптической системы ЛИУ-2 для получения минимального фазового объема пучка.

Для получения качественного рентгенографического изображения нужно иметь точечный рентгеновский источник как можно меньшего диаметра.

В процессе эксплуатации ускорителя были выявлены причины, не позволяющие качественно сфокусировать электронный пучок на мишень и стабильно повторять этот результат от выстрела к выстрелу:

1. Во время фокусировки пучка на мишень осколки тантала поглощались графитом, установленным перед выпускным окном. Это приводило к значительному снижению вакуума и последующим пробоям в ускорительных трубках. Для устранения этого эффекта перед выпускным окном графитовый диск толщиной 8 мм был заменен на алюминиевый диск толщиной 1 мм.
2. Финальная короткофокусная линза имеет возможность юстировки в трех направлениях. Была произведена подстройка положения финальной линзы для максимально возможного совмещения фокуса линзы с оптической осью ускорителя.

Попытки скомпенсировать неточности выставки электронно-оптической системы с помощью трех двухкоординатных корректоров приводили к тому, что электронный пучок становился несимметричным. При фокусировке такого пучка на мишень отверстие получалось овальное, и сжать такой пучок в диаметр менее 1,5 мм было сложно (см. Рис. 5.4.6).

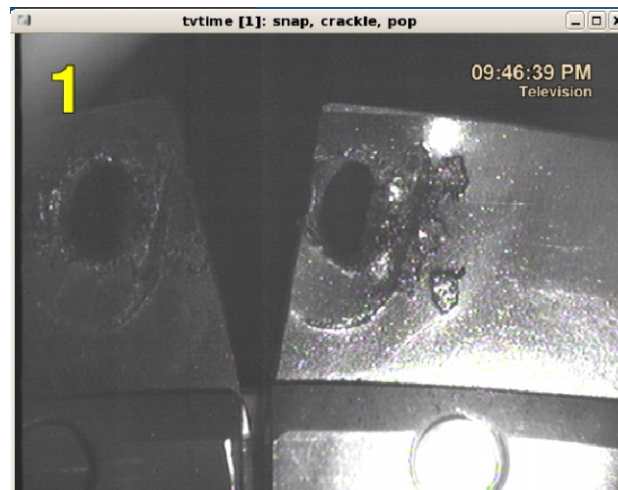


Рис. 5.4.6. Отверстия, прожженные электронным пучком при использовании системы коррекции пучка.

На рис. 5.4.7 показана танталовая мишень толщиной 0,5 мм с отверстиями, полученными при неизменной энергии 1,52 МэВ и токе пучка 1,3 кА. Система коррекции отключена. Варьировалось только магнитное поле финальной короткофокусной линзы в пределах  $\pm 1\%$ . Отличия диаметров отверстий почти в 2 раза при незначительном изменении силы линзы свидетельствуют о том, что оптимальная настройка

оптической системы находится в очень узком диапазоне.

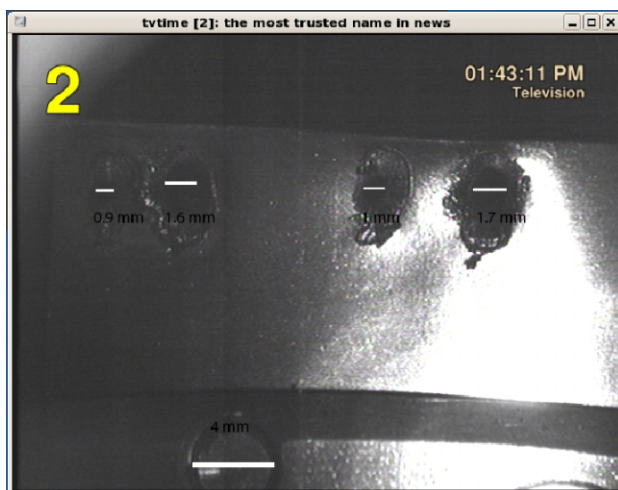


Рис. 5.4.7. Отверстия, прожженные электронным пучком при выключенной системе коррекции.

**Выводы.** При соосности катода, линз и транспортного канала не хуже чем  $\pm 0,1$  мм оптическая система ускорителя, в соответствии с расчетами, позволяет сжать электронный пучок в диаметр менее 1,5 мм без использования корректоров (см. Рис.5.4.7).

Требуется не менее трех суток прогрева катода в номинальном режиме для того, чтобы обеспечить повторяемость результата фокусировки пучка на мишень от выстрела к выстрелу.

#### 5.4.4. Подстройка формирующих линий отдельных модуляторов.

Был произведен пересчет параметров формирующих линий (ФЛ). Используемые в системе питания инжектора формирующие линии представляют собой линию Е-типа, состоящую из восьми индуктивно-емкостных ячеек, с неоднородным распределением волнового сопротивления вдоль электрической длины линии. В результате компьютерного моделирования разряда формирующей линии на эквивалентную нагрузку ускорителя было определено, что за счет увеличения значения емкости первых двух ячеек линии и изменения индуктивностей первых четырех ячеек удастся скомпенсировать рассогласование линии и нагрузки. На Рис. 5.4.8 и 5.4.9 приведены расчетные формы импульса напряжения на эквивалентной нагрузке модулятора системы питания инжектора, соответственно до перенастройки линии и после.

Была произведена подстройка нижних формирующих линий с целью коррекции фронта и вершины ускоряющего напряжения первого импульса. В соответствии с расчетами требовалось увеличить емкость первой ячейки примерно на 40%, чтобы увеличить скорость нарастания напряжения на переднем фронте импульса. Столь большое увеличение емкости приве-

дет к повышенному выбросу на переднем фронте отдельных модуляторов (Рис. 5.4.10). Этот выброс должен компенсировать недостаточную скорость нарастания напряжения на фронте импульса модуляторов, где установлены ФЛ, не поддающиеся подстройке (Рис. 5.4.11). В результате, емкости первых ячеек ФЛ были увеличены с 9 до 13 нФ.

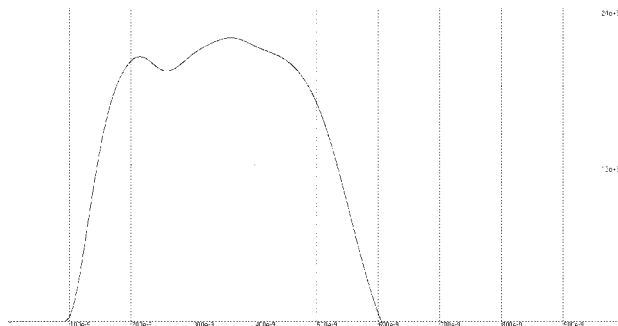


Рис. 5.4.8. Расчетная форма импульса напряжения на эквивалентной нагрузке модулятора импульсной системы инжектора, до перенастройки формирующей линии. Шкала: вольты/секунды.

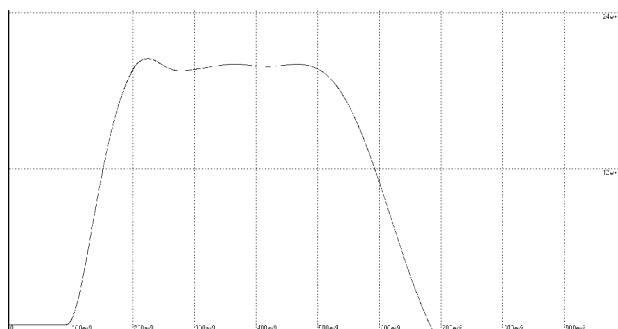


Рис. 5.4.9. Расчетная форма импульса напряжения на эквивалентной нагрузке модулятора импульсной системы инжектора, после перенастройки формирующей линии. Шкала: вольты/секунды.

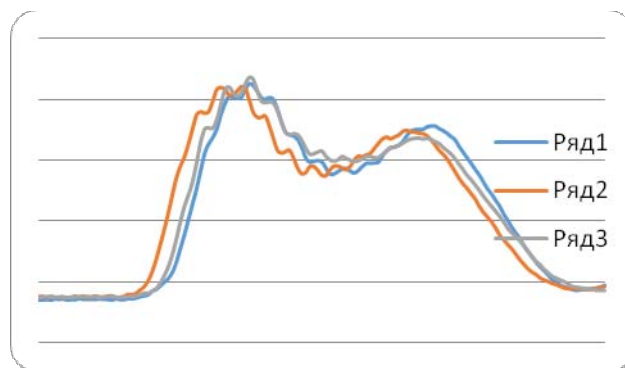


Рис. 5.4.10. Напряжение на индукторах, формируемое модуляторами 8А, 8В, 8С с перестраиваемыми формирующими линиями на базе конденсаторов К15-10.



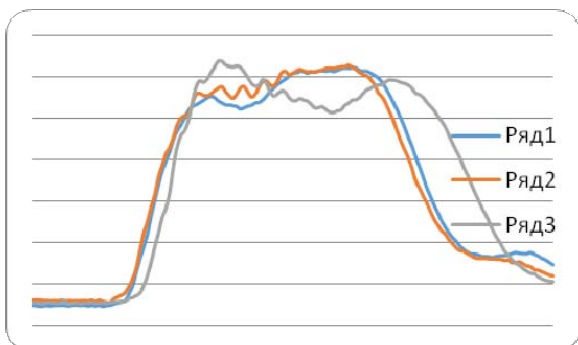


Рис. 5.4.11. Напряжение на индукторах, формируемое модуляторами 8D, 8E, 8F с перестраиваемыми формирующими линиями.

**Выводы.** В результате проделанной работы были проведены расчеты по оптимизации формы напряжения на выходе модуляторов импульсной системы. В соответствие с расчетными данными были перестроены 24 формирующих линии, созданных на базе конденсаторов К15-10. Это половина от формирующих линий, используемых для получения первого импульса ускоряющего напряжения.

За счет перестройки линий были снижены пульсации на вершине первого импульса тока на выходе электронной пушки до уровня  $\pm 2,5\%$  (Рис. 5.4.12).

Кроме этого, за счет возможности рассинхронизации запуска отдельных модуляторов и разведения отдельных импульсов напряжения на индукторах во времени удалось уменьшить пульсации на вершине второго импульса тока на выходе электронной пушки до уровня  $\pm 1\%$  (Рис. 5.4.13).

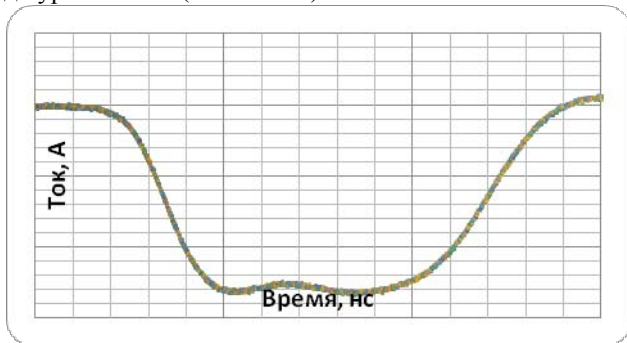


Рис. 5.4.12. Форма тока первого импульса на выходе из электронной пушки.



Рис. 5.4.13. Форма тока второго импульса на выходе из электронной пушки.

## Результаты работы

- Длительность первого импульса тока сокращена по сравнению со вторым импульсом тока на 40 нс;
- Продемонстрирована возможность сокращения длительности второго импульса с 230 до 145 нс за счет сдвига запуска модуляторов, питающих вторую ускоряющую трубку;
- Оптическая система ускорителя, в соответствии с расчетами, позволяет сжать электронный пучок в диаметр менее 1,5 мм без использования корректоров;
- Значительно снижена вероятность высоковольтных пробоев после выстрела по мишени за счет замены перед выпускным окном графитового поглотителя на алюминиевый;
- При условии постоянства микроперванса электронной пушки удается обеспечить повторяемость результата фокусировки пучка на мишень от выстрела к выстрелу;
- За счет перестройки линий были снижены пульсации на вершине первого импульса тока на выходе электронной пушки до уровня  $\pm 2,5\%$ ;
- Пульсации на вершине второго импульса тока на выходе электронной пушки снижены до уровня  $\pm 1\%$ .

Проведенная оптимизация режимов работы и программно-аппаратного комплекса ЛИУ-2 заметно повысила возможности его работы в рентгенографическом режиме.

## 5.5. ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА

Завершено изготовление системы перемещения для установки электронно-лучевой сварки, которая включает в себя двухкоординатный механизм перемещения по плоскости и механизм вращения свариваемой детали вокруг продольной оси установки. Полностью проведены монтаж, наладка и запуск установки электронно-лучевой сварки и идет отработка технологии сварки вакуумной камеры ускорителя заряженных частиц.

Основные параметры системы перемещения для установки электронно-лучевой сварки:

№ п/п	Название параметра модуля	Модуль продольного перемещения	Модуль поперечного перемещения
1.	Максимально возможный ход, мм	1930	310
2.	Точность позиционирования, мм	+/- 0,05	
3.	Повторяемость позиционирования, мм	+/- 0,02	



Рис. 5.5.1. Установка электронно-лучевой сварки. На переднем плане – механизм перемещения свариваемой детали.

Разработан и изготовлен макет 3D принтера для печати металлических изделий, в том числе из тугоплавких металлов. Исходный металл подается в виде проволоки, которая наплавляется на изделие с помощью электронного пучка. Для производства электронного пучка использовался энергоблок электронно-лучевой сварки. Для тестирования работы макета были изготовлены цилиндрические структуры из стали и вольфрама.

Изготовлено и испытано устройство для поворота электронного пучка, состоящее из одного или нескольких магнитных квадруполов и дипольного магнита, в котором магнитное поле направлено так, чтобы электронный пучок описывал петлевую траекторию в плоскости поворота ( $\alpha$  – магнит). Это устройство позволяет убрать прямую видимость между катодом электронно-лучевой установки и местом обработки детали, и защитить катод и высоковольтную область электронной пушки от паров и мелких капель металла от обрабатываемой детали. Экранировка области электронной пушки от обрабатываемой детали осуществляется стенками вакуумной камеры или установкой защитных экранов.



Рис. 5.5.2. Макет 3D принтера.



Рис. 5.5.3. Образцы, выращенные из вольфрамовой проволоки.

## 5.6. СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ЕВРОПЕЙСКОГО XFEL (DESY)

В декабре 2013 года ИЯФ СО РАН досрочно выполнил все обязательства по контракту **Connection Modules for XFEL Horizontal MBK**. В DESY было поставлено 27 комплектов Соединительных модулей (СМ).

Соединительный модуль – это узел, который позволил достаточно просто решить задачу подачи электропитания от импульсных трансформаторов к клистронам горизонтального исполнения типа Toshiba Electron Devices, Thales Electron Devices через высоковольтное кабельное соединение.

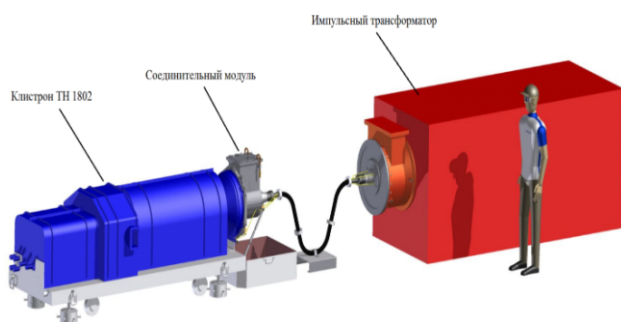


Рис. 5.6.1. Способ подключения клистронов горизонтального исполнения через Соединительный модуль и кабельное соединение

Предложенная Институтом конструкция Соединительного модуля в целом позволила:

- запитать клистроны горизонтального исполнения от импульсного трансформатора через гибкое кабельное соединение;
- осуществить стабильное питание накала клистронов через разделительный трансформатор с незамкнутым магнитопроводом от специально разработанного инвертора, управляемого дистанционно через Ethernet протокол;
- проводить импульсные измерения тока и напряжения клистронов;
- охлаждать катодные объемы клистронов.

Конструкция Соединительного модуля приведена на Рис. 5.6.2.

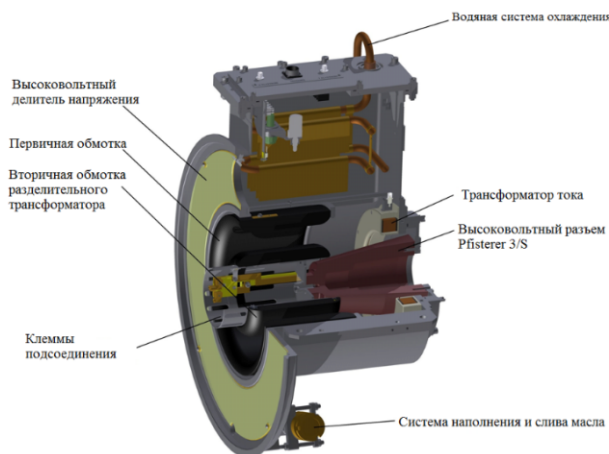


Рис. 5.6.2. Трехмерный вид Соединительного модуля.

Основные параметры разделительного трансформатора коаксиального типа с незамкнутым магнитопроводом приведены в Таблице 5.6.1.

Таблица 5.6.1. Основные параметры разделительного трансформатора

Параметр	Значение
Зазор между первичной и вторичной обмоткой, мм	49
Коэффициент магнитной связи	0,62
Резонансная частота, Гц	1600
КПД трансформатора вне корпуса СМ при работе на эквивалент нагрузки Toshiba Electron Devices (E3736H)	0,94
КПД трансформатора в корпусе СМ при работе на эквивалент нагрузки Toshiba Electron Devices (E3736H)	0,92

На ноябрь 2014 года 96% из поставленных Соединительных модулей успешно прошли испытания на тест-стендах DESY, оставшиеся подготовлены для испытаний. Из ранее испытанных первые два введены в эксплуатацию и с сентября 2013 работают на инжекторе XFEL.

В августе 2014 подписан очередной контракт на поставку дополнительных 7 комплектов Соединительных модулей.



Рис. 5.6.3. Места хранения прошедших испытания клистронов с Соединительными модулями перед их установкой в туннель XFEL.

## 5.7. ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ПОЗИТРОННАЯ МИШЕНЬ

Одной из проблем при создании интенсивного источника позитронов является разрушение мишени из-за огромных термомеханических нагрузок. Использование струи жидкого свинца в качестве конверсионной мишени является одним из возможных решений данной проблемы.

В текущем году был изготовлен стенд для испытания такой позитронной мишени. В качестве материала, в котором происходит конверсия, служит струя жидкого свинца при температуре  $\sim 300^{\circ}\text{C}$ . Для прокачки жидкого сплава используется модифицированный шестереночный насос. Бак со сплавом находится под вакуумом, чтобы избежать окисления. Для ввода вращения в вакуум используется муфта на основе магнитной жидкости. Вся система прогревается до температуры  $\sim 300^{\circ}\text{C}$ .

Корпус мишени изготовлен из ковара и представляет собой канал прямоугольного сечения. Вдоль оси первичного пучка в корпусе мишени сделаны два отверстия, в которые впаяны окна из керамики на основе нитрида бора (см. Рис. 5.7.2). Данная керамика обладает высокой механической стойкостью к ударным нагрузкам, которые возникают в мишени.



Рис. 5.7.1. Стенд жидкометаллической позитронной мишени.



Рис. 5.7.2. Мишень с керамическими окнами.

Однако паянное соединение ковара и керамики является одним из критических мест данной конструкции. Из-за высокой химической активности жидкого свинца выбранный материал припоя достаточно быстро растворяется свинцом, вследствие чего возможно появление утечек по паянному стыку. В дальнейшем планируется либо подобрать другой припой и технологию пайки, либо изменить конструкцию паяного узла, затруднив или предотвратив доступ свинца к паянному стыку, чтобы устранить данную проблему.

## 5.8. УСТАНОВКА ЭЛЕКТРОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ НЕМЕЦКОГО СИНХРОТРОНА COSY

В 2013 году в течение 3 месячной работы установка электронного охлаждения на 2 МэВ была смонтирована внутри ускорительного кольца. В октябре 2013 года произошел физический запуск установки и получено первое охлаждение. В 2014 году работы на ней были продолжены. Данный электронный охладитель дает уникальную возможность для проведения экспериментов с детектором элементарных частиц при подавлении эффектов связанных с рассеянием на ядрах мишени и возникновением разброса импульсов вызванных флуктуациями ионизационных потерь. Базой для разработки конструкции высоковольтного охладителя послужили научные исследования и разработки, развиваемые в ИЯФ.

В процессе эксплуатации установки удалось получить электронное охлаждение на энергии электронов 100, 200, 300 и 900 кэВ. Проведены успешные эксперименты по совместному электронному и стохастическому охлаждению. Максимальный достигнутый ток составил 0,9 А.

Рисунки 5.8.1-5.8.3 показывает результаты по электронному охлаждению на энергии 909 кэВ. Видно, что под воздействием электронного пучка, протонный пучок уменьшает свой поперечный размер (Рис. 5.8.1). Также из измерений ширины спектра шотки шумов видно, что разброс значений продольного импульса также становится существенно меньше (Рис. 5.8.3).

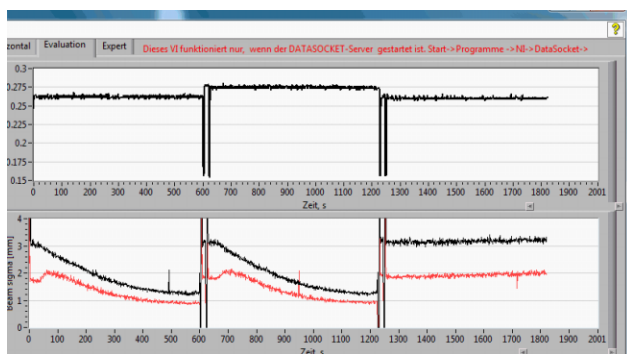


Рис. 5.8.1. Изменение поперечного профиля пучка под действием электронного охлаждения. Сверху показано изменение количества частиц в течение циклов, в середине расположен график динамики поперечного размера протонного пучка (красная кривая – горизонтальный размер, синяя – вертикальный размер), внизу изображено. Длительность цикла 600 сек. В первых двух циклах электронное охлаждение включено, последний цикл без электронного охлаждения.

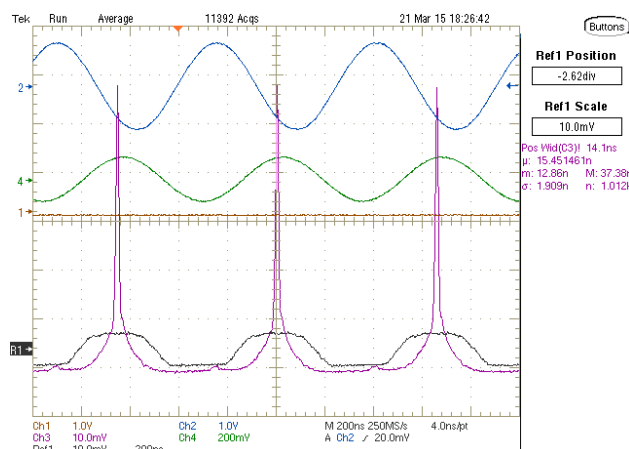


Рис. 5.8.2. Формирование коротких банчей протонного пучка под совместным действием ВЧ и электронного охлаждения.

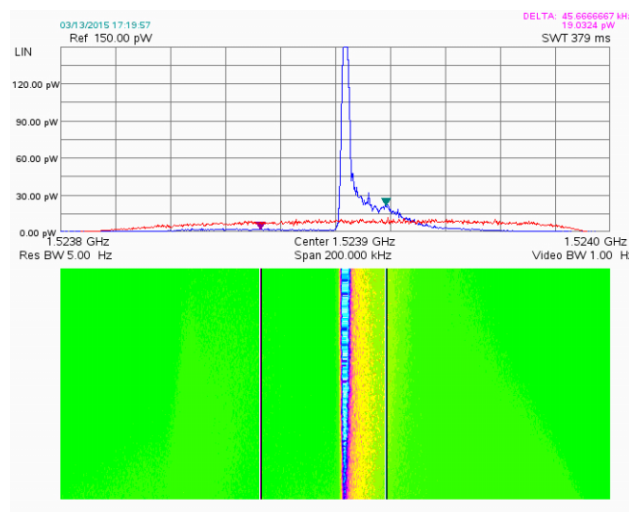


Рис. 5.8.3. Продольное охлаждение протонного пучка при наличии электронного охлаждения. Синяя линия шотки шумов для начального распределения, желтая линия – распределение в конце цикла охлаждения. Количество протонов в цикле 108, энергия электронного пучка 909 кэВ, ток электронного пучка 400 мА. Длительность цикла 300 сек.

## 5.9. УСКОРИТЕЛЬНЫЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТР

Уже традиционно работы на УМС ИЯФ, отличающегося от зарубежных аналогов сверхнадежным выделением чистого радиоуглеродного пучка, можно разделить на две большие группы – рутинный УМС анализ пользовательских образцов и работы, связанные с дальнейшим совершенствованием УМС ИЯФ.

1. Проведенные работы и полученные результаты по модернизации УМС ИЯФ.

- Улучшена оптика УМС ИЯФ (реализован режим «жесткого» входа пучка ионов в электростатический ускоритель)
- Улучшен алгоритм УМС анализа образцов (в 2 раза увеличена частота переключения между изотопами, анализируемыми на выходе УМС, в 2 раза увеличено время набора ионов радиоуглерода на нормировочных образцах).
- Проведена частичная модернизация оптических элементов УМС и сопутствующей электроники.

В результате: достигнута скорость счета ионов радиоуглерода с современных образцов – 10Гц, что позволяет обеспечить статистическую точность анализа 1% при измерении 20 пользовательских образцов (плюс 3 контрольных и нормировочных) в течении 10 часов.

## 2. УМС анализу образцов.

В 2014 году проведен УМС анализ образцов в области археологии, геологии, биомедицины, экологии, металлургии и т.д., всего более 700 образцов. Типичный пример УМС анализа приведен на Рис.5.9.1.

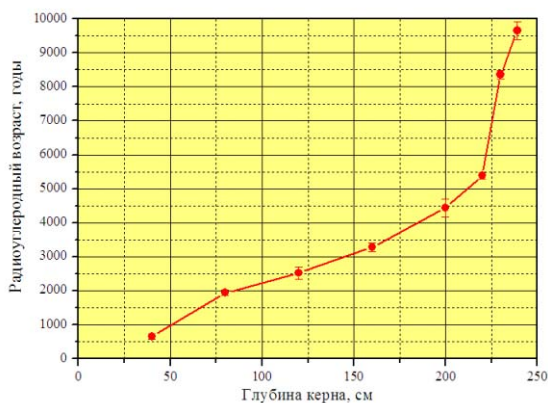


Рис. 5.9.1. Радиоуглеродный возраст донных осадков озера Ложка (Венгеровский район Новосибирской области) в зависимости от глубины.

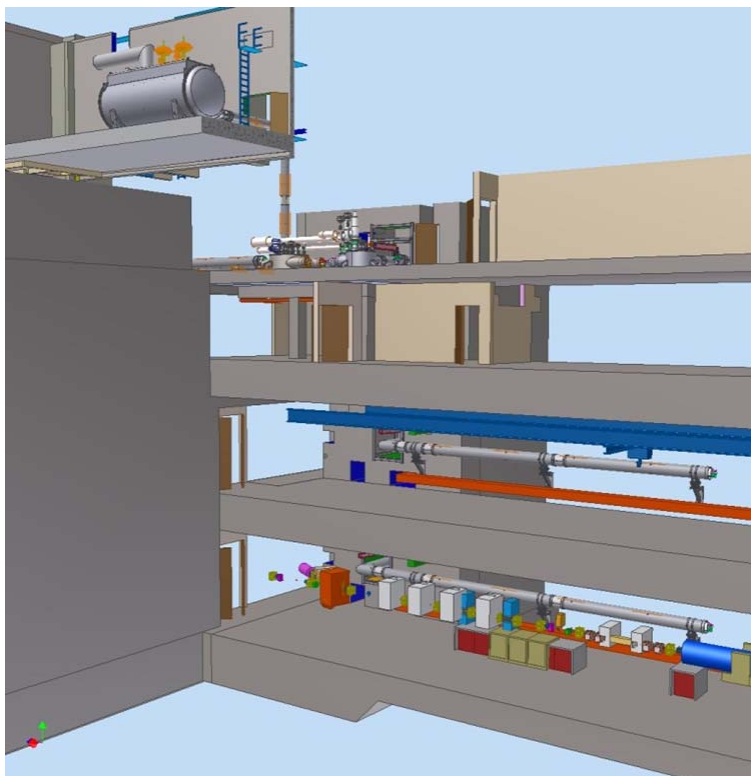
## 5.10. ВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ

### 5.10.1. Проектирование, производство и поставка криогенного вакуумного оборудования для XFEL.

В 2014 году завершены производство и испытания криогенного вакуумного оборудования для международного проекта по созданию лазера на свободных электронах рентгеновского диапазона XFEL (Гамбург, Германия). В начальной стадии реализации проекта будет установлен только один инжектор, но система распределения гелия запланирована к интеграции второго инжектора. Кроме того, система распределения позволит производить замену ускоряющих модулей одного инжектора, во время работы основного ускорителя и второго инжектора.

В состав оборудования поставляемого ИЯФ входят (Рис. 5.10.1):

- оборудование для обеспечения соединения криомодулей инжектора с криогенной системой подвода гелия (Feed Cap) и замыкания потоков гелия (End Cap). Также это оборудование закрывает вакуумные объемы инжектора;
- бокс-рефрижератор Джоуля-Томсона, обеспечивающий сверхтекучим 2К гелием ускоряющую систему криомодулей инжектора;
- распределительный бокс инжектора 1 Feed Box (X11FB);
- распределительный бокс Valve Box, распределяющего потоки для двух инжекторов XFEL (X14VB);
- распределительный бокс XLVB, распределяющего потоки для линейного ускорителя и инжекторов XFEL;
- криогенные трубопроводы, обеспечивающие доставку 4,5К, 40К гелия для двух инжекторов XFEL и откачку линии 2К до 30 мбар;
- теплообменники 2К системы, линии соединений с коллекторами гелиевого завода ДЕЗИ, системы откачки и очистки гелиевых линий, аварийные линии сброса, включающие 34 криогенных предохранительных клапана;
- инструментальные панели с датчиками давления, измерителями температуры, уровнемеры гелиевых сосудов, датчики измерений потока, системы подогрева жидкого гелия для регулировки динамических параметров системы, датчики состояния криогенных пневматических вентилях и управления вентилями.



- - второй этаж. Распределительный бокс линака.
- -4<sup>ый</sup> and -5<sup>ый</sup> этажи. Распределительные боксы XIVB, XI1FB и трубопроводы XLTL, XI1TL, XI2TL.
- -6<sup>ой</sup> этаж. Трубопровод второго инжектора XI2TL.
- -7<sup>ой</sup> этаж. Оборудование первого инжектора.

Рис. 5.10.1. Криогенное оборудование для линейного ускорителя и инжекторов XFEL.

Все проектные расчеты по теплопритокам и механической прочности проведены в ИЯФ с учетом международных норм по максимальной категории для сосудов под высоким давлением. Расчеты проводились для всех возможных значений и перепадов давления и температур криогенного оборудования, включая режимы захлаживания/отогрев и аварийные случаи. Диапазон температур: 2К-300К; диапазон давлений: 0–4 атм. для линии 2К и 0–20 атм. для остальных линий. Пример расчета представлен на рисунке 5.10.2. При расчетах учитывались параметры гибких элементов, таких как сильфоны и металлорукава. Так как эти элементы уменьшают надежность системы, проводилась оптимизация количества гибких элементов. Была разработана система подставок трубопроводов, которая включает фиксированные подставки, скользящие и пружинные подставки, а также подвесные системы. В результате предварительных расчетов криогенных линий и проведения оптимизации тепловых притоков были установлены дополнительные тепловые перехваты на линию 2К, включая регулирующие вентили, чтобы уменьшить нагрузку на эту линию.

На рисунке 5.10.3. представлена финишная сборка наиболее сложного и объемного распределительного бокса XLVB, управляющего потоками криогенных жидкостей и газов в инжекторах и линейном ускорителе (длиной 1,7 км) XFEL.

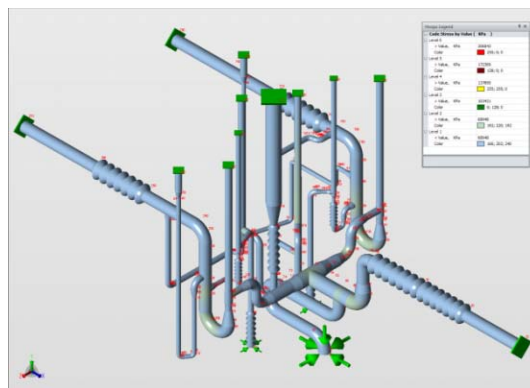


Рис. 5.10.2. Пример расчета на механическую прочность линии 5К распределительного бокса инжектора XIVB.

Оборудование прошло приемные проверки в ИЯФ (Рис. 5.10.4). Результаты всех испытаний соответствуют высоким требованиям для криогенного оборудования XFEL. Результаты на герметичность, давление, интегральный тест, герметичность уплотнения седла вентилей при проектных давлениях значительно превышают заданные.

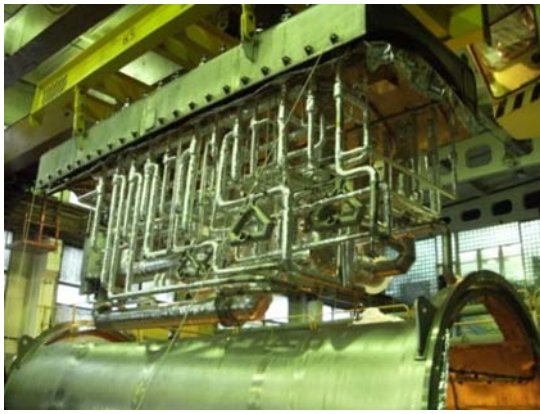


Рис. 5.10.3 Установка холодной массы распределительного бокса XLVB в корпус. Диаметр корпуса – 2,5м, длина – более 7м. Общий вес – около 20 тонн.



Рис. 5.10.6. Установка трубопровода в шахту здания XFEL.



Рис.5.10.4. Приемные испытания в ИЯФ специалистами DESY.

Оборудование поставлено на территорию XFEL. В 2014 году начат монтаж (Рис. 5.10.5 и 5.10.6). В 2015 году планируется завершение монтажа оборудования и ввод в эксплуатацию.



Рис. 5.10.5. Монтаж криогенного оборудования в зале инжектора 1.





6

СИНХРОТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И  
ЛАЗЕРЫ НА СВОБОРДНЫХ  
ЭЛЕКТРОНАХ



## 6.1. ВВЕДЕНИЕ

В Институте Ядерной Физики уже почти 40 лет функционирует центр коллективного пользования Сибирский центр Синхротронного и Терагерцевого излучения (СЦСТИ), работы в котором ведутся по двум направлениям: с использованием синхротронного и терагерцевого излучений.

Направление «Синхротронного излучения» включает в себя работы на накопителях ВЭПП-3 и ВЭПП-4, разработку и создание систем для генерации синхротронного излучения, как для российских центров СИ, так и для зарубежных.

Работы по терагерцовому направлению ведутся на Новосибирском лазере на свободных электронах (ЛСЭ).

Кроме того в центре проводится программа обучения и профессиональной подготовки студентов и аспирантов.

Для проведения работ на пучках СИ из накопителя ВЭПП-3 и ВЭПП-4 в 2014 было выделено 962 часов (в 2013 году – 2076 часов), и 630 часов (в 2013 году – 348 часов). Соответственно в экспериментах были задействованы 10 станций на 7 каналах вывода СИ из накопителя ВЭПП-3 и 3 станции СИ из ВЭПП-4. Новосибирский ЛСЭ в 2014 году работал на пользователей около 1000 часов, как и в 2013 году.

## 6.2. РАБОТА НА ПУЧКАХ СИ ИЗ ВЭПП-3

### 6.2.1. Станция «Экстремального состояния вещества».

Станция предназначена для исследования быстропротекающих взрывных и ударно-волновых процессов. Станция оборудована взрывной камерой и системой регистрации проходящего и малоуглового рассеяния (МУРР) синхротронного излучения (СИ) детектором DIMEX.

Участвующие организации:

- Институт гидродинамики СО РАН,
- Российский федеральный ядерный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (ВНИИЭФ), г. Саров,
- Российский федеральный ядерный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики (ВНИИТФ), г. Снежинск,
- Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,
- Институт ядерной физики СО РАН.

В 2014 году работы на станции проводились по научным планам участвующих институтов, а также при финансовой поддержке следующих проектов и договоров:

- Проект РФФИ № 14-03-00770, Дифракционные измерения в детонационных процессах (2014-2016 гг.);
- Договор 6/2014 между ИГиЛ СО РАН и РФЯЦ-ВНИИТФ (г. Снежинск) «Исследования, на-

правленные на уточнение уравнений состояния взрывчатых веществ и продуктов взрыва, с использованием синхротронного излучения» (2014г.)

- Договор 4/2014 между ИГиЛ СО РАН и РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров) «Изучение свойств взрывчатых веществ с использованием синхротронного излучения» (2014г.).

Примеры работ в 2014 году:

### 1. Измерение распределения газодинамических параметров при детонации зарядов из ПТО (смеси пластифицированного ТАТБ с октогеном)

Для измерения проходящего излучения детонирующий заряд зондировался в двух направлениях: ось цилиндрического находилась в плоскости пучка и перпендикулярно. После калибровки детектора по измеренному прошедшему излучению возможно получить данные о динамике распределения массы на луче вдоль заряда и в фиксированном сечении. В первой постановке с высокой точностью определяются координаты фронта и скорость детонации. Результаты другой постановки являются исходными данными для задач томографии по восстановлению внутренних параметров течения.

Несмотря на высокую интенсивность прямого пучка СИ, прямое использование данных по поглощению не позволяет сразу получить искомую плотность продуктов взрыва. Причиной является высокое требование задач томографии к точности получаемых в эксперименте данных. Одно из решений этой проблемы – это разработка специализированных методов восстановления плотности, основанных на регуляризации искомого решения распределения плотности с интенсивным использованием априорной информации о структуре исследуемого течения. В нашем случае был разработан оригинальный метод восстановления газодинамических параметров детонационного течения по данным рентгенографического эксперимента. Метод адаптирован к конкретной задаче, но позволяют не только значительно улучшить точность восстановления плотности, но и определить остальные газодинамические характеристики - распределения массовой скорости и давления.

Ниже приведены полученные результаты измерений для зарядов из ПТО и БТФ.

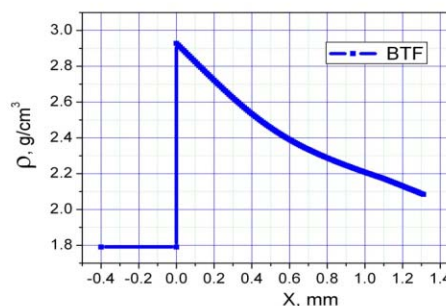


Рис. 6.2.1. Распределение плотности на фронте детонации в БТФ.

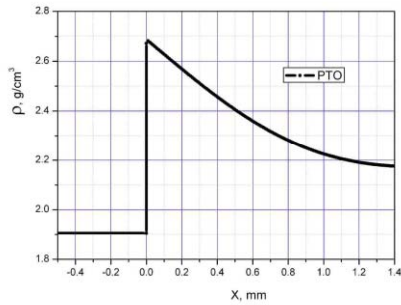


Рис. 6.2.2. Распределение плотности на фронте детонации в ПТО.

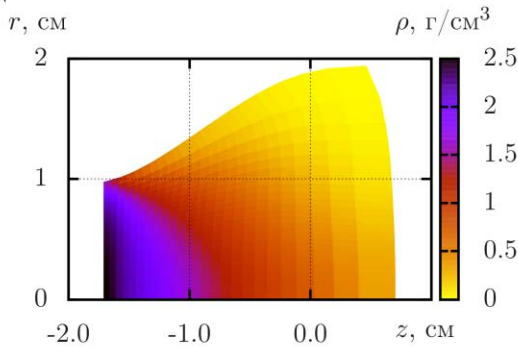


Рис. 6.2.3. Распределение плотности за фронтом детонации в ПТО.

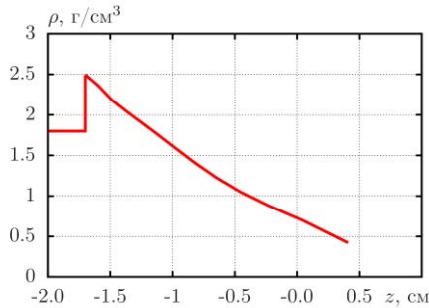


Рис. 6.2.4. Распределение плотности вдоль оси детонации.

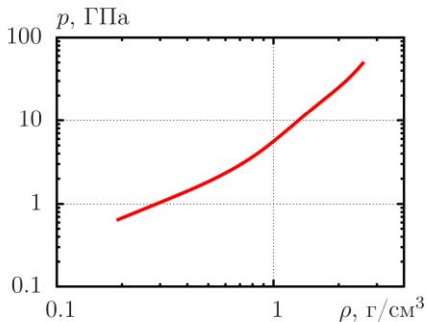


Рис. 6.2.5. Зависимость давления от плотности за фронтом детонации в БТФ.

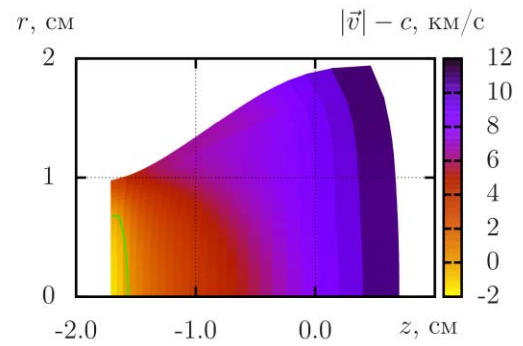


Рис. 6.2.6. Звуковая граница при детонации цилиндрического заряда БТФ через 2 мкс от момента иницирования.

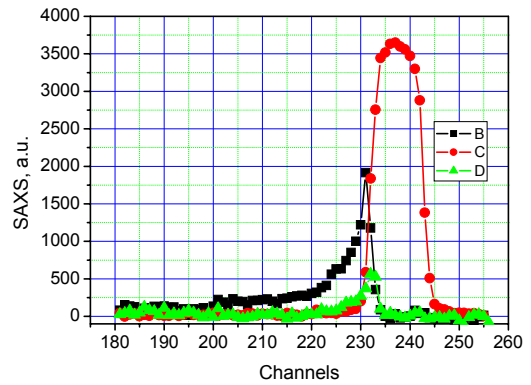


Рис. 6.2.7. Настройки положения ножей перед регистрацией МУРР. По оси X приведена высота в каналах детектора. С – прямой пучок, В – сигнал МУРР от муляжа, С – сигнал МУРР с учетом поглощения в заряде, диаметром 20 мм.

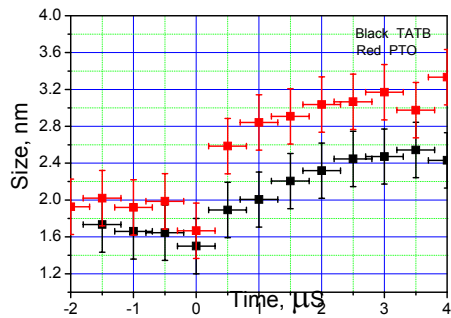


Рис. 6.2.8. Динамика средних размеров наночастиц конденсированного углерода при детонации ТАТБ (точки, те, что находятся в нижней части графика) и ПТО (точки, находящиеся в верхней части графика).

По результатам работ на станции в течении 2014 года было опубликовано 2 статьи в журналах, в трудах конференций и прочитано 22 доклада на Международных конференциях.

### 6.2.2. Станция «LIGA-технология и рентгеновская литография».

Станция предназначена для экспериментов по рентгеновской литографии в толстых резистивных слоях для изготовления микроструктур, в том числе рентгеношаблонов.

Участвующие организации:

- Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск;
- Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск;
- Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск;
- Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск;
- Институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН, Новосибирск;
- Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН, Владивосток.

В 2014 году работы на станции проводились по научным планам участвующих институтов, а также при финансовой поддержке следующих проектов и договоров:

- Грант РФФИ № 14-02-00631 «Неразрушающий метод исследования элементного состава внутренних слоев структурных объектов с высоким пространственным разрешением»;
- Междисциплинарной интергационный проект СО и ДВО РАН №92 (2012-2014 гг.) «Материалы и LIGA технологии для создания микрофлюидных аналитических систем, регистрирующих флуоресценцию».

#### Примеры работ в 2014 году:

В отчетный период основное направление работ на станции LIGA на накопителе ВЭПП-3 заключалось в развитии методов изготовления рентгеношаблонов для последующего производства высокоаспектных микроструктур для прикладных исследований (биочипы, дифракционные решетки). В этой связи отрабатываются методики создания как промежуточных шаблонов (для рентгенолитографии в мягком спектре), так и рабочих шаблонов для жесткого спектра СИ.

На первом этапе отрабатывалось получение одних тонких мембран без рентгенопоглощающего слоя. На стеклянные подложки наносился жертвенный слой соли электронно-лучевым испарением, после чего магнетронным распылением наносился слой титана 1-2 мкм толщиной. Далее на подложку к титану приклеивалось кольцо, соль растворялась и кольцо с мембраной отделялось.

Получены образцы свободно весящих мембран, закрепленных на опорном кольце внутренним диаметром до 30 мм. Данные мембраны достаточно прозрачны в нужном диапазоне длин волн (4-6 Å) и достаточ-

но прочны, что бы быть основой для рентгеношаблона.

Предполагается, что структура рентгеношаблона будет формироваться на подложке со слоем титана. После формирования топологии из тяжелого металла (например - золота) слой титана со структурой будет отделяться от подложки и использоваться для литографического изготовления структур с линейными размерами от 2 мкм и высотой до 100 мкм.

Для прямого формирования в толстых слоях рентгенорезиста регулярных структур заготовок рентгеношаблонов развился разработанный ранее микропучковый рентгенолитограф (МПРЛ) – устройство для прямого формирования микроструктур в глубоких слоях рентгенорезиста посредством векторного рисования произвольно заданной топологии микропучком СИ без использования рентгеношаблонов с топологическим рисунком структуры. Существенно увеличить скорость формирования регулярных микроструктур (массивы пор или решетки) удалось благодаря реализации многопучковой параллельной

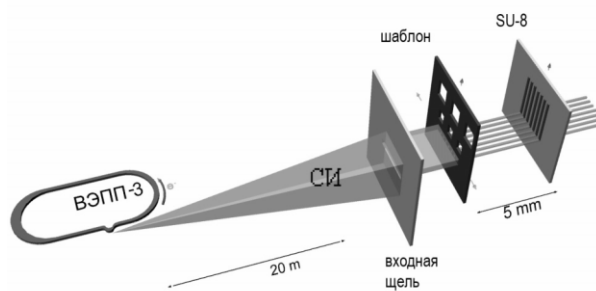


Рис. 6.2.9. Схема прямой мультипучковой рентгенографии на СИ.

Получаемые структуры из резиста SU-8 на стеклоуглеродной подложке служат заготовкой для создания рабочего рентгеношаблона посредством гальванопластики высококонтрастного материала. Отрабатывались процессы гальванопластики Au и Pb для получения рабочих рентгеношаблонов, предназначенных для рентгенолитографического изготовления высокоаспектных регулярных структур глубиной до 1 мм.

В продолжение совместных с ИЦиГ СО РАН работ по созданию и исследованию микрофлюидных модулей (биочипов) изготовлен рентгеношаблон для рентгенолитографического изготовления микрофлюидных модулей, создан набор образцов модулей с калибровочными каналами. После герметичного покрытия поверхности модулей выбранные калибровочные каналы были заполнены хелатными флуоресцирующими соединениями флуоресцирующей связи, предназначенными для сравнительной калибровки флуоресцентной реакции биохимических реагентов в водных растворах. При УФ подсветке в калибровочных каналах возбуждается люминесценция. Продол-

жаются работы по подбору концентрации хелатных соединений.

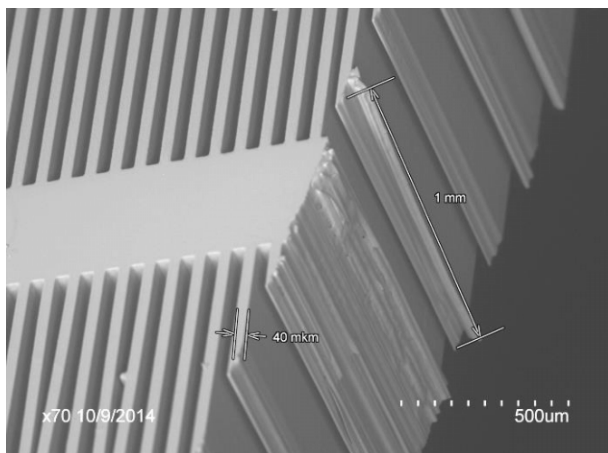


Рис. 6.2.10. Пример глубокой рентгенолитографии с использованием созданного рентгеношаблона. Каналы 40 мкм в листовом ПММА толщиной 1 мм.

### 6.2.3. Станция «Аномальное рассеяние» и «Презиционная дифрактометрия»

Работы, выполненные на станции «Аномальное Рассеяние»:

1. Сравнительный анализ образцов ферритов стронция, синтезированных термическим и радиационно-термическим методами (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН);
2. Исследование устойчивости соединений включения на основе металл-органического каркаса (MOF) Cr-MIL-101 и различных галогенов (Hal@Cr-MIL-101, Hal=Cl, Br, I) к воздействию реакционной среды (Институт катализа СО РАН);
3. Исследование устойчивости мезоструктурированных элемент-силикатных материалов Nb-SBA-3 к воздействию реакционной среды;
4. Исследование фазового состава и структуры полимер-углеродных и металл-углеродных нанокомпозитов (Институт катализа СО РАН);
5. Исследование структуры смешанных оксидов со структурой перовскита (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН);
6. Исследование фазового состава упрочняющих покрытий на основе нитрида титана, получаемых ионно-плазменным напылением (Томский политехнический университет);
7. Отработка методики структурной характеристики образцов на основе мезоструктурированных силикатов с целью создания Государственных Стандартных Образцов (ГСО) мезопористых материалов (Институт катализа СО РАН);
8. Исследование изменений структуры майенита в результате высокотемпературной обработки в инертной среде (Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г.Екатеринбург).

### Исследование устойчивости соединений включения на основе металл-органического каркаса (MOF) Cr-MIL-101 и различных галогенов (Hal@Cr-MIL-101, Hal=Cl, Br, I) к воздействию реакционной среды.

Металл-органические каркасы являются перспективными мезопористыми материалами, представляющими интерес, в частности, для каталитических приложений. Ранее была показана каталитическая активность и селективность соединений включения на основе галогенидов и мезопористого металл-органического каркаса Cr-MIL-101 (Hal@Cr-MIL-101, Hal = Cl, Br и I) в реакции карбоксилирования оксида стирола в отсутствие со-катализатора. Согласно данным РФА, при пропитке галогенидами натрия структура MIL-101 не претерпевает заметных изменений. Однако, согласно данным капиллярного электрофореза, после каталитической реакции при повышенной температуре (50-80 °С) происходит вымывание галогенидов из твердой матрицы в раствор, что затрудняет повторное использование катализаторов. Таким образом, для получения устойчивых в условиях реакции катализаторов, необходимо разработать способ пришивки галогенидов к матрице Cr-MIL-101, в результате которого сохраняется структура матрицы MIL-101 и образуется достаточно крепкая связь между галогенидом и твердой матрицей, не разрушающаяся в ходе каталитической реакции. Для проверки сохранения структуры MIL-101 в результате модификации галогенидами использовали метод РФА.

Были получены рентгенограммы образцов, отличающихся способом пришивки брома (использование дополнительного лиганда, пришивки через аминогруппу матрицы и др.). Показано, что в результате пришивки Br<sup>-</sup> в двух случаях из четырех произошло частичное, а в остальных случаях полное разрушение структуры MIL-101 Рис. 6.2.11.

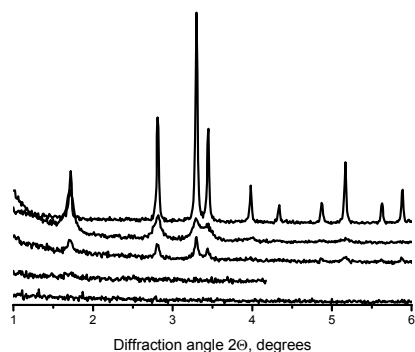


Рис.6.2.11. Рентгенограммы металлорганического каркаса MIL-101. Исходный образец (1) и образцы после пришивки Br<sup>-</sup> различными способами (2–5).

### Исследование изменений структуры майенита в результате высокотемпературной обработки в инертной среде.

Структура смешанного кальций-алюминиевого оксида ( $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{32}$ )O представлена на Рис. 6.2.11.(а). В состав соединения входит сверхрешеточный кислород, который может обеспечивать кислородный транспорт, позволяя использовать материал в качестве кислородного проводника. Согласно литературным данным материал обладает кубической структурой, однако на полученных на станции «Аномальное Рассеяние» рентгенограммах наблюдается расщепление рефлексов (Рис. 6.2.12. (б)), которое можно отнести к сосуществованию в образце двух фаз с одинаковой структурой, но слабо различными параметрами решетки. Возможной причиной различия двух фаз является разная кислородная стехиометрия, возникающая на стадии синтеза образца. Для выявления влияния кислородного состава на параметр решетки майенита было проведено прокаливание образца в окислительной, а затем в инертной среде при температуре 800°C.

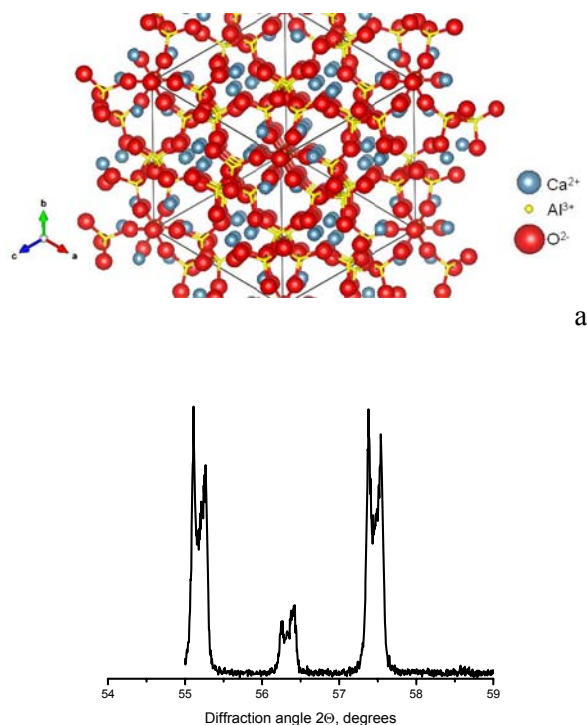


Рис. 6.2.12. Структура майенита (а) и наблюдаемое на рентгенограммах расщепление рефлексов (б).

В результате прокаливания образца в различных средах наблюдается слабое уменьшение интенсивности и смещение одного из рефлексов в каждой паре в сторону больших углов Рис. 6.2.13, тогда как второй рефлекс в каждой паре не меняет ни своего положения, ни интенсивности. Возможно, такое поведение рефлексов на рентгенограммах вызвано изменением параметра одной из двух входящих в состав образца фаз, связанным с изменением ее кислородной стехиометрии. Учитывая тот факт, что синтез майенита происходит при более высоких температурах, однозначно

установить связь между изменениями рентгенограмм и кислородным составом образца можно лишь проводя эксперимент в более жестких температурных условиях.

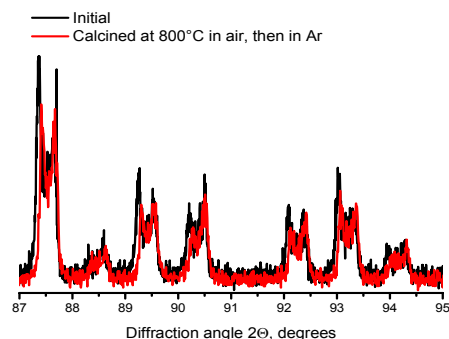


Рис. 6.2.13. Фрагменты рентгенограмм исходного образца майенита и образца после прокаливания в окислительной и инертной атмосфере.

Работы, выполненные на станции «Прецизионная Дифрактометрия»:

1. Восстановление в потоке водорода каталитических систем «оксид кобальта – азот-содержащие углеродные нановолокна» ( $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{N-УНВ}$ ) в диапазоне температур 25–700 °C;
2. Восстановление в потоке водорода каталитических систем, содержащих оксиды Ni, Mo, нанесенных на  $\text{SiO}_2$ , в диапазоне температур 25-700 °C;
3. Автоколебания в реакции окисления метана на палладии при различных условиях (парциальные давления, температура, соотношение реагентов);
4. Исследование синтеза каталитических систем (Cu, Ni и Cu, Ni, нанесенных на  $\text{SiO}_2$ ) при нагреве в восстановительной атмосфере ацетатных предшественников, полученных соосаждением растворов солей металлов в присутствии сверхкритического  $\text{CO}_2$ ;
5. Сравнительный анализ термического и радиационно-термического метода синтеза ферритов стронция;
6. Исследование структурных и фазовых изменений в полимер-углеродных нанокompозитах вблизи точки плавления полимера;
7. Исследование термической устойчивости покрытий из нитрида титана, допированных Cu, Al, Si, при нагреве на воздухе;
8. Восстановление в потоке водорода смешанных оксидов  $\text{CuNiMoO}_x$ , 0, 5, 10% Mo, соединений-предшественников катализаторов гидрооблагораживания продуктов пиролиза древесины («бионефти»);
9. Исследование влияния катионов  $\text{Al}^{3+}$  на процесс восстановления металлов из смешанных



оксидов Co-Al в модельных каталитических системах.

**In Situ исследование автоколебаний в реакции окисления метана на палладии методами рентгеновской дифракции.** Проведены эксперименты по изучению автоколебаний в реакции окисления метана на палладии методом рентгеновской дифракции In Situ. В процессе эксперимента осуществлялся контроль состава газовой смеси на входе (регуляторы расхода газа (PPG) Smart-Trak 50 (Sierra)) и на выходе (масс-спектрометр SRS UGA-100) рентгеновской высокотемпературной камеры-реактора XRK-900 (Anton Paar).

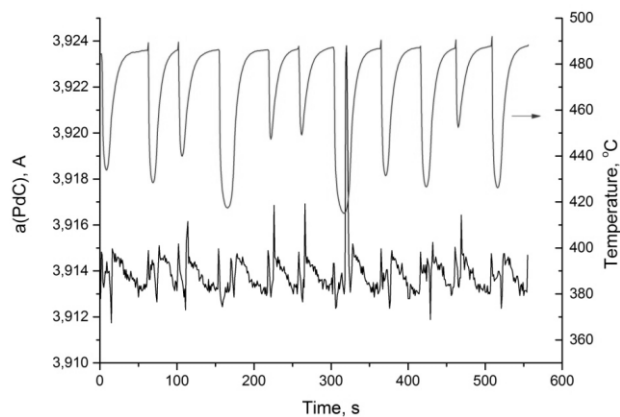
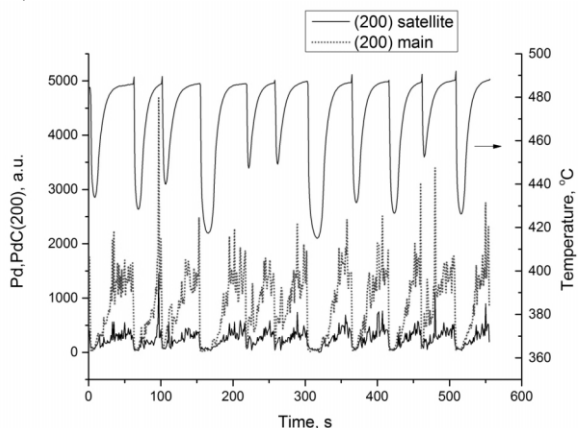


Рис. 6.2.14. Изменение (а) интенсивности рефлексов Pd(200) и PdC(200); (б) параметра решетки PdC от времени в процессе автоколебаний. Длина волны 1,72 Å, соотношение реагентов CH<sub>4</sub>:O<sub>2</sub>:Ar составляло 40:10:50 мл/мин, температура газовой смеси 366 °C. Шкала справа относится к зависимости температуры палладиевой фольги от времени.

Методом рентгеновской дифракции в режиме *in situ* показано, что в ходе автоколебаний происходит периодическое изменение фазового состава поверхности

палладиевой фольги, сопровождающееся изменением температуры катализатора. На рентгенограммах в процессе реакции наблюдаются рефлексы фаз металлического палладия и оксида палладия PdO, а также рефлекс, предположительно относящийся к карбиду палладия PdC. Установлено, что в состоянии высокой активности (высокая температура катализатора, высокий уровень конверсии метана) палладий находится в металлическом состоянии. Переход в состояние низкой активности сопровождается резким падением интенсивности рефлексов палладия Рис. 6.2.14. Интересно также отметить, что параметр решетки фазы PdC падает в зависимости от температуры, что возможно связано с уходом углерода из решетки. Анализ газовой смеси на выходе из реактора показывает, что основным маршрутом реакции является полное окисление метана до CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O (следов парциального окисления метана до CO и H<sub>2</sub> практически не наблюдалось). Таким образом, проведенное исследование позволило установить, что автоколебания в реакции каталитического окисления метана на палладии определяется периодическим окислением/восстановлением палладия.

**Исследование синтеза каталитических систем (Cu, Ni и Cu, Ni, нанесенных на SiO<sub>2</sub>) при нагреве в восстановительной атмосфере ацетатных предшественников, полученных соосаждением растворов солей металлов в присутствии сверхкритического CO<sub>2</sub>.** В настоящее время внимание многих исследователей обращено на использование сверхкритических флюидов (СКФ) для синтеза функциональных материалов. Так, одним из активно развивающихся направлений в создании материалов с определенной структурой, морфологией и заданными свойствами является использование сверхкритического CO<sub>2</sub> (СК CO<sub>2</sub>) как антирастворителя (supercritical anti-solvent – SAS). Суть метода SAS состоит в следующем: поток раствора соли металла вводится через форсунку в поток СК CO<sub>2</sub>. Быстрая диффузия СКФ при определенных режимах может приводить к резкому пересыщению раствора и выпадению рентгеноаморфного дисперсного осадка.

В работе были исследованы Ni<sub>88</sub>Cu<sub>12</sub> и Ni<sub>88</sub>Cu<sub>12</sub>/SiO<sub>2</sub> системы, синтезированные с помощью методики SAS.

По данным рентгенодифракционных исследований In Situ ацетатные предшественники представляли собой рентгеноаморфные фазы, которые при восстановлении в потоке водорода разлагались до оксидов с высокой дисперсностью, а затем восстанавливались до металлов Рис. 6.2.15. Введение SiO<sub>2</sub> в систему привело к образованию оксидных, а затем и металлических частиц меньшего, чем в отсутствие силиката, размера (что также было подтверждено методами растровой и просвечивающей микроскопии), а также к образованию твердого раствора металлов, в отличие от образца Ni<sub>88</sub>Cu<sub>12</sub>.

В результате проведенных исследований предложен способ получения рентгеноаморфных предшественников каталитических систем. Методом РФА в режиме In Situ показано, что использование полученных ацетатных предшественников позволяет синтезировать смешанные оксидные системы с различной степенью окисления металлов в зависимости от атмосферы и температуры термического разложения, а варьирование концентрации  $\text{SiO}_2$  позволяет регулировать дисперсность как оксидной, так и металлической фазы.

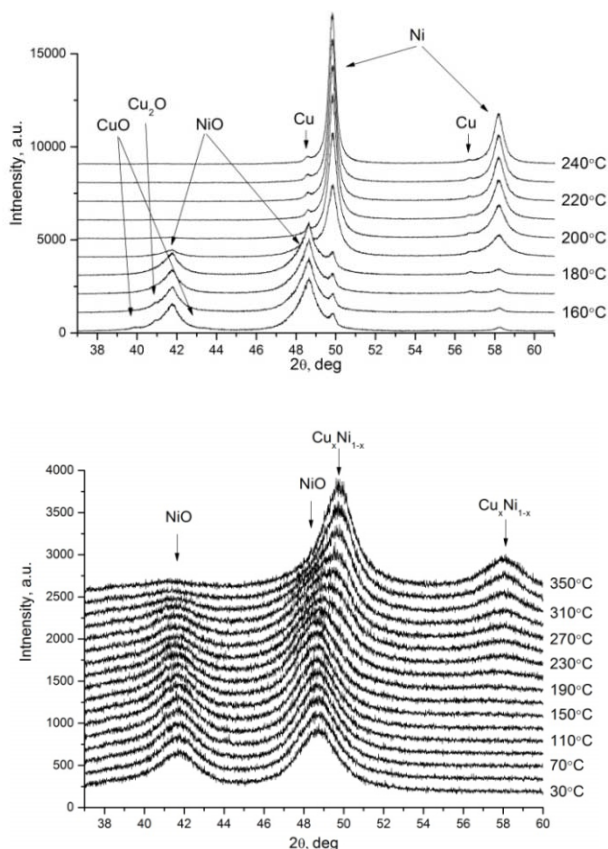


Рис. 6.2.15. Исследование XRD *in situ* процесса восстановления образцов (а)  $\text{Ni}_{88}\text{Cu}_{12}$  и (б)  $\text{Ni}_{88}\text{Cu}_{12}/\text{SiO}_2$  в токе водорода, полученного методом SAS. Длина волны  $1,72 \text{ \AA}$ .

**Исследование влияния катионов  $\text{Al}^{3+}$  на процесс восстановления металлов из смешанных оксидов Co-Al в модельных каталитических системах.** Процесс Фишера-Тропша – реакция образования углеводородов из синтез-газа (смеси CO и  $\text{H}_2$ ), протекающая в присутствии катализаторов, в частности, кобальтовых. Кобальтовые катализаторы, используемые в промышленности, представляют собой наночастицы металла, нанесенные на различные носители, например,  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Приготовление катализаторов – длительный процесс, включающий стадии активации предшественника и восстановления в потоке водорода

при температурах  $\sim 400\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$ . Восстановление промышленных катализаторов и модельных систем (массивных образцов  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) протекает с различием. Массивный  $\text{Co}_3\text{O}_4$  восстанавливается в один этап до металлического Co со структурой г.п.у., тогда как восстановление нанесенных образцов  $\text{Co}_3\text{O}_4/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  происходит в два этапа через образование кристаллического CoO до металлического кобальта со структурой г.ц.к. Одним из возможных факторов, объясняющих такое различие, является наличие ионов алюминия, которые могут модифицировать нанесенный оксид кобальта на этапе прокаливания катализатора и/или на этапе восстановления.

Был исследован ряд образцов  $\text{Co}_{3-x}\text{Al}_x\text{O}_4$  ( $0,05 \leq x \leq 1$ ), полученных методом соосаждения  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$  из растворов азотнокислых солей с последующим прокаливанием при температуре  $500^\circ\text{C}$ . Образцы восстанавливали в потоке водорода (15 мл/мин), нагревая со скоростью  $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ . В ходе восстановления фиксировали рентгенограммы в режиме In Situ со временем экспозиции 1 мин/кадр.

Были идентифицированы фазы  $\text{Co}_3\text{O}_4^*$ ,  $\text{CoO}^*$ , отличные от обычных фаз  $\text{Co}_3\text{O}_4$  и  $\text{CoO}$ , поскольку в системе присутствует Al, и фаза Co с микродоменной структурой, последовательно возникающие в процессе восстановления. Для всех образцов из рентгенограмм были получены данные о температурном интервале существования возникающих в процессе восстановления фаз. При увеличении количества алюминия, допирующего оксид кобальта, замедляется восстановление фаз  $\text{Co}_3\text{O}_4$  и  $\text{CoO}$ . Также наблюдается замедление в появлении металлического Co при увеличении концентрации алюминия в системе. Кроме того, для образцов с высоким содержанием алюминия наблюдается «разрыв» фаз, т.е. существует диапазон температур, в котором в образцах присутствует только CoO, что согласуется с данными ТПВ. Кроме того, для образцов с высокой концентрацией алюминия, начиная с  $\text{Al}:\text{Co}=1:29$ , происходит стабилизация микродоменной структуры – гексагональный Co не исчезает вплоть до температур  $745 \text{ }^\circ\text{C}$  Рис. 6.2.16.

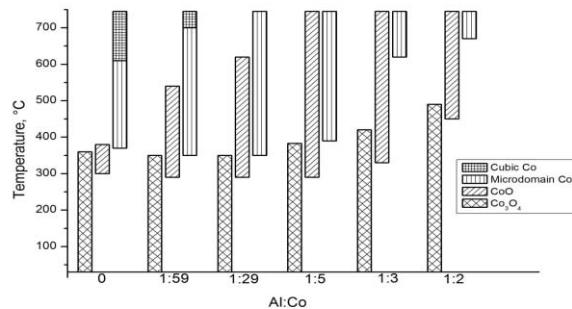


Рис. 6.2.16. Зависимость фазового состава модельных Co-Al систем от содержания алюминия в диапазоне температур  $30\text{--}735 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 6.2.4. Станция «Рентгенофлуоресцентный анализ».

Станция предназначена для определения элементного состава образцов различного происхождения: геологических пород, биологических тканей, аэрозолей и др., методом рентгенофлуоресцентного элементного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ). Элементный анализ может быть осуществлен как в локальном, так и в сканирующем режиме.

Участвующие организации:

- Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск,
- Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск,

В 2014 году работы на станциях проводились при финансовой поддержке следующих проектов:

- Программа фундаментальных исследований СО РАН на 2013 – 2016 годы. Научный проект V.46.5: «Исследование физико-химических процессов образования, распространения, трансформации и миграции дисперсных веществ в объектах окружающей среды»

- РФФИ № 13-05-90780 мол\_рф\_нр «Валидация методики измерения состава растительного материала методом рентгенофлуоресцентного анализа с синхротронным излучением».

Примеры работ в 2014 году:

#### Изменения природной среды озерных экосистем Восточной Сибири в голоцене по данным рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения

Целью проекта являлась реконструкция закономерностей и особенностей развития региональных экосистем под влиянием изменения климата в голоцене. Основными задачами были получение осадочных записей высокого разрешения по кернам донных и торфяных отложений малых озер, озерно-болотных систем и проведение комплексного анализа массива полученных данных. В ЦКП Сибирский Центр Синхротронного и Терагерцового излучения (СЦСТИ) получены РФА СИ-спектры образцов донных и торфяных отложений. В качестве примера, приведены графики распределения Ca, Vg и Sr (Рис. 6.2.17.) по глубине керна донных отложений оз. Арахлей (Иркутск). Вдоль керна Ca, Vg, Sr, а также некоторые их соотношения могут являться геохимическими индикаторами изменений условий осадконакопления. Изменения содержания Vg в донных осадках оз. Арахлей могут быть связаны с органическим веществом и отражать колебания продуктивности в бассейне озера. Содержание Ca, возможно, отражает изменение интенсивности минерализации в озере. Распределение Sr

и его соотношений в донных осадках может быть применено для оценки изменения аридности климата.

Выявленные изменения в элементном составе донных и озерно-болотных отложений будут интерпретированы в терминах изменения природно-климатических условий прошлого.

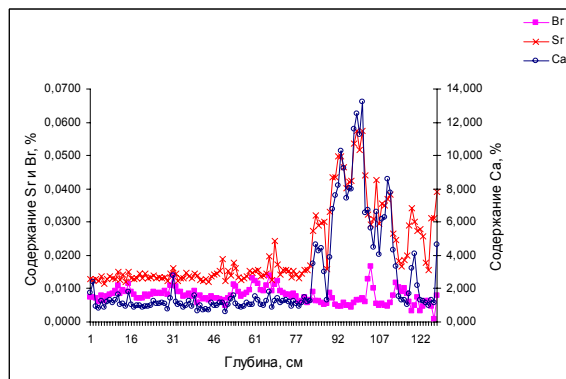


Рис. 6.2.17. Распределение Ca, Sr, Vg в донных отложениях озера Арахлей.

#### 6.2.5. Станция «Дифрактометрия с использованием жесткого рентгеновского излучения»

Станция предназначена для дифракционных исследований поликристаллических веществ при высоких давлениях и температурах в ячейке с алмазными наковальнями с использованием жесткого рентгеновского излучения.

Участвующие организации:

- Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН;
- Институт геологии и минералогии СО РАН;
- Институт ядерной физики имени Будкера СО РАН;
- Институт физики металлов УрО РАН.

В 2014 году работы на станции проводились при финансовой поддержке следующих проектов и договоров:

- Проект РФФИ 12-05-00841-а «Условия стабильности углеводородных соединений при высоких давлениях и температурах и их значение для глубинного строения Земли и планет», 2012-2014 гг.;
- Проект РФФИ 13-05-00185-а «Механизмы образования и стабильность водосодержащих высокобарических силикатов системы MgO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O в условиях субдукции океанической литосферы» 2013-1015 гг.;
- Проект РФФИ 13-05-00457-а «Микропористые алюмосиликаты при высоком давлении: влияние топологии каркаса и состава внекаркасной подсистемы на сжимаемость и структурные превращения» 2013-1015 гг.;

- Проект РФФИ 14-05-00616-а «In situ КР исследование взаимодействия силикатов с водной средой при субдукционных P-T параметрах», 2014-2016 гг.;

Примеры работ в 2014 году:

**Изучение барической стабильности полициклических углеводородов в связи с моделированием состава глубинных флюидов.**

Исследование стабильности углеводородных соединений, в частности ПАУ, при высоких давлениях связано с их присутствием в природных объектах глубинного происхождения (включения в алмазах) и необходимостью моделирования состава восстановленного С-О-Н флюида, принципиального для процессов плавления мантийного вещества. Изучена сжимаемость коронана  $C_{24}H_{12}$  при давлении до 6 ГПа. При 0,9 ГПа обнаружена высокобарическая фаза с простр. группой  $P2/m$ , определены параметры ее сжимаемости до 4 ГПа:  $K_0 = 6,5(3)$  ГПа,  $K_0' = 13,4(3)$ . Рассчитанные значения хорошо коррелируют с параметрами сжимаемости нафталина и антрацена и плохо согласуются с ранними данными по сжимаемости коронана. При 5,9 ГПа наблюдается частичная аморфизация коронана. При декомпрессии ячейки до атмосферного давления высокобарическая фаза сохранилась, что также может быть связано с ее частичной аморфизацией.

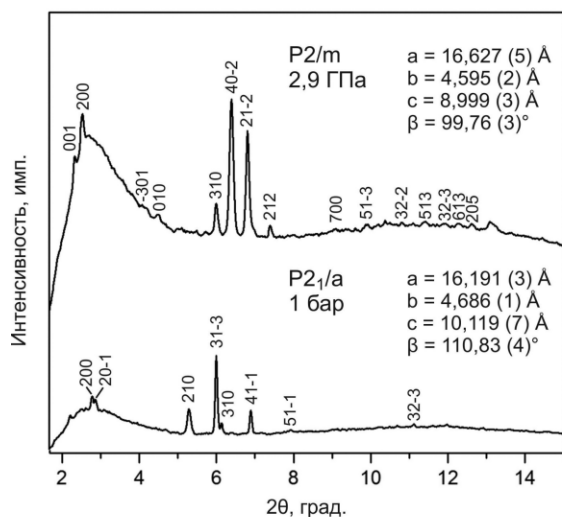


Рис. 6.2.18. Дифракционные профили коронана при 1 бар и 2,9 ГПа (298 К).

**Исследование образования высокобарических магниезных силикатов (10 Å фаза) при P-T условиях, имитирующих обстановку «холодной» субдукции (40 кбар, 450°C), в алмазной ячейке резистивного нагрева.**

В связи с проблемой глобального рециклинга  $H_2O$  проявляется интерес к водосодержащим магниезным силикатам системы  $MgO-SiO_2-H_2O$  как потенциальным транспортерам воды в мантию в составе субдуцирующей океанической литосферы. Для уточнения

структуры равновесной 10 Å фазы (ТАР)  $Mg_3Si_4O_{10} \cdot xH_2O$  и оценки содержания воды в ней проведен дифракционный эксперимент по гидратации талька при 40 кбар, 450 °С (Рис. 6.2.19).

Продукты реакции содержат 90% ТАР, тальк и талькоподобную водосодержащую фазу. Из уточнения структуры ТАР (Рис. 6.2.20.) содержание воды оценено в 1 молекулу на формульную единицу; учитывая недосыщенность системы водой (присутствие талька), это нижний предел равновесного содержания воды в ТАР. Параметры решетки ТАР при 40 кбар и 450 °С составляют  $a = 5,225(4)$ ,  $b = 9,054(3)$ ,  $c = 10,86(4) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 98,6(1)^\circ$ ,  $V = 508,0(1) \text{ \AA}^3$  (простр. группа  $C2/m$ ). Дифракционные и спектроскопические данные закаленного образца свидетельствуют об образовании разупорядоченной безводной фазы при нормальных условиях. Обнаруженная неустойчивость фазы ТАР может подтверждать гипотезу об ее стабилизации в течение длительного синтеза за счет образования дефектных силанольных групп.

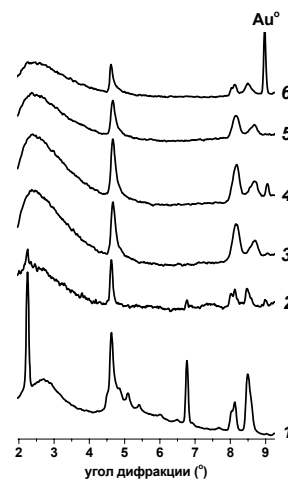


Рис. 6.2.19. Дифрактограммы исходного талька при нормальных условиях (1-2), продуктов реакции гидратации талька через 9 часов (3), 14 часов (4) и 19 часов (5) после выхода в режим 40 кбар, 450°C; 6 – дифрактограмма разгруженного образца, полученная через 5 месяцев после синтеза.

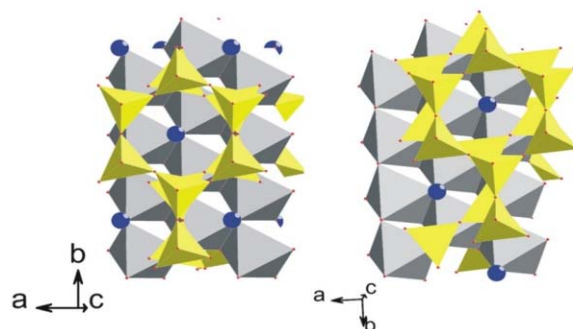


Рис. 6.2.20. Структура фазы ТАР (слева, по нашим данным для 40 кбар, 450°C) и талька с межслоевыми «дефектными» позициями  $H_2O$  (справа, по данным Gatta 2013).

**Структурное поведение микропористых алюмосиликатов (Rb,Cs-натролит, содалит) при высоком водном давлении: роль подвижных внутрипоровых молекулярных компонентов (H<sub>2</sub>O)**

Эффект сверхгидратации, вызванный сжатием пористого соединения в проникающей среде, был впервые обнаружен на цеолите натролите Na<sub>2</sub>[Al<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>]-2H<sub>2</sub>O. Для выяснения роли внекаркасных катионов и упорядочения Si,Al в каркасе в структурном поведении цеолитов группы натролита при сверхгидратации изучено поведение Rb- и Cs-натролита при сжатии в проникающей (водосодержащей) среде до 4 ГПа. При комнатных условиях обе формы безводные. Их структуры (Рис. 6.2.21) сходны между собой и близки к структуре дегидратированного натролита. Отсутствие молекул H<sub>2</sub>O в структуре изученных форм определяет их существенное сжатие в сравнении с гидратированными формами.

Поведение Rb- и Cs-форм при сжатии в воде также сходно. Обе формы остаются безводными и демонстрируют регулярное сжатие на всем изученном интервале давления (Рис.6.2.22). Структурные изменения сводятся к уменьшению углов Т–О–Т в каркасе и длин связей катион–О-атом. В литературе описаны гидратированные Rb- и Cs-формы натролита, устойчивые при нормальных условиях (Lee et al., 2010). Изученные же нами формы мало того что при нормальных условиях безводные, они таковыми остаются и при их сжатии в воде. Причины столь разительных различий надо, видимо, искать в различиях исходных образов натролита, прежде всего в степени упорядоченности Si,Al в каркасе.

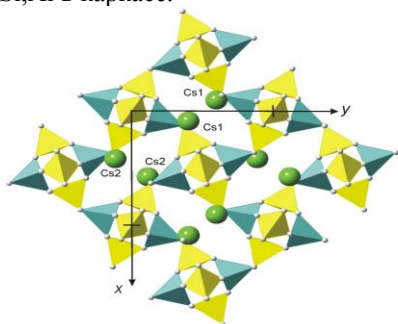


Рис. 6.2.21. Структура Cs-замещенного натролита при н.у. в проекции вдоль с-оси.

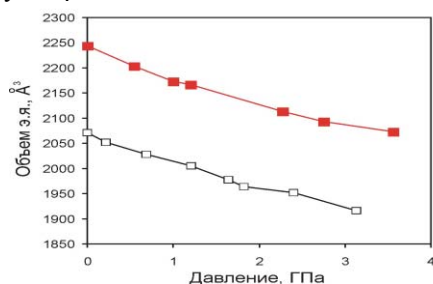


Рис. 6.2.22. Объем э.я. Rb- (□) и Cs-форм (■) натролита в зависимости от давления при сжатии в воде.

Для выяснения особенностей сверхгидратации в микропористых соединениях с содалитовым каркасом изучена сжимаемость синтетического гидроксил-содалита Na<sub>8</sub>[AlSiO<sub>4</sub>]<sub>6</sub>·(OH)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O в проникающей (водной) и непроникающей (метанол-этанол) средах до 5 ГПа. Модуль объемной упругости при сжатии в спиртах составляет 36(5) ГПа. При P > 0,5 ГПа сжимаемость в водной среде постепенно увеличивается относительно сжатия в непроникающей среде, максимальное различие в объеме эл. ячейки ≈ 2 % достигается при 2,5 ГПа (Рис.6.2.23). Подобная разница в объеме установлена между гидроксил-содалитом и водным содалитом с максимальным заполнением водных тетраэдрических позиций (8 молекул H<sub>2</sub>O на э.ячейку). Таким образом, наблюдаемое различие кривых сжимаемости можно интерпретировать как дополнительное сжатие структуры содалита под влиянием сильных водородных связей между молекулами H<sub>2</sub>O и каркасом, возникающих при заселении близких к каркасу тетраэдрических водных позиций. Важную роль здесь, по-видимому, играет не только увеличение заселенности позиций Ow, но и исчезновение сильных связей с OH-группами в центре полостей (Oc).

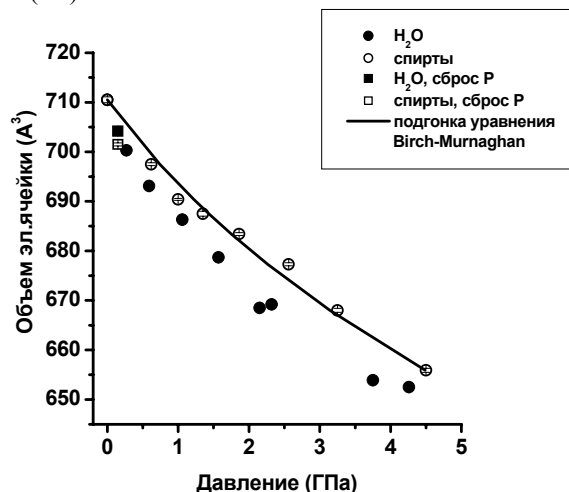


Рис. 6.2.23. Барическая зависимость объема кубической ячейки гидроксил-содалита (P-43n) при сжатии в водной среде и в спиртах до 5 ГПа. Сплошная линия – подгонка уравнения Birch-Murnaghan.

**Сжимаемость и фазовые переходы карбоната калия в интервале давлений до 30 кбар.**

Геологический интерес к высокобарическому поведению карбоната калия связан с его участием в мантийных процессах частичного плавления, метасоматоза и алмазообразования. Информация о его полиморфных модификациях может также быть использована при определении структур расплавов щелочных карбонатов, которые в будущем могут приобрести широкое применение в источниках питания. Расчеты предсказывают полиморфное превращение K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> при

8,6 – 27,5 кбар в фазу, изоструктурную  $\beta$ - $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Для проверки этого теоретического предсказания проведена дифракционная съемка  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в интервале давлений 1-30 кбар.

При 23,3-31 кбар  $\gamma$ - $\text{K}_2\text{CO}_3$  трансформируется в высокобарическую фазу  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -II. Существенная перестройка дифрактограммы (Рис.6.2.24) и аморфизация образца при декомпрессии позволяют классифицировать данный переход как реконструктивный переход I рода. Экспериментальная дифрактограмма  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -II не соответствует теоретически предсказанной фазе (то есть фаза  $\text{K}_2\text{CO}_3$ -II не изоструктурна  $\beta$ - $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), а наиболее близка к дифрактограмме  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ . Уточнение координат атомов методом Ритвельда показывает структурные изменения в  $\gamma$ - $\text{K}_2\text{CO}_3$  в интервале 7,6-15 кбар, предположительно связанные с дисторсионным полиморфным переходом (с изменением взаимного расположения координационных полиэдров).

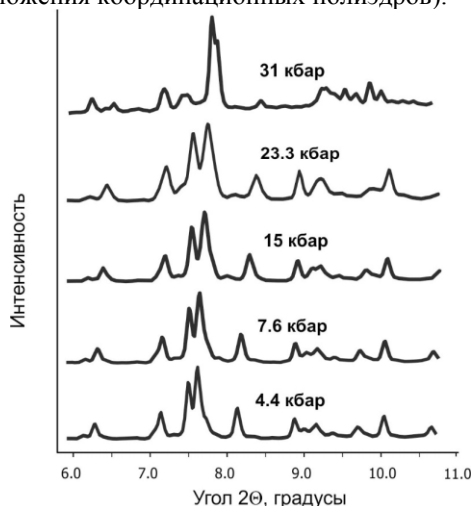


Рис. 6.2.24. Изменение дифрактограммы  $\text{K}_2\text{CO}_3$  при повышении давления до 31 кбар.

#### ***In situ* рентгендифракционное исследование с использованием синхротронного излучения стидности фазообразования в системе кобальт - индий.**

Химическое взаимодействие между металлами, находящимися в твердом и жидком состоянии происходит в ряде важных технологических процессов: пайка, сварка, спекание порошков, и т.д. Предсказательной теории процессов такого взаимодействия пока нет. На границе раздела твердой и жидкой фаз протекают различные процессы: диффузия, растворение, адгезия и др. Скорости протекания этих процессов будут определять общий ход процесса, знание направлений поможет в разработке теории взаимодействия между металлами в твердом и жидком состоянии.

Исследовалось взаимодействие в системе кобальт-индий при различных температурах и различных режимах нагрева. Как установлено путем дифракционных исследований, в результате взаимодействия индия и кобальта при температуре ниже температуры плавления индия образуются интерметаллиды  $\text{CoIn}_3$  и

$\text{CoIn}_2$ . При этом видно, что размер кристаллитов интерметаллических фаз крайне мал. Это говорит о высокой скорости диффузии индия в кобальт.

При быстром нагреве, до температуры выше температуры плавления индия, происходит взаимодействие интерметаллида  $\text{CoIn}_3$ , образовавшегося в результате диффузии с жидким индием. Происходит переход интерметаллида  $\text{CoIn}_3$  и кобальта в жидкую фазу. Из дифракционных картин видно что, рефлексы от  $\text{CoIn}_3$  не формируют непрерывные кольца, это говорит о том, что размеры кристаллитов  $\text{CoIn}_3$  значительно превосходят размеры кристаллитов  $\text{CoIn}_2$ , и их образование происходило из жидкой фазы. Путем накопления экспериментальных данных был разработан подход к созданию теории физико-химических взаимодействий в различных системах твердый металл – жидкий металл.

Химическое взаимодействие веществ, находящихся в твердом и жидком состоянии, может развиваться по двум направлениям. Если скорость диффузии растворителя в твердофазном компоненте больше, чем скорость растворения твердофазного компонента в растворителе, то реакция идет путем диффузии жидкого компонента в твердую матрицу. При этом на границе раздела образуется продукт реакции, через который и диффундируют во встречных направлениях атомы компонентов. Считается что, поток атомов легкоплавкого компонента больше, чем поток атомов тугоплавкого компонента. Избыток атомов приводит к разрушению кристаллитов продукта, к уменьшению их размеров или областей когерентного рассеяния. На рентгендифракционной картине дифракционные кольца от продуктов реакции должны выглядеть ровными, состоящими из большого количества маленьких рефлексов. За счет диффузии жидкофазного компонента в твердой фазе возникает градиент концентраций. Если в системе взаимодействующих веществ имеются различные соединения, то по мере продвижения от границы контакта вглубь твердофазного компонента, с уменьшением концентрации жидкофазного компонента будут образовываться соединения, наиболее отвечающие этой концентрации.

Если процессы растворения протекают быстрее, чем процессы диффузии, то образование соединений будет происходить в жидкой фазе после достижения определенной концентрации, при которой размер зародышей превысит критический размер, либо в зоне контакта, либо в некотором отдалении от нее. При этом атомы твердофазного компонента будут преимущественно окружены атомами жидкофазного компонента. И если в системе взаимодействующих веществ имеется несколько соединений, существующих при данной температуре, то будет образовываться соединение с максимальной концентрацией жидкофазного компонента. Так как рост кристаллитов продуктов реакции будет происходить в жидкой фазе, то размер кристаллитов продукта реакции может во много раз превышать размер кристаллитов исходной

твердой фазы, что должно найти отражение в получаемой дифракционной картине. В случае, если в системе взаимодействующих металлов, твердофазного компонента взято с избытком, по отношению к стехиометрическому. То после расходования жидкофазного компонента на образование интерметаллида с максимальным содержанием жидкофазного компонента взаимодействие прекращается и даже длительная выдержка не приводят к образованию интерметаллида в более высоким содержанием твердофазного компонента.

#### Разработка методики совместного анализа фазового и элементного состава образца.

Жесткое синхротронное излучение вызывает флуоресцентное излучение от атомов образца. Появляется возможность определять по К-или L-линиям практически все элементы за исключением самых легких (H-Al). Если расположить энергодисперсионный детектор сбоку от образца (Рис. 6.2.25), то он будет регистрировать флуоресцентное излучение, а двухкоординатный детектор, поставленный перпендикулярно первичному пучку, дифрагированное. Таким образом одновременно будет определяться фазовый и элементный состав в одном и том же объеме вещества. Это особенно удобно для исследования образцов, для которых отсутствуют исходные данные о входящих в них элементов, либо распределение элементов по образцу неоднородно. К таким образцам относятся геологические, археологические, криминалистические и другие образцы. На Рис. 6.2.26 и Рис. 6.2.27 представлены дифрактограмма и спектр флуоресцентного излучения от фрагмента изделия из кургана древних хуннов. По дифракционным и спектральным данным можно утверждать, что фрагмент изделия состоит из следующих фаз: меди, свинца и интерметаллической фазы  $Cu_3Sn$ . Остальные элементы либо не образуют собственных фаз и входят в основные фазы в виде примеси, либо они образуют очень мелкие кристаллиты и на дифракционной картине их пики сливаются с другими.

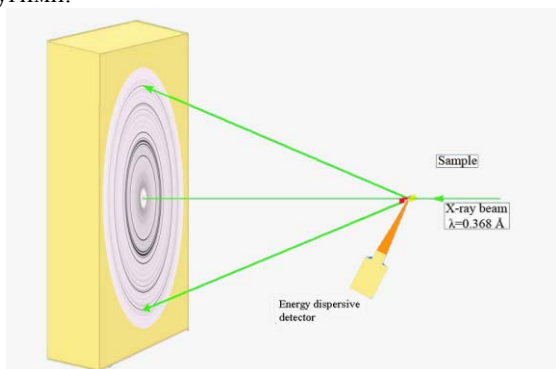


Рис. 6.2.25. анализа фазового и элементного состава образца.

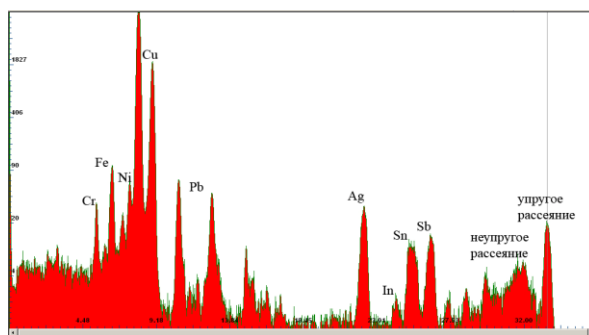


Рис. 6.2.26. Спектр флуоресцентного излучения от образца.

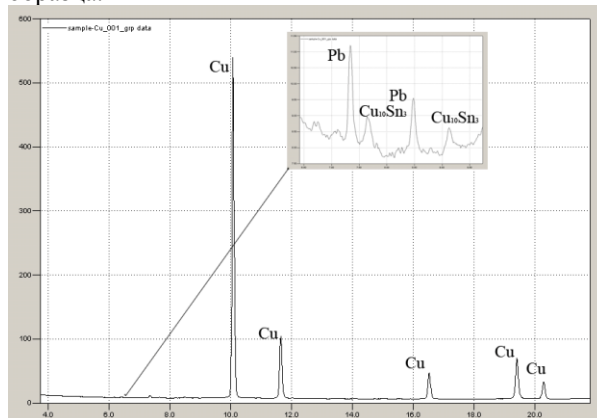


Рис. 6.2.27. Дифрактограмма от указанного образца.

#### 6.2.6. Станция – «Дифракционное кино».

Станция предназначена для дифракционных экспериментов с временным разрешением, в том числе и в малых углах, дифрактометрия общего назначения.

Участвующие организации:

- Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН;
- Институт ядерной физики имени Будкера СО РАН;

#### Примеры работ в 2014 году:

Ранее было установлено, что при термическом разложении ряда карбоксилатов серебра при определенных условиях происходит образование монодисперсных наночастиц металла диаметром 45-50 нм и формирование из них кубического ( $Fm\bar{3}m$ ) суперкристалла с параметром  $a$  около 100 Å. В связи с этим была поставлена задача попытаться обнаружить подобные явления для других металлов. Для решения этой задачи были синтезированы карбоксилаты никеля, кобальта, свинца. Далее, образцы нагревались в печи с регистрацией дифрактограмм с помощью ОД-3М-350 в области углов  $2\theta \sim -4 \div 27$  градусов при длине волны  $\lambda = 1,516$  Å. Полученные данные показали, что после 1-2 фазовых перехода указанные соединения либо плавятся, либо разлагаются с плавлением без образования упорядоченных структур. Возникла идея исследовать влияние образующихся при разложении ста-

рата серебра (AgSt) наночастиц металла на разложение смесей со стеаратами других металлов – Ni, Co, Cu. В частности, смесь состава AgSt:NiSt 3:1 была нагрета до 245 °С со скоростью 10 °С/мин. Динамика дифрактограмм представлена на Рис. 6.2.28.

Видно, что при температуре около 235 °С образуется некоторая упорядоченная структура, отличающаяся от таковой для чистого стеарата серебра – вместо интенсивного пика (111) и быстро уменьшающихся по интенсивности других пиков, характерных для ОЦК-структуры (Рис. 6.2.29, а), наблюдается довольно широкая область сравнимых по интенсивности пиков (Рис. 6.2.29,б).

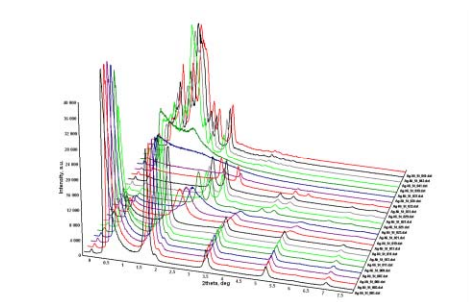


Рис. 6.2.28. Динамика дифрактограмм в смеси AgSt+NiSt при нагреве.

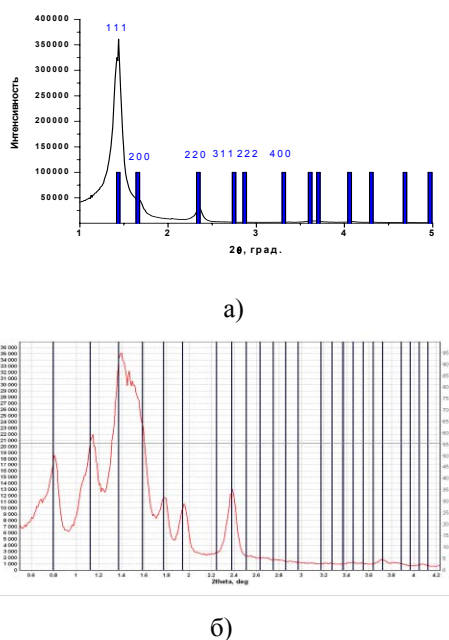


Рис. 6.2.29. Дифрактограммы продуктов разложения чистого AgSt (а) и смеси AgSt:NiSt (б).

В пределах ошибок структура может быть описана как кубическая примитивная с параметром ячейки  $a \sim 109 \text{ \AA}$  (Рис. 6.2.30). На текущий момент ведется определение условий её образования и существования, а также моделирование расчетной дифрактограммы.

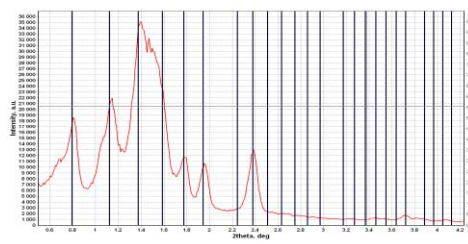


Рис. 6.2.30. Дифрактограмма продукта разложения смеси AgSt-NiSt<sub>2</sub> и штрих-диаграмма примитивной кубической решетки с параметром  $a=109 \text{ \AA}$ .

### 6.2.7. Станция – «EXAFS - спектроскопия».

Станция «EXAFS-спектроскопии» предназначена для получения спектров рентгеновского поглощения (EXAFS и XANES) различных, как правило, рентгеноаморфных образцов, в жидкофазном и твердом состояниях. Полученные данные позволяют определять электронное строение, а также структуру – параметры ближнего локального окружения (координационное число, межатомные расстояния) исследуемых ионов, в том числе и для образцов, для которых неприменимы рентгенографические структурные методы.

Участвующие организации:

- Институт физики полупроводников СО РАН;
- Институт неорганической химии СО РАН;
- Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН;
- Сибирский Федеральный Университет, г.Красноярск;
- Институт химии и химической технологии СО РАН, г.Красноярск;
- Институт Ядерной Физики СО РАН.

В 2014 году работы на станции проводились при финансовой поддержке следующих проектов и договоров:

- Программа № 24 «Основы фундаментальных исследований нанотехнологий и наноматериалов», проект № 69 «Применение EXAFS и XANES спектроскопии для исследования микроструктуры SiGe квантовых колец на поверхности Si(100), квантовых точек GaN/AlGaIn и сверхрешеток AlGaIn/AlN с квантовыми ямами». Координатор Эренбург С.Б.
- 12-02-00262-а. Исследование микроструктуры и электронного строения калиброванных кластеров золота в кукурбит[*n*]урилах с использованием XAFS спектроскопии. Руководитель Эренбург С. Б.
- 12-03-00131 Неравновесное фазообразование в трехкомпонентных оксидных пленках, получаемых легированием HfO<sub>2</sub> редкоземельными элементами. Руководитель Смирнова Т.П.



- 12-02-00930-а, Синтез AlGaN/AlN структур с квантовыми точками, исследование их люминесцентных и генерационных свойств при возбуждении низковольтными электронными пучками. Руководитель Пчеляков О.П., ИФП СО РАН, Новосибирск.

Примеры работ в 2014 году:

### Исследование строения комплексов Bi с биоактивными лигандами в растворах с использованием синхротронного излучения.

Достаточно давно известно, что для выполнения определенных функций в живом организме, в частности, для проявления фармацевтических свойств, нужны определенные структурные формы существования как самих биоактивных лигандов, так и металлокомплексов с их участием. Известно также, что для таких комплексов с висмутом наблюдается широкий набор форм, заметно отличающихся по структуре, химическим свойствам, а, следовательно, по функциональным особенностям в живом организме. Образование и существование той, или иной, формы, как правило, связано с особенностями синтеза данного соединения, препарата или лекарства, причем различные формы могут существовать как в твердом состоянии, так и в различных растворах, отличаясь пространственным и электронным строением. Следует отметить, что структурные формы могут меняться и при различных концентрациях комплексов в растворах, что может менять их функциональные особенности в живом организме. Таким образом, весьма актуальными являются усилия координационной и бионеорганической химии по синтезу биоактивных комплексов металлов определенной структуры, обеспечивающие условия синтеза, хранения и введения биоактивных комплексов в организм и присутствие в нем необходимых структурных форм. Лечебные свойства висмута(III) во многом определяются процессами комплексообразования - например, с O,N,S-донорными лигандами, которые зачастую обладают широким спектром биологической активности

### Исследование структуры комплексов висмута(III) с тиомочевинной по данным EXAFS- спектроскопии.

Заметное место в химии висмута занимают его комплексы с тиомочевинной (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C=S (tu).

Основной структурной характеристикой ионов металлов в водных растворах является строение его координационного полиэдра. Согласно результатам квантовохимических расчетов, при отсутствии гидролиза, в сильноокислых водных растворах устойчивыми являются аквакомплексы Bi(H<sub>2</sub>O)<sub>8</sub><sup>3+</sup> и Bi(H<sub>2</sub>O)<sub>9</sub><sup>3+</sup>. По данным EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) и LAXS (Large-Angle X-ray Scattering) в 1,5M HClO<sub>4</sub> доминируют частицы Bi(H<sub>2</sub>O)<sub>8</sub><sup>3+</sup>. В последние годы синтезирован ряд различных кристаллических комплексов висмута(III) с КЧ= 7,8 (КЧ – координационное число) и лигандами, содержащими дитиокарбаматную группу –CSS и координированными двумя атомами S. Известны также комплексы Bi, в которых

основу структуры составляют центросимметричные димеры с лигандами, координированными одним атомом S. В растворе стерические затруднения проявляются в меньшей степени, чем в твердом состоянии, что может приводить к стабилизации в растворе и других пространственных форм.

Для исследований методом EXAFS и XANES спектроскопии были представлены следующие объекты:

1. Твердый комплекс (порошок): Bi(tu)<sub>6</sub>(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>;
2. Раствор состава: 0.1M Bi(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 1.8M (tu) + 1M HClO<sub>4</sub>;
3. Раствор состава: 0.05M Bi(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 1.5M (tu) + 1M HClO<sub>4</sub>.

Установлено, что для неокристаллизованного твердого образца комплекса [Bi(tu)<sub>6</sub>](ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (образец 1) в первой координационной сфере атома Bi присутствуют шесть атомов серы на расстояниях 2,8 – 2,9 Å. Результаты, полученные из EXAFS- измерений для расстояний Bi-S, согласуются с результатами рентгеноструктурных исследований (РСА) для других комплексов висмута(III) с тиомочевинной, согласно которым расстояния Bi-S лежат для них в интервале 2,78 – 2,86 Å. Опираясь на результаты проведенного моделирования EXAFS спектров растворов состава: 0,1M Bi(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 1,8M(tu) + 1M HClO<sub>4</sub> (обр. 2) и 0,05M Bi(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 1,5M(tu) + 1M HClO<sub>4</sub> (обр. 3), предположено образование в них биядерных комплексов висмута, поскольку возможное присутствие атомов серы на расстоянии ~3,3 Å от атомов Bi характерно для мостиковой серы в известных биядерных комплексах Bi с S-координированными лигандами.

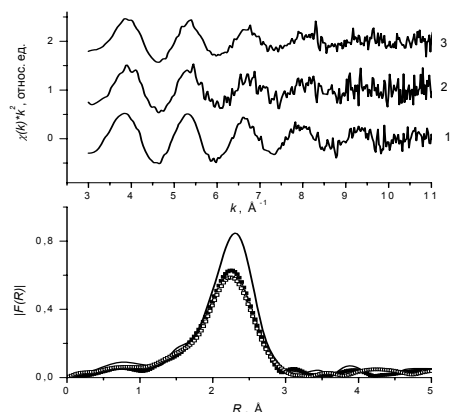


Рис. 6.2.31. BiL<sub>III</sub> EXAFS спектры  $\chi(k)k^2$  (а) и модули их Фурье преобразования для образцов 1 – 3.

### Структурные характеристики К-Bi-цитрата (Де-Нола) в твердой форме и водных растворах различной концентрации по EXAFS спектр.

В начале 80-х годов прошлого века было установлено, что среди причин, вызывающих язвенную болезнь, одной из ведущих является инфицирование слизистой оболочки желудка бактериями *Helicobacter pilory*. Одним из первых антибактериальных препара-

тов, который начали использовать для лечения *Helicobacter pilory* инфекции, стал Де-Нол, выпускаемый фирмой Yamanouchi Еurore (Нидерланды). Фармакологически активной частью препарата является висмута трикалия дицитрат висмута (коллоидный субцитрат висмута) состава  $[\text{Bi}(\text{cit})]^-$  ( $\text{cit}=\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7^{4-}$ ). Препарат выгодно отличается от других солей висмута тем, что обладает способностью растворяться в желудочной слизи, что позволяет ему проникать к *Helicobacter pilory*, которые находятся под её слоем. Растворимость коллоидного субцитрата висмута в 20–100 раз выше, по сравнению с другими висмутсодержащими препаратами.

Как известно, основным структурным элементом в кристаллических соединениях цитрата висмута является стабильный димерный фрагмент  $(\text{cit}^{4-})_2\text{BiBi}(\text{cit}^{4-})$ . При росте кристаллов в структурообразующий процесс включаются молекулы воды, которые с помощью системы водородных связей объединяют структурные элементы в трехмерные каркасы. Поэтому даже небольшие изменения в гидратном составе могут приводить к существенным изменениям структуры соединений. Кристаллы цитратов висмута неустойчивы на воздухе, вероятно, из-за потери воды, поэтому структура твердого кристаллического комплекса может иметь существенные отличия аморфного высушенного и, тем более, от соответствующих структур в растворах. Исследование структуры комплекса в водных растворах представляется особенно важным, поскольку фармацевтическое действие препарата осуществляется именно в растворе и весьма важной может оказаться оптимизация его лечебных свойств через изменение структурных характеристик комплекса в растворе.

С использованием метода EXAFS-спектроскопии определены параметры микроструктуры (межатомные расстояния, координационные числа, факторы Дебая–Валлера) для водных растворов коллоидного субцитрата висмута различной концентрации: 1) с максимальной концентрацией висмута  $\sim 370$  г/л; 2) для концентрированного раствора, разбавленного в 3 раза; 3) разбавленного в 5 раз; 4) разбавленного в 10 раз; для твердых комплексов высушенного коллоидного субцитрата висмута: 5) синтез выполнен в ИХТТМ СО РАН; 6) синтез выполнен компанией Yamanouchi Еurore (Нидерланды).

Установлено, что в водных растворах в координационную сферу атома висмута входят девять атомов кислорода с неравноценными расстояниями Bi–O. Минимальное расстояние –  $2,13 \text{ \AA}$  может соответствовать координации молекул воды ( $N_1=2$ ), расстояние  $\sim 2,42 - 2,53 \text{ \AA}$  – координации гидроксогруппы OH, межатомные расстояния  $2,64 - 2,71 \text{ \AA}$  – координации к атому Vi групп C–O с одинарной связью, расстояния  $2,86 - 2,92 \text{ \AA}$  – координации к центральному атому групп C=O с двойной связью. При разбавлении раствора в 5 и 10 раз часть межатомных расстояний Vi–O несколько уменьшается (на  $\leq 0,1 \text{ \AA}$ ).

Структура твердых форм CBS радикально отличается от соответствующих структур в растворах. В окружении атома висмута находятся три атома кислорода на различных расстояниях ( $2,1 - 2,9 \text{ \AA}$ ).

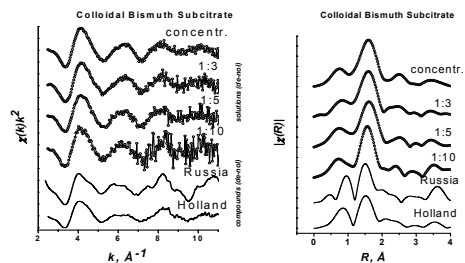


Рис. 6.2.32.  $\text{BiL}_{\text{III}}$  EXAFS-спектры  $\chi(k)k^2$  (а) и модули их фурье-преобразования (б) для исследуемых образцов.

### 6.3. РАБОТА НА ПУЧКАХ СИ ИЗ ВЭПП-4

#### 6.3.1. Станция «Детонация».

Запуск станции на новом канале синхротронного излучения на ВЭПП-4 «Детонация» позволил начать работу с реальными образцами специальных изделий РFYЦ ВНИИТФ диаметром 40 мм и мощностью 200 г в тротиловом эквиваленте. Всего проведено 25 экспериментов.

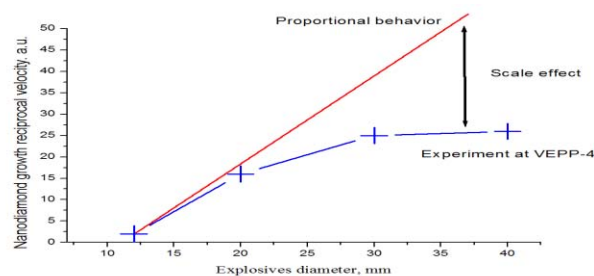


Рис. 6.3.1. Масштабный эффект роста наноалмазов в зарядах взрывчатых веществ разного диаметра системы тротил/гексоген.

Обнаружено, что кинетика образования наноалмазов в реакционной зоне меняется при изменении диаметра заряда. Этот факт можно было бы объяснить изменением геометрии системы, т.е. изменением диаметра, площади детонационной волны, объема, где протекает реакция. Ожидалось, что кинетика образования наноалмазов будет изменяться пропорционально одному из геометрических параметров. Оказалось что это не так: скорость образования алмазов не пропорционально геометрическим параметра (Рис.6.3.1.). Таким образом при образовании алмазов наблюдается масштабный эффект. Полученные данные уже позволят улучшить параметры разрабатываемых специальных изделий.

### 6.3.2. Станция «Фазово-контрастная томография и РФА».

На базе СЦСТИ в 2014 году введена в эксплуатацию новая станция СИ «Фазово-контрастная томография и РФА» использующая излучение 7-ми полюсной змейки накопителя ВЭПП-4М. Станция предназначена для проведения экспериментов в диапазоне энергий фотонов от 30 до 100 кэВ. Станция создана при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (№12 02 12071 офи\_м). Высокая интенсивность источника в жесткой области спектра (более 50 кэВ), в сравнении со спектром на ВЭПП-3, позволяет исследовать образцы с более высокой рентгеновской плотностью, а также проводить эксперименты по исследованию рентгеновской флуоресценции «РФА-СИ» редкоземельных и тяжелых элементов ( $Z > 56$ ) по линиям К-серий. На станции предусмотрен вывод монохроматического пучка с большой апертурой по горизонтали (до 100 мм), что позволяет исследовать крупные образцы. Станция оборудована двухкристалльным монохроматором, работающем в параллельной (бездисперсионной) оптической схеме (n,n). В качестве энергодиспергирующих элементов используются монокристаллы кремния с кристаллографической плоскостью «111». Монохроматор позволяет выбирать требуемую энергию рентгеновских фотонов от 30 до 100 кэВ. Полная мощность СИ, ВЭПП-4М при токе электронов 10 мА, приходящая в район установки монохроматора, составляет 90 Вт. Для предотвращения искажений, вызванных перегревом рентгенооптических элементов, на станции используется охлаждаемый алюминиевый фильтр-поглотитель толщиной 2 мм. Фильтр поглощает до 85% мощности падающего излучения длинноволновой части спектра СИ, не используемой в экспериментах. Экспериментальный объем, находящийся на расстоянии 32 метров от точки излучения, представляет собой радиационно-защищенный бокс, полностью исключающий выход ионизирующего излучения наружу. Внутренние габаритные размеры экспериментального объема остав-

Таблица 6.3.1. Характеристики станции

Энергетический диапазон	30 кэВ – 100 кэВ
Энергетическое разрешение $\Delta E/E$	$2 \cdot 10^{-3}$ или белый пучок
Источник	Вигглер В=1.2 Тл (7 полюсов), $E_{кр} = 12.8$ кэВ ( $E_{эл} = 4$ ГэВ)
Оптика	Двухкристалльный монохроматор в параллельной Брэгговской бездисперсионной схеме (+,-): Кристаллы Si (111) - $2d=6,271$ А
Размер пучка на образце	Максимум: 100x2 мм, Минимум: 1x1 мм.
Детекторы	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si (SDD) Amptek, <math>S = 25</math> мм<sup>2</sup> (площадь кристалла), разрешение 125 эВ на 5.9 КэВ</li> <li>HpGe Canberra, <math>S=10</math>мм<sup>2</sup> (площадь кристалла), разрешение 125 эВ на 5.9 КэВ; разрешение 460 эВ на 122 КэВ</li> <li>Teledyne DALSA CCD, разрешение 8160 x 256 пикселей по горизонтали и вертикали соответственно, размер пикселя 27 мкм</li> </ul>
Экспериментальный объем	Среда – воздух, размер ДхШхВ мм (2000x1000x1000), стенка: 3 мм свинца, окна: 10 мм свинцового стекла ТФ-5 (свинцовый эквивалент 2,5 мм)

ляют  $2 \times 1 \times 1$  м<sup>3</sup> и позволяют размещать в нем все рентгенооптические схемы и оборудование необходимое для экспериментов. Геометрия станции представлена на Рис. 6.3.2. В таблице 6.3.1. приведены рабочие характеристики.

На станции в 2014 году проведены первые эксперименты по РФА-СИ в жестком рентгеновском диапазоне. Получены предварительные результаты по минимальным пределам обнаружения тяжелых и редкоземельных элементов ( $Z = 55-66$ ) по линиям К-серий характеристического излучения, возбуждаемого фотонами с энергией 56 и 70 кэВ. Результаты эксперимента лежат в диапазоне от 0,5 до 2 ppm.

Для получения высокоразрешающих фазово-контрастных изображений на станции в 2014 году разработан и создан рентгеновский интерферометр Талбота. Созданная установка позволяет получать рентгеновские изображения и проводить томографическую съемку образцов диаметром до 80 мм в ультракоротковолновом диапазоне от 0,15 до 0,4 Å (80 - 30 кэВ) с контрастом не менее 0,1%. С помощью рентгеновского интерферометра Талбота в 2014 году получены первые результаты по фазово-контрастным изображениям и получены томографически восстановленные трехмерные структуры крупных образцов с пространственным разрешением 100 мкм.

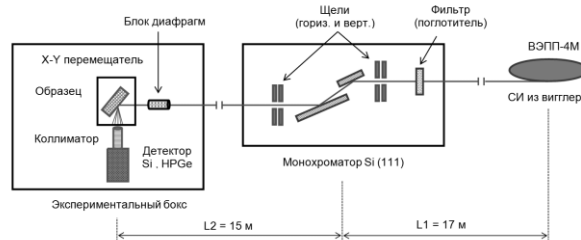


Рис. 6.3.2 Схема эксперимента РФА-СИ на станции «Фазово-контрастная томография и РФА» накопителя ВЭПП-4М.

## 6.4. РАБОТА С ПУЧКАМИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

### 6.4.1. Новосибирский терагерцовый лазер на свободных электронах

Новосибирский лазер на свободных электронах (ЛСЭ) по-прежнему остается самым мощным в мире источником терагерцового излучения. Максимальная величина средней мощности излучения, достигнутая при частоте повторения импульсов 11,2 МГц, составляет 500 Вт. В 2014 году Новосибирский ЛСЭ работал на пользователей около 1000 часов. Работы с терагерцовым излучением выполняли 20 групп из 12 научных организаций Новосибирска, Москвы и Южной Кореи.

В стандартном режиме работы на пользователей при частоте повторения 5,6 МГц средняя мощность

излучения на рабочих станциях зависела от длины волны излучения и настройки ускорительной системы и была порядка 100 Вт. При этом излучение ЛСЭ линейно поляризовано и полностью пространственно когерентно, длина волны перестраивается в интервале 40 – 240 мкм, относительная спектральная ширина составляет менее 1% (полная ширина на полувысоте), а длительность импульсов - порядка 100 пс (полная ширина на полувысоте).

Схема ускорителя-рекуператора (УР) с тремя ЛСЭ, установленными на первой второй и четвертой (ЛСЭ третьей очереди) дорожках, показана на Рис. 6.4.1.

Одной из двух основных задач 2014 года была организация регулярных работ на шести рабочих станциях пользователей. Второй задачей была подготовка к запуску третьей очереди Новосибирского ЛСЭ.

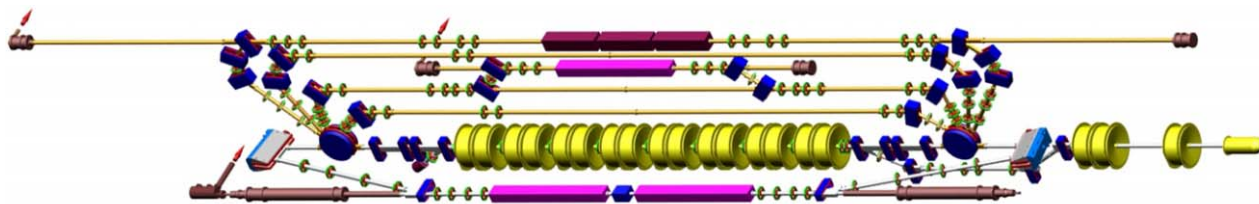


Рис. 6.4.1. Общий вид УР с тремя ЛСЭ, установленными на первой второй и четвертой дорожках.

### 6.4.2. Модернизация ЛСЭ и УР.

Для повышения энергетического акцептанса модернизирована магнитная система ускорителя-рекуператора. Для этого в квадрупольные линзы ахроматических поворотов (см. Рис. 6.4.2) установлены секступольные коррекции. Величина коррекций подобрана так, что повороты стали ахроматическими во втором порядке по отклонению энергии.

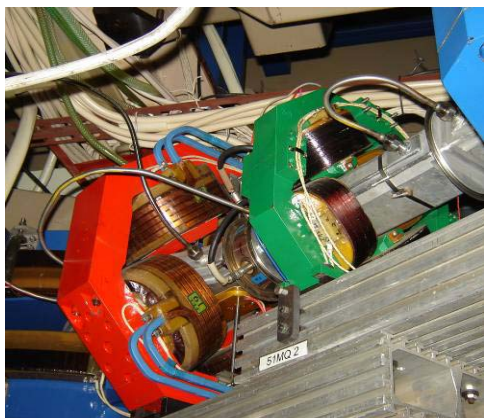


Рис. 6.4.2. Квадрупольные линзы ахроматического поворота.

Собран новый высоковольтный выпрямитель (см. Рис. 6.4.3) для электростатической электронной пушки, начаты его испытания. Его использование существенно понизит пульсации энергии электронов, выходящих из электронной пушки. Замена старого выпрямителя на новый запланирована на 2015 год.

Продолжались работы по повышению тока высокочастотной электронной пушки (см. Рис. 6.4.4) для УР.



Рис. 6.4.3. Новый высоковольтный выпрямитель для электростатической электронной пушки.

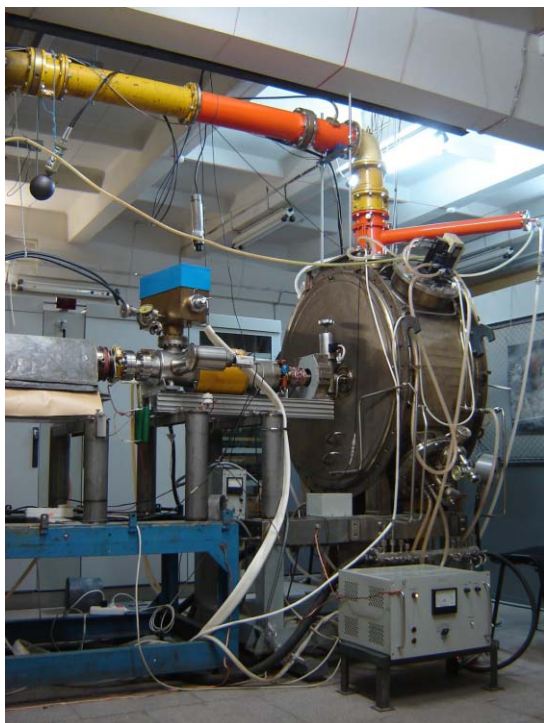


Рис. 6.4.4. Высокочастотная электронная пушка с диагностическим каналом.



Рис. 6.4.5. Вывод излучения на второй этаж. Объемы, где помещены зеркала, соединяются трубами и имеют юстировочные узлы.

### 6.4.3. Создание новых пользовательских станций.

Для строительства новых пользовательских станций спроектировано, изготовлено и собрано продолжение системы распределения излучения. Излучение, выходящее из конца старого канала, направляется на второй этаж (см. Рис. 6.4.5).

На втором этаже смонтирована распределительная система для новых станций, показанная на Рис. 6.4.6.

Продолжались совершенствование существующих экспериментальных станций и работа на них с излучением ЛСЭ первой и второй очередей.



Рис. 6.4.6. Горизонтальный распределительный канал в зале, предназначенном для новых пользовательских станций.

#### 6.4.4. Развитие методов нанодиагностики на базе Новосибирского ЛСЭ.

Разработан метод исследования характеристик поверхностных плазмон-поляритонов (ППП) в терагерцовом диапазоне путем регистрации свободной электромагнитной волны, образующейся при дифракции ППП на краю образца, а также путем регистрации радиационных потерь при движении ППП по цилиндрической поверхности. Показано, что ППП могут «перепрыгивать» на поверхности, расположенные на расстоянии до 100 мкм (Рис. 6.4.7), что важно для создания оптоэлектронных интегральных схем терагерцового диапазона.

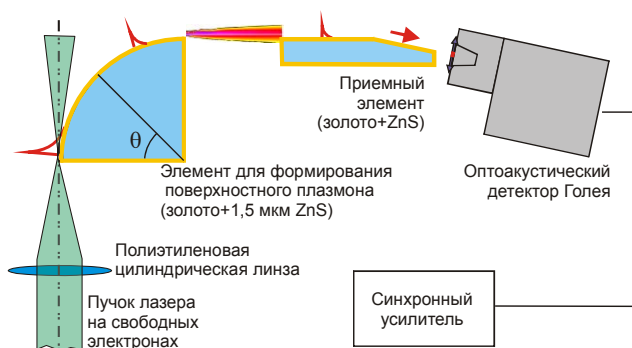


Рис. 6.4.7. Схема эксперимента с «переходом» поверхностной волны через зазор между проводниками.

Впервые зарегистрировано самовоспроизведение волнового фронта, прошедшего через периодические решетки с размером отверстия порядка длины волны.

Эксперименты проводились на двумерных решетках при длине волны 130 мкм. Обнаружено, что даже при толщине медной фольги порядка 0,75 длины волны и таком же диаметре отверстий самовоспроизведение изображения решетки наблюдается, и его положение точно соответствует расчетам по скалярной теории дифракции.

Создана система регистрации слабых импульсов терагерцового излучения на основе криогенного детектора на горячих электронах с использованием специально разработанного синхронного детектора для ближнепольного микроскопа на лазере на свободных электронах. Исследованы характеристики этой системы. Показано, что динамический диапазон при измерениях интенсивности терагерцового излучения на длине волны 130 мкм составил не менее 80, что позволяет вести эксперименты на ближнепольном микроскопе.

Исследованы рабочие характеристики макетного образца спектрально-селективного поляриметра-эллипсометра (рис. 6.4.8) с использованием излучения терагерцового лазера на свободных электронах. В макетный образец эллипсометра добавлен блок нарушенного полного внутреннего отражения, который позволяет исследовать поляризационные характеристики сильнопоглощающих веществ. Сильнопоглощающими веществами в ТГц диапазоне являются все водосодержащие растворы, в том числе биологические растворы энантиомеров. Эллипсометрические параметры самого блока исследованы и находятся в хорошем соответствии с теоретическими расчетами, блок готов для применения к изучению, на первом этапе, тестовых биологических образцов.

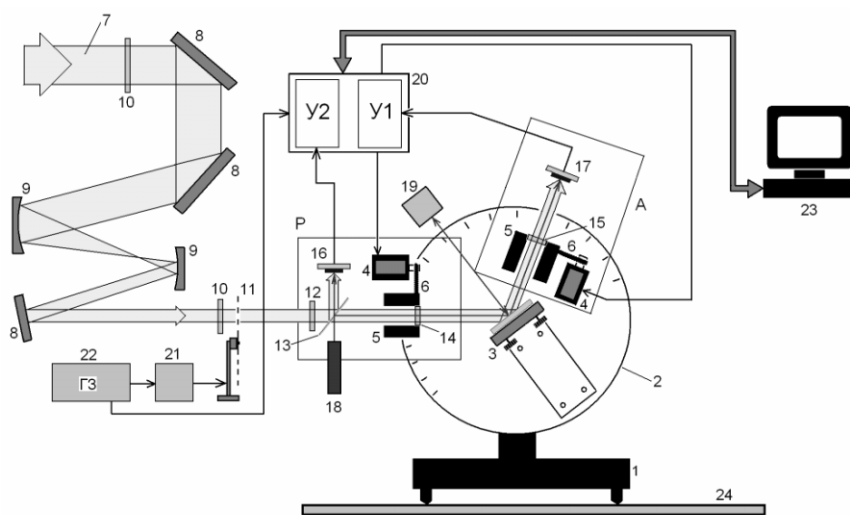


Рис. 6.4.8. Макетный образец спектрально-селективного поляриметра-эллипсометра.

#### 6.4.5. Комплексное исследование терагерцового оптического разряда.

В рамках проекта РФФИ в 2014 году проводились метрологические измерения условий поджига и поддержания квазинепрерывного оптического разряда, а также изучение его динамики. Показано, что этот разряд хорошо описывается классической теорией микроволнового пробоя газа. Определяющим пробойным параметром является произведение интенсивности в фокусе на длительность импульса. При максимальной фокусировке излучения с длиной волны 130 мкм и длительностью импульса 70 пс пробойные интенсивности основных атмосферных газов находятся в диапазоне 1,1-1,4 ГВт/см<sup>2</sup>. Динамика разряда сильно меняется при увеличении мощности излучения от практически независимых отдельных импульсов на частоте 5,6 МГц вблизи пробоя до квазинепрерывного плазменного разряда с газодинамическими частотами колебаний 100-200 кГц.

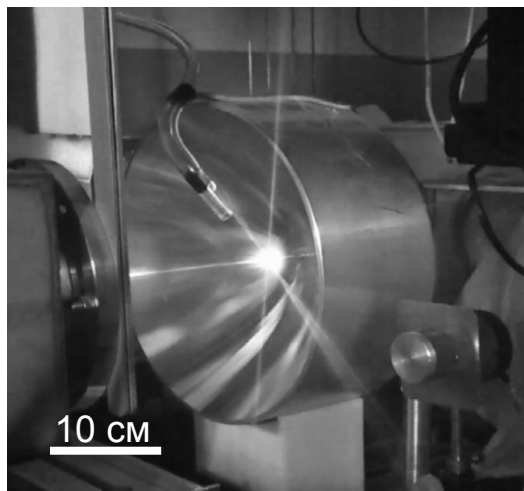


Рис. 6.4.9. Интенсивный плазменный оптический разряд в аргоне на метрологической станции.

В дальнейшем планируется изучение практических применений этого явления, таких как генерация второй гармоники излучения, синтез наноматериалов, создание специфического источника ультрафиолетового излучения и др.

#### 6.4.6. Развитие методов сверхбыстрой терагерцовой спектроскопии молекул.

Продолжались исследования по разработке различных методов сверхбыстрой спектроскопии молекул. В 2014 году в основном обрабатывались методы простейшей аналитической спектроскопии по сигналу когерентного излучения свободной индукции молекул, возникающего после их возбуждения коротким лазерным импульсом. Такие сигналы, подобно спектрам, являются индивидуальной характеристикой молекул во временной области, позволяющей проводить их количественную диагностику за очень короткое время.

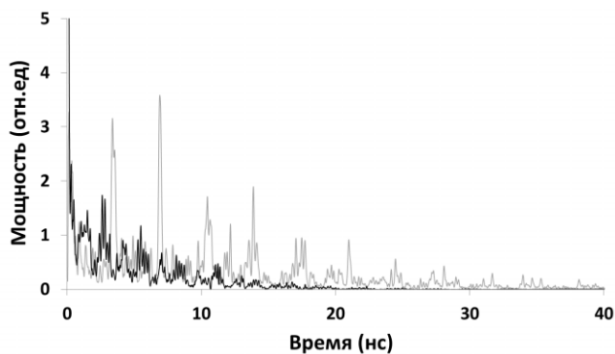


Рис. 6.4.10. Сигналы свободного индукционного затухания близких вращательных линий молекул NO<sub>2</sub> (серый цвет) и CH<sub>3</sub>OH (чёрный цвет), имеющих различную сверхтонкую структуру из нескольких десятков линий. Интеграл перекрытия спектров равен 0.011.

## 6.5. РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ СИНХРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

### 6.5.1. Сверхпроводящие вигглеры.

В 2014 году по контрактам с различными ускорительными центрами были проведены работы как по изготовлению новых сверхпроводящих криогенных магнитных систем, так и по модернизации уже существующих генераторов синхронного излучения (СИ).

В июле 2014 года на накопителе ANKA (Карлсруэ, Германия) был запущен в эксплуатацию 40-полюсный вигглер САТАСТ с магнитным полем 2,5 Тл и периодом 48 мм. При этом было продемонстрировано отсутствие расхода жидкого гелия и отрицательное давление в гелиевом сосуде с понижением температуры гелия до 3,5 К. Это позволило получить повышенную от запланированной величину магнитного поля до 2,9 Тл за счет температурного смещения нагрузочных характеристик используемого сверхпроводящего провода. Данный вигглер предназначен для использования на канале спектроскопии. На Рис. 6.5.1 представлен вигглер САТАСТ, установленный на накопителе ANKA.



Рис. 6.5.1. 40-полюсный вигглер с полем 2,5 Тл и периодом 48 мм установлен на накопителе ANKA (Карлсруэ, Германия) для исследований по спектроскопии.

Многие из ранее изготовленных в ИЯФ вигглеров, работающих теперь на различных накопителях, требуют в настоящее время модернизации. Обновленная конструкция криостатов, разработанных в ИЯФ за последние годы, позволяет проводить их обслуживание не чаще, чем раз в несколько лет за счет отсутствия расхода жидкого гелия. Однако работа на пониженном давлении потребовала доработки уже существующих криостатов для исключения натекания наружной атмосферы и образования льда. В ноябре 2014 года была произведена такая модернизация криостата 27-полюсного вигглера с полем 4 Тл, рабо-

тавшего с 2008 на канале BioMedical Imaging and Therapy (BMIT) на накопителе CLS (Канада). При этом магнитная система не претерпела изменений. На Рис. 6.5.2 представлен процесс установки вигглера на накопитель после модернизации.



Рис. 6.5.2. Установка модернизированного 27-полюсного вигглера BMIT с полем 4 Тл на накопителе CLS (Канада).

Конструкция вигглера CLIC с полем 3 Тл, периодом 51 мм и магнитным зазором 18 мм, изготавливаемого для накопителя ANKA (Карлсруэ, Германия), радикально отличается от всех предыдущих вигглеров. В данном вигглере охлаждение до низких температур производится не жидким гелием, а посредством холодильных машин через механические тепловые контакты и тепловые трубки. Сама магнитная система при этом находится в вакууме. Полноразмерный 72-полюсный безжидкостный вигглер был испытан в 2014 году в собственном криостате и охлажден до температуры  $\sim 3$  К. Первоначально достигнутый уровень стабильного магнитного поля составил  $\sim 2,8$  Тл вместо требуемого 3 Тл. В настоящий момент продолжается тестирование прототипа в различных режимах работы с целью получить требуемый уровень магнитного поля. Запуск полноразмерного магнита с косвенным охлаждением на накопителе ANKA запланирован на июнь 2015 года.





7

РАДИОФИЗИКА И  
ЭЛЕКТРОНИКА



## 7.1. РАЗРАБОТКА АППАРАТУРЫ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 7.1.1. Контроллер ускоряющих ВЧ-станций бустера NICA.

В конце 2014 года успешно завершён контракт с Объединённым Институтом Ядерных Исследований (г. Дубна) по изготовлению и запуску двух ускоряющих ВЧ-станций бустера NICA.

Одним из важных элементов, входящих в комплект поставленного оборудования, является контроллер ВЧ-станций. Наиболее ответственная функция контроллера – это прецизионное измерение магнитного поля в магнитах бустера и генерирование задающего синусоидального сигнала, связанного с измеренным значением поля. Погрешность выдерживания соотношения между полем и частотой должны быть лучше, чем  $5 \cdot 10^{-5}$ , откуда следует, что погрешности измерения поля и динамические ошибки задающего генератора должны быть, по крайней мере,  $2 \cdot 10^{-5}$ .

Кроме отмеченной задачи, контроллер перестраивает в зависимости от этапа работы бустера амплитуду напряжений резонаторов по заданному закону, управляет режимами мощных каскадов станций и следит за их работой. Также контроллер измеряет около двух десятков сигналов, характеризующих поведение элементов станций в течение ускорительного цикла.

Фотография печатной платы контроллера представлена на рис.7.1.1.



Рис. 7.1.1. Фотография печатной платы контроллера ВЧ-станций бустера NICA.

Устройство базируется на одноплатном компьютере с микроконтроллером ARM Cortex-A5 Atmel SAMA5D31, работающем на частоте 536 МГц. Управление периферийными устройствами осуществляется по шинам SPI и I<sup>2</sup>C с тактовыми частотами 60 МГц и 400 кГц соответственно.

Ввиду того, что бустер комплекса NICA ещё только строится, для проверки работы ВЧ-станций было из-

готовлено специализированное устройство – «Тестер ВЧ-станций». Тестер имитировал весь набор сигналов, которые должны поступать от систем бустера, включая и сигнал от индукционного датчика магнитного поля, который генерировался с высокой точностью.

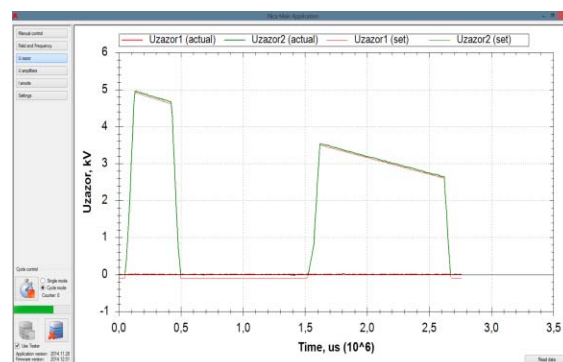
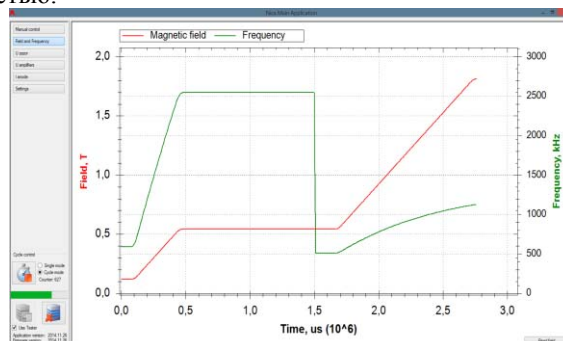


Рис.7.1.2. Окна инженерной программы, подготовленной для настройки и тестирования станций.

Для работы со станциями была написана инженерная программа, позволяющая тестировать оборудование станций и проверять их функционирование в имитируемом «ускорительном» цикле. На рис.7.1.2 показаны окна программы с графиками «поле-частота» и «напряжение на резонаторах» в течение ускорительного цикла.

### 7.1.2. Работы по проекту ЛИУ-20.

В 2014 году активно развивались работы по проекту ЛИУ 20 – линейному индукционному ускорителю на энергию 20 МэВ. Задачей лаборатории на этом этапе была разработка структуры системы управления этой нетипичной для института установки, а также проектирования широкого комплекса аппаратных и программных средств. Опыт, полученный в предыдущие годы при работе над установкой ЛИУ-2, позволил достаточно чётко сформулировать особенности и определить базовые требования к системе управления и контроля нового ускорителя:

- структура системы управления должна базироваться на унифицированных локальных контроллерах, распределённых вдоль установки;
- необходимо обеспечить работу с большим количеством индивидуально подстраиваемых высо-

ковольтных элементов, работающих в наносекундном диапазоне (480 модуляторов только в линейной части);

- следует обеспечить работу с большим количеством импульсных элементов, работающих в микро- и миллисекундном диапазонах (в линейной части - 30 генераторов размагничивания, 72 импульсные линзы, 28 зарядных устройств);
- необходимо осциллографирование всех импульсных процессов в целях получения детальной информации о работе ускорителя, прогнозирования и предупреждения возможных неисправностей;
- в системе управления должны использоваться стандартные протоколы, системные шины, конструктивы;
- следует обеспечить возможность поэтапного наращивания системы управления: 1-й этап – линейная часть с транспортным каналом, 2-й – трёхимпульсный режим, 3-й – многоракурсная рентгенография.

Локальный контроллер управления размещается в стойке конструктива «Евромеханика» и выполняет все необходимые операции по управлению/контролю двумя ближайшими ускорительными элементами (короткими ускоряющими модулями), обеспечивающими приращение энергии пучка на 0,67 МэВ. Структура системы управления на основе локальных контроллеров показана на рис.7.1.3.

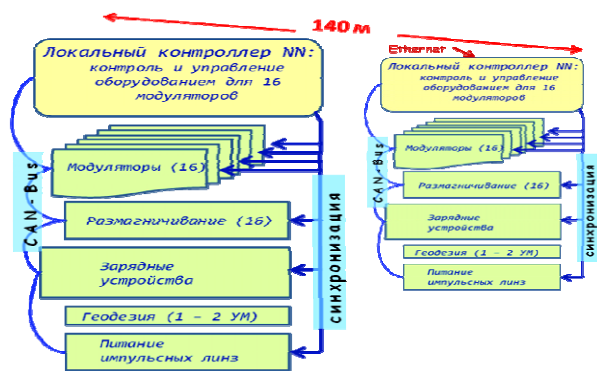


Рис.7.1.3. Структура системы управления линейной части ЛИУ-20.

Интеллектуальным центром локального контроллера является крейт в стандарте VME64. На нижней магистрали крейта в дополнение к спецификации VME64 разведены шины, обеспечивающие ряд возможностей, вызванных особенностями установки. Для технической реализации этих дополнений задействованы резервные шины нижней 64-бит магистрали, что не запрещено стандартом. Структура крейта демонстрируется на рис.7.1.4.

Прежде всего, дополнительные возможности позволяют обеспечить единое время для всех локальных контроллеров и, как следствие, для всех измерительных и управляющих модулей, размещённых в локаль-

ных контроллерах. Для импульсной установки, элементы которой распределены на расстоянии ~200 м, и требующей синхронизации в наносекундном диапазоне времён, наличие единого времени представляется важным. Предполагается иметь единое время с разбросом задержек  $\pm 2$  нс и шумом в несколько десятков пикосекунд.

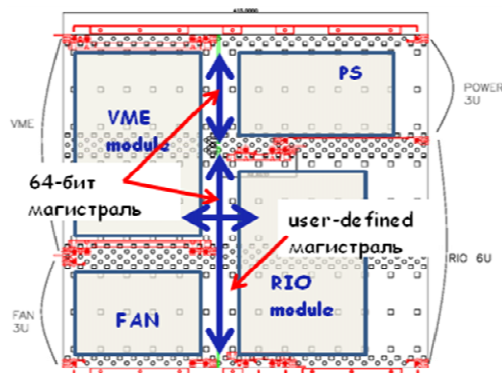


Рис.7.1.4. Поперечный «разрез» крейта VME64BINP.

Далее, дополнительные шины позволят обеспечить раздачу триггерных сигналов на все устройства в крейте, а также разгрузить лицевые панели модулей.

В крейте предполагается использовать VME-контроллер MVME 31006 компании Emerson. Это единственный покупной модуль. Устанавливаемые в крейте модули разработки ИЯФ перечислены в таблице 7.1.1.

Таблица 7.1.1.

Тип модуля	Назначение, параметры, количество в крейте
Системный таймер	4нс дискретность расстановки синхроимпульсов, $\pm 2$ нс погрешность межмодульной синхронизации, синхрочастоты на шине VME 10, 10 МГц, 8каналов TTL триггеров. 1 модуль/крейт
ADC 4x250	«Быстрый» осциллографический мониторинг, 4 синхронных канала, 4 нс/точку, 100 МГц, 0,5, 1, 2, 4 В, 700 кСлов/канал, 6 модулей/крейт
VME $\leftrightarrow$ CAN	2 Master канала, 125 кбит/с до 1 Мбит/сек скорость обмена, CAN Specifications 2.0
ADC 132	«Медленный» осциллографический мониторинг, 32 мультиплексированных канала, 1 мкс/канал, 100 кГц, 0,5, 1, 2, 4 В, 80 кСлов/канал, 2 модуля/крейт
Таймер VME DL250	16 каналов, 4 нс дискретность перестройки, 300 мкс диапазон перестройки, 0,5 мкс – длительность вых. импульса, 4 модуля/крейт
RIO-модуль VME F16	16 каналов, 200 мА выходной ток, 10 В@50 Ом, 5 нс фронт, защита от к.з., 4 модуля/крейт

### 7.1.3. Интеллектуальная электроника для кулеров.

Работы по электронике для кулеров велись в двух направлениях. Первое – модернизация и различные доработки электроники кулера, поставленного ранее в COSY. Модернизация заключалась в следующем.

1. Замена системы связи «земли» с высоковольтным терминалом на более помехозащищённую. Новая связь имеет два существенных преимущества – многолучевой радиосигнал (технология ММО) и удаленная диагностика уровня сигнала. Кроме того, частота несущей радиосигнала у новых устройств находится в менее «шумном» диапазоне 5 ГГц. Работы по замене системы связи и установке нового оборудования прошли успешно в феврале 2014 года.

2. Разработка и запуск в COSY в ноябре 2014 года электронного устройства, названного Data-Logger. Это устройство позволяет в режиме реального времени с темпом 10 мс/отсчёт выполнять сбор аналоговых и логических данных, доступных ему в высоковольтном терминале, оцифровывать и сохранять их в сжатом виде на стандартный USB-Flash носитель. Помимо этого, есть опция фиксации текущего CAN-трафика, набираемого за каждые 10мс, также имеется встроенный микрофон с опцией записи окружающего звука. Встроенный аккумулятор обеспечивает работу до 20 минут без внешнего питания, также есть опция включения логирования в заданное время, благодаря встроенным часам.

Второе направление работ 2014 года по аппаратуре для установок электронного охлаждения – это проектирование системы управления и изготовление различных измерительных/управляющих устройств для кулера комплекса NICA.

В результате проектирования сформирована общая структура системы управления, схема соединений элементов этой системы, детальная схема для шкафа высоковольтного терминала. Основываясь на общей структуре, был сформирован, изготовлен и подготовлен к запуску комплект малосигнальной управляющей и измерительной электроники.

В отличие от предыдущих установок электронного охлаждения, в кулере для комплекса NICA необходимо перестраивать напряжения на управляющих электродах в зависимости от текущего этапа ускорительного цикла бустера. Такая перестройка потребовала спроектировать электронные блоки, способные с высокой точностью (0,1%) и достаточно высокой скоростью (время установления менее 10мс) перестраивать выходные высоковольтные напряжения в биполярном режиме с размахом до 6кВ на 20-метровой кабельной нагрузке.

Для организации временной диаграммы было принято решение использовать табличный режим управляющих CAN - модулей для формирования соответствующих напряжений. Возможность реализации синхронной работы по таблицам, инициируемой об-

щей broadcast – командой всем модулям, была подтверждена экспериментально и впервые будет применяться в управлении кулером.



Рис.7.1.5. Оборудование прецизионной системы стабилизации напряжения 60 кВ.

Весьма сложной была работа по прецизионной стабилизации напряжения 60 кВ. Для качественного функционирования кулера необходима стабильность этого напряжения на уровне  $10^{-5}$ . Добиться такого качества стабилизации возможно только с помощью комплекса специальных мер: правильной конструкцией высоковольтного делителя, его термостабилизацией, соответствующими схемотехническими решениями в электронике.

Фотография оборудования системы стабилизации представлена на рис.7.1.5. Высоковольтный делитель, помещённый в разносящие потенциал кольца, погружается в бак с маслом, температура которого стабилизируется с точностью  $\pm 1$  C°. Вся электроника устанавливается на плоских стенках бака и термоизолируется, вследствие чего платы с компонентами также имеют постоянную температуру. Во второй половине 2015 года предполагается начать работы по интегрированию устройств стабилизации в структуру высоковольтного источника 60 кВ.

### 7.1.4. Новые системы магнитных измерений.

Традиционной задачей радиофизической лабораторий является обеспечение аппаратными и программными средствами работ по магнитным измерениям. Одна из новых работ этого направления, выполненных в 2014 году – это магнитные измерения спиральных ондуляторов на постоянных магнитах, созданных в ИЯФ для Брукхэйвенской лаборатории (рис.7.1.6). Впервые магнитные измерения выполнялись с помощью трёхкоординатного датчика Холла. Для работы с этим датчиком была модернизирована стандартная электроника холловских измерений и доработано про-

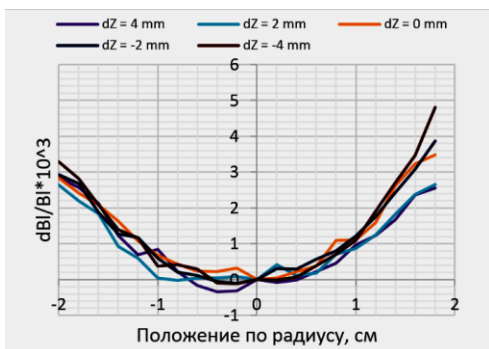
граммное обеспечение. Точное измерение координаты обеспечивалось с помощью лазерного интерферометра, VME-адаптер для которого разработан в лаборатории.

Новая техника и программы позволили получить погрешность измерения первого интеграла –  $\pm 10$  Гс·см, что является очень хорошим результатом для холловских измерений.



Рис.7.1.6. Вверху - спиральный ондулятор на измерительном стенде. Внизу – фотография трёхкоординатного датчика на каретке.

Для выполнения контракта по изготовлению и поставке импульсных дипольных магнитов (TPD) для Flash III (DESY, Германия) использовался стенд импульсных магнитных измерений на базе интеграторов VsDC2. Поле в магнитах достигает 1,2 Т, первый интеграл поля в области  $\pm 10$  мм по вертикали и  $\pm 5$  мм по горизонтали не должен выходить за диапазон  $\pm 10^{-3}$  от номинального значения.



7.1.7. Графики поперечного распределения интегралов поля на разной высоте для TPD магнита.

Результаты измерения поперечного распределения первого интеграла поля для разной высоты представлены на рис.7.1.7.

Из графиков видно, что погрешность измерений импульсных магнитных полей не хуже, чем  $5 \cdot 10^{-4}$ .

### 7.1.5. Производство контроллеров источников питания корректирующих магнитов для European XFEL.

Контроллер источников питания корректирующих магнитов для европейского лазера на свободных электронах (European XFEL) реализует все функции управления мощными узлами источника. Он содержит 18- битовый ЦАП, задающий величину выходного тока, многоканальный 24-разрядный аналого-цифровой преобразователь, обеспечивающий измерения ряда напряжений, регистры ввода/вывода и CAN bus интерфейс для стыковки с системой управления установки.

В апреле 2014 прототипы источников питания, включая и контроллер, полностью прошли тесты на соответствие европейским стандартам в лаборатории TÜV NORD CERT GmbH, Abteilung EMV Services, EMC-Laboratory. Как следствие, институт получил право маркировать выпускаемую электронику значком соответствия CE, и было разрешено начать выпуск источников.

В августе 2014 было успешно запущено управление источниками от программного обеспечения, подготовленного в DESY, а в конце 2014 начато производство первой партии источников. На рис.7.1.8 показана часть из первой партии контроллеров, изготовленных в компании НЭК в Новосибирске.



Рис.7.1.8. Первые серийные контроллеры.

Выпуск большим тиражом сложной электроники невозможен без соответствующих стендов и тестового программного обеспечения. Такая работа начата в конце 2014 года. Её результатом явилось изготовление стенда, позволяющего одновременно протестировать 7 источников MPS-10 или MPS-5. Фотография стенда представлена на рис.7.1.9.

Каждый канал в блоке имеет два разъема: один - для подключения проверяемого источника, другой - для нагрузки.

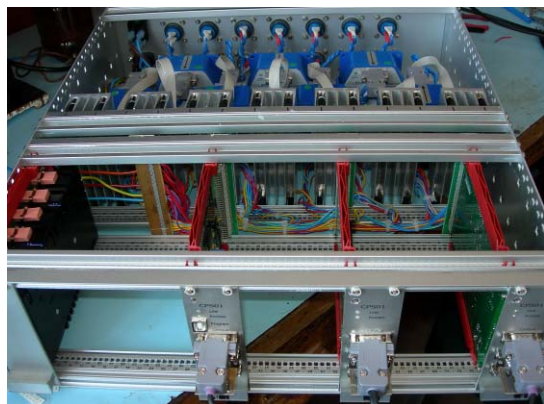


Рис. 7.1.9. Стенд для тестирования источников MPS-10 и MPS-5.

Ток в нагрузку измеряется с помощью стабильного бесконтактного шунта, прокалиброванного в рабочем температурном диапазоне. Все полученные данные по CAN линии передаются в компьютер для анализа и подготовки паспорта источника.

### 7.1.6. Исследования по широкополосной стабилизации ведущего поля ВЭПП-4М.

В 2014 году продолжились работы по созданию системы широкополосной стабилизации основного поля в кольце ВЭПП-4. Успешное проведение СРТ-экспериментов, которые планируются на комплексе ВЭПП-4М, напрямую зависит от долговременной стабильности и уровня пульсаций ведущего поля в полосе до нескольких десятков герц.

Для подавления пульсаций в полосе до 50 Гц создаётся система широкополосной стабилизации. Её структура представлена на рис. 7.1.10.

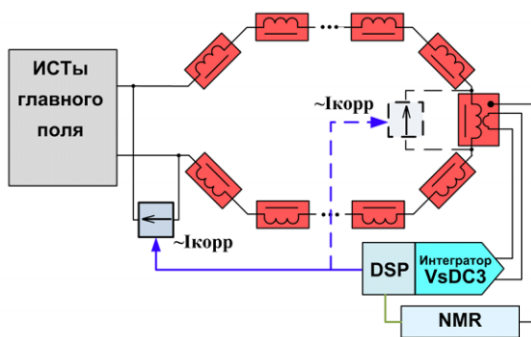


Рис. 7.1.10. Структура системы широкополосной стабилизации ведущего поля ВЭПП-4М.

Индукционный датчик располагается в калибровочном магните, сигнал с датчика обрабатывается цифровым интегратором VsDC3, вычисляющим величину кода ЦАП генератора тока коррекции, который

подключается параллельно ИСТам главного поля. Медленная коррекция по показаниям ЯМР реализуется в этой же структуре. Режим работы и параметры обратной связи задаются с компьютеров пультной ВЭПП-4. На рис. 7.1.11 продемонстрирован результат работы системы широкополосной стабилизации. Показаны два вида графиков: спектры пульсаций и интегральные пульсации в зависимости от полосы частот до включения коррекции и после.

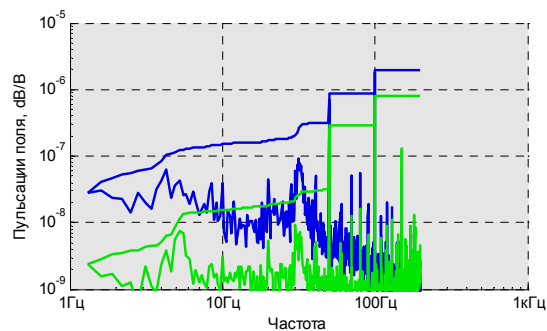


Рис. 7.1.11. Пульсации поля в зависимости от частоты до включения стабилизации (верхние кривые) и после (нижние кривые).

В 2015 году эффективность широкополосной системы стабилизации будет проверена в экспериментах по физике высоких энергий.



## 7.2. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАКОПИТЕЛЯ БЭП

В Институте завершаются работы по созданию новой высокочастотной (ВЧ) системы накопителя БЭП, являющегося инжектором ускорительного комплекса ВЭПП-2000. Новая ВЧ система позволит увеличить энергию частиц в БЭП с 0,9 до 1 ГэВ. ВЧ система работает на частоте 174 МГц (13-я гармоника частоты обращения БЭП) и состоит из ускоряющего резонатора, ВЧ генератора мощности и системы управления.

Ускоряющий резонатор – коаксиального типа на максимальное напряжение 120 кВ. ВЧ генератор с максимальной мощностью 20 кВт – с выходным каскадом на тетроде ГУ-92А и транзисторными предварительными каскадами. Передача мощности от генератора в резонатор осуществляется медным коаксиальным фидером с волновым сопротивлением 75 Ом.

В 2014 году резонатор был установлен в кольцо накопителя (рис. 7.2.1); завершен монтаж ВЧ генератора и фидерной линии; подобрана длина фидерной линии, эквивалентная половине длины волны (электрическая длина равна 5,5 длин волн), оптимальной как для режима выходного каскада генератора, так и для устойчивости пучка к синхротронным колебаниям; изготовлены блоки системы управления – умножитель частоты (на 13), гетеродин, регулируемый ВЧ усилитель и предусилитель (100 Вт); перекоммутирована стойка управления.



Рис. 7.2.1. Резонатор в кольце накопителя БЭП

Резонатор был испытан без пучка в составе ВЧ системы БЭП. После тренировки мультипакторного разряда в режиме АРУ по напряжению на резонаторе было получено напряжение 110 кВ. Мощность генератора при этом составила 3,2 кВт.

## 7.3. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ СИСТЕМЫ ИСТОЧНИКОВ ПЛАЗМЫ ДЛЯ МОЩНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ ИНЖЕКТОРОВ ПУЧКОВ БЫСТРЫХ АТОМОВ ВОДОРОДА

В 2014 году в Институте продолжались работы по созданию экспериментальных стендов для исследований прототипа источника быстрых атомов водорода на основе отрицательных ионов: один – для формирования в источнике пучка отрицательных ионов водорода с энергией 120 кэВ и током до 9 А, второй – для ускорения пучка отрицательных ионов водорода с током 1,5 А до энергий 500 – 1000 кэВ.

Эксперименты на первом стенде планируется проводить в два этапа: с током пучка 1,5 А (первая очередь, введена в эксплуатацию в прошлом году) и 9 А (вторая очередь, заработает после модификации оборудования).

В качестве источника плазмы используется высокочастотный (ВЧ) разряд на частоте около 4 МГц. Для работы с током пучка 1,5 А используется один канал ВЧ системы (40 кВт), для тока 9 А будут использоваться четыре независимых канала ( $4 \times 40$  кВт).

Каждый канал ВЧ системы выполнен по схеме каскадного усиления. Сигнал частотой 4 МГц формируется задающим генератором на малом уровне мощности. Частота задающего генератора перестраивается в пределах  $\pm 3,5\%$  системой автоподстройки, отслеживая резонансную частоту колебательного контура, образованного индуктором и керамическими конденсаторами, расположенными на экране ВЧ эмиттера. Резонансная частота этого контура зависит от параметров плазмы и изменяется во время горения разряда. Сигнал от задающего генератора усиливается регулируемым усилителем (РУ), обеспечивающим регулировку уровня выходной мощности и поддержание стабильной амплитуды. С выхода РУ сигнал поступает на транзисторный каскад предварительного усиления. Выходной каскад выполнен на металлокерамическом тетроде 4CW5000E производства компании Eimac (США) по схеме с общим катодом. Каскад предварительного усиления и выходной каскад размещены в шкафу размером  $800 \times 800 \times 2000$  мм.

Высоковольтный источник анодного напряжения (10 кВ) и напряжения экранной сетки (1,5 кВ) – общий для четырёх каналов системы, смонтирован в четырёх шкафах. Габаритные размеры –  $800 \times 2700 \times 2000$  мм. Анодный источник выполнен по трёхфазной трансформаторной схеме, с тиристорным регулированием на входе трансформатора. Выпрямитель выполнен по схеме Ларионова. Источник оснащён системой быстродействующей защиты, снимающей напряжение при пробое в течение 30 микросекунд.

ВЧ мощность подаётся на индуктор плазменного эмиттера, находящийся под потенциалом 120 кВ, через разделительный трансформатор (рис. 7.3.1). Трансформатор – одновитковый, коаксиальной конст-

рукции, магнитопровод набран из 56 ферритовых колец М200ВНП К180х110х20, сгруппированных в четыре столба. Каждое кольцо установлено на радиатор. Трансформатор помещается в сосуд с элегазом. Избыточное рабочее давление до 2 атм. После сборки проводится высоковольтная тренировка трансформатора на воздухе от источника питания с ограничением энергии пробоя.



Рис. 7.3.1. Разделительный трансформатор в баке. Вид через окно вывода мощности.

В процессе тренировки первого трансформатора при атмосферном давлении на воздухе пробивное напряжение повысилось с 30 кВ до 60 кВ. Были проведены испытания трансформатора, заправленного элегазом с избыточным давлением 0,2 атм. При напряжении 120 кВ пробоев не наблюдалось. Во время высокочастотных испытаний обнаружился неравномерный нагрев ферритовых колец. После перераспределения ферритов таким образом, чтобы в каждом сечении столбов были кольца с одинаковыми, предварительно измеренными, параметрами, нагрев стал равномерным, а перегрев не превышал 20 градусов.

ВЧ система первой очереди была введена в эксплуатацию в 2013 году и в 2014 году использовалась в экспериментах с пучком.

Эксперименты на втором стенде планируется проводить, используя один канал аналогичный описанному выше (рис. 7.3.2). Особенностью ВЧ системы второго стенда является то, что всё оборудование размещается на платформе, находящейся под потенциалом 880 кВ по отношению к потенциалу земли.

В 2014 году проведена модификация анодного источника для второй очереди стенда (9 А) – был установлен трансформатор мощностью 400 кВт, заменены элементы выходного фильтра. Закончен механический монтаж ламповых каскадов. Проведены измерения параметров ферритов для всех разделительных ВЧ трансформаторов. Трансформаторы собраны и проведена их высоковольтная тренировка. ВЧ система второго стенда установлена на платформе. Выполнен механический и проводной монтаж системы.



Рис. 7.3.2. ВЧ система второго стенда на платформе 880 кВ.

#### 7.4. УСКОРЯЮЩИЕ СТРУКТУРЫ ССДТЛ ДЛЯ ЛИНАК-4, ЦЕРН

В рамках модернизации инжекционного комплекса ЛНС в ЦЕРН создается Linac4 – новый линейный ускоритель ионов H<sup>+</sup> на энергию 160 МэВ. Linac4 состоит из ускоряющих структур различных типов, оптимизированных для соответствующего диапазона энергий ускоряемых частиц. ИЯФ СО РАН совместно с РФЯЦ-ВНИИТФ разработали, изготовили и поставили в ЦЕРН 7 ускоряющих модулей ССДТЛ (*Coupled Cavity Drift Tube Linac, линейный ускоритель с трубками дрейфа и ячейками связи*) для ускорения частиц в диапазоне энергий от 50 до 104 МэВ. Общая длина секции ССДТЛ Linac4 составляет ~25 м.

Ускоряющий модуль ССДТЛ представляет собой  $\pi/2$ -структуру, состоящую из трех ускоряющих танков (с двумя пролетными трубками в каждом) и двух боковых ячеек связи между ними. Рабочая частота – 352,2 МГц.

В 2014 году проведены настройка и испытания четырех из семи ускоряющих модулей ССДТЛ на стенде в ЦЕРН (см. рис. 7.4.1) в режимах, соответствующих режимам работы Linac4: пиковая мощность > 700 кВт (соответствует напряжению 3,6 МВ на танк и максимальной напряженности поля на поверхности 34 МВ/м), длительность импульса 0,8 мс, частота повторения импульсов - до 2 Гц (по частоте повторения, то есть по средней мощности, испытательные режимы в 2 раза превосходят рабочие).

Четыре модуля ССДТЛ установлены в туннель (см. рис. 7.4.2), проведена их настройка для работы в Linac4, один модуль испытан в составе ВЧ-системы ускорителя.

В первой половине 2015 года будут завершены испытания всех модулей. Проводка пучка через структуры ССДТЛ запланирована на октябрь 2015 – январь 2016. Работа Linac4 в составе инжекционного комплекса ЛНС начнется после LS2 (Long Shutdown, 2018).



Рис. 7.4.1. Подготовка модуля CCDTL к испытаниям в защищенном бункере ЦЕРН.



Рис. 7.4.2. Модули CCDTL в туннеле Linac4.

## 7.5. ВЧ СИСТЕМА БУСТЕРА УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА NICA

В 2014 году успешно завершено выполнение работы по созданию двух высокочастотных (ВЧ) станций для сооружаемого в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ), г. Дубна ускорительного комплекса NICA. ВЧ станции отправлены заказчику и в ноябре этого года успешно проведены их приемодаточные испытания (рис. 7.5.1).

Станции предназначены для установки в Бустер – ионный ускоритель в инжекционной цепочке комплекса и позволяют ускорять ионы  $^{197}\text{Au}^{32+}$  в диапазоне энергий от 6,2 МэВ/нуклон до 600 МэВ/нуклон.

Каждая ВЧ станция обеспечивает ускоряющее напряжение на зазоре 5 кВ в диапазоне частот 0,5 – 5,5 МГц.

Резонатор станции установлен на 4-х опорах. ВЧ усилитель мощности размещен под резонатором в от-

дельном отсеке. Радиостойка с малосигнальной управляющей электроникой устанавливается в радиационно-безопасном помещении.



Рис. 7.5.1. Испытания ускоряющей станции на стенде в ЛФВЭ (фото из еженедельника ОИЯИ «Дубна: наука, сотрудничество, прогресс» №49 (4239) от 19.12.2014)

### 7.5.1. Ускоряющий резонатор.

Ускоряющий резонатор образован двумя отрезками короткозамкнутых коаксиальных линий, разделенных ускоряющим зазором (рис. 7.5.2). В зазоре установлен вакуумно-плотный керамический изолятор. Диаметр вакуумной камеры 160 мм. Вакуумная камера и изолятор находятся под вакуумом, в остальной части резонатора – воздух. Основные параметры резонатора даны в таблице 7.5.1.

Для повышения шунтового сопротивления резонатора воздушное пространство между проводниками коаксиала заполнено кольцами из аморфного железа марки 5В-М. Кольца произведены в России на Ашинском металлургическом заводе по специальному заказу Института. Кольцо имеет размеры  $\varnothing 500 \times \varnothing 250 \times 15$  мм. Модуль относительной магнитной проницаемости материала колец на частоте 1 МГц – не менее 2000, на частоте 5 МГц – не менее 500.

В резонаторе кольца склеены попарно и закреплены в обоймах, прикрепленных к наружной цилиндрической стенке резонатора. Между соседними парами колец есть зазор 10 мм для протока охлаждающего воздуха. Для охлаждения используется часть воздушного потока, охлаждающего генераторные лампы. Нагретый воздух выбрасывается в окружающую среду. При работе в штатном режиме средняя рассеиваемая мощность в кольцах резонатора составляет ~ 3 кВт.

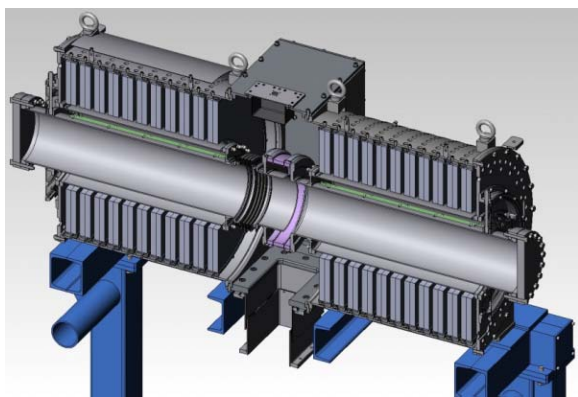


Рис. 7.5.2. Ускоряющий резонатор в разрезе.

Таблица 7.5.1. Основные параметры резонатора ускоряющей станции.

Частотный диапазон, МГц	0,5 - 5,5
Напряжение на зазоре станции, кВ	5
Диаметр вакуумной камеры, мм	160
Вакуум не хуже, Торр	$5 \cdot 10^{-11}$
Внешний диаметр станции, м	1,2
Установочная длина, м	1,4
Активная часть проводимости, приведенная к зазору резонатора, кОм	1,1

Для получения необходимого вакуума производился прогрев вакуумной камеры при температуре  $300^{\circ}\text{C}$ . В результате прогрева получен вакуум  $3 \cdot 10^{-11}$  Торр.

### 7.5.2. Усилитель ВЧ мощности.

Блок-схема усилителя мощности приведена на рисунке 7.5.3. В выходном каскаде усилителя установлены два тетрода ГУ-36Б-1 производства ЗАО «С.Е.Д.-СПб», г. Санкт-Петербург, Россия. Лампы работают с противофазным возбуждением по схеме с общим катодом. Охлаждение ламп – воздушное.

Аноды ламп через блокировочные конденсаторы Сб подключены непосредственно к ускоряющему зазору резонатора. Источник анодного питания  $V_a = +4,5$  кВ подключен к анодам через дроссель Др. Тип используемой намотки позволяет подавить четные гармоники ускоряющего напряжения в зазоре.

Лампы возбуждаются от полупроводникового предусилителя с максимальной выходной мощностью 500 Вт. Максимальная мощность на входе предусилителя – 1 Вт. При испытании станций выходная мощность предусилителя не превышала 200 Вт.

Для уменьшения нелинейных искажений ускоряющего напряжения лампы работают во время ускорения ионов в режиме, близком к классу А. В паузе лампы должны быть заперты для уменьшения средней мощности, рассеиваемой на анодах.

С той же целью постоянная составляющая анодного тока во время ускорения регулируется по заданной программе с помощью цепи обратной связи. На частотах с меньшим сопротивлением нагрузки постоянная составляющая увеличивается. Опорное напряжение для этой цепи вырабатывает ЦАП в системе управления.

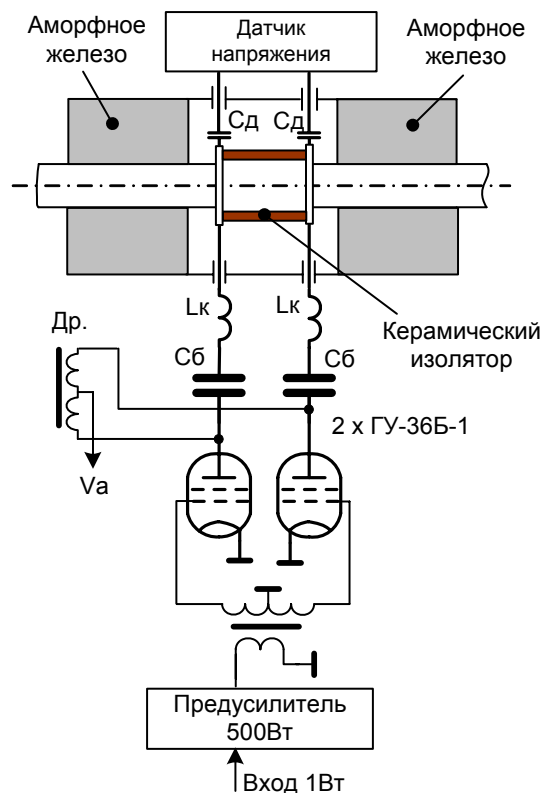


Рис. 7.5.3. Блок-схема усилителя ВЧ мощности.

Максимальная постоянная составляющая тока анода при этом не превышает 8 А на частоте 3,3 МГц, а по краям частотного диапазона ток не более 5 А. Средняя мощность, рассеиваемая на каждом аноде лампы – 4,9 кВт при допустимом значении 15 кВт.

Мнимая компонента относительной магнитной проницаемости материала колец много больше действительной компоненты, поэтому нагрузка ламп, создаваемая собственно пакетом колец, почти чисто активная и составляет примерно 1 кОм. Однако эта нагрузка сильно шунтируется емкостью изолятора и распределенной емкостью линии, заполненной пакетом колец. В результате модуль сопротивления нагрузки ламп уменьшается на краю диапазона (5,5 МГц) почти в два раза. Проблема частично устраняется коррекцией частотной характеристики импеданса с помощью включения последовательно с блокировочными конденсаторами индуктивностей  $L_k \sim 10$  мкГ.

### 7.5.3. Система управления.

Малосигнальная аппаратура управления обеими станциями размещена в стойке SCHROFF высотой 2000 мм и с помощью цепей обратной связи регулирует амплитуду ускоряющего напряжения, постоянную составляющую тока анодов ламп, защищает мощные элементы станции и персонал при возникновении аварийных ситуаций.

Амплитуда ускоряющего напряжения регулируется цепью обратной связи на основе протестированного напряжения от датчика ускоряющего напряжения резонатора. Опорное напряжение приходит от ЦАП. Постоянная времени этой цепи обратной связи – 150 мксек.

Цепи обратной связи регулировки анодных токов ламп – раздельные. Датчиками тока анодов являются измерители на основе элементов Холла. Опорное напряжение от ЦАП – общее для обеих цепей обратной связи. Постоянная времени регулирования ~ 1 мс.

В этой же стойке установлен крейт с компьютерным управлением. Он включает в себя контроллер, связанный с центром управления ускорителя по сети ETHERNET. В число электронных блоков, управляемых контроллером, входят:

- задающий генератор рабочей частоты станций с использованием технологии DDS; частота изменяется в зависимости от сигналов синхронизации, от роста ведущего магнитного поля ускорителя, а также производится коррекция частоты по сигналам с пикап-электродов, установленных в вакуумной камере ускорителя;
- ЦАП для задания ускоряющего напряжения и постоянной составляющей тока анодов;
- АЦП для измерения режимов работы станций;
- управляющие и входные регистры для задания и контроля режимов работы станций.

## 7.6. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СИСТЕМЫ МИКРОТРОНА РЕКУПЕРАТОРА

Высокочастотная (ВЧ) система микротрона-рекуператора новосибирского лазера на свободных электронах включает в себя два ВЧ генератора на частоту 180 МГц с максимальной выходной мощностью до 600 кВт каждый. Генераторы работают в непрерывном режиме. Выходные каскады генераторов – ламповые, четырехмодульные (рис. 7.6.1).

С целью повышения выходной мощности, срока службы и надежности работы генераторов в выходных каскадах была произведена замена тетродов ГУ-101А отечественного производства на лампы ТН-781 фирмы THALES. В 2013 году завершились доработки всех 8-ми модулей выходных каскадов 2-х генераторов и установка в них тетродов ТН-781.



Рис. 7.6.1. Выходной четырёхмодульный каскад генератора с установленными устройствами подавления самовозбуждений.

В 2014 году для увеличения выходной мощности генераторов было повышено анодное напряжение ламп с помощью устройства вольтодобавки (рис. 7.6.2), доработаны источники низковольтного питания управляющих сеток ламп (рис. 7.6.3), разработаны и установлены в выходные каскады устройства подавления самовозбуждений на нерабочих частотах.



Рис. 7.6.2. Трансформатор и диодный мост (справа) вольтодобавки анодного напряжения.

В результате проведенных работ каждый генератор теперь устойчиво работает при выходной непрерывной мощности 620 кВт. Это, в свою очередь, позволило на 10% повысить напряжение на ускоряющих резонаторах и, соответственно, энергию, набираемую электронами.



Рис. 7.6.3. Шкаф низковольтных источников питания с выпрямителем вольтодобавки напряжения смещения (внизу).

## 7.7. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ИНЖЕКТОР ЭЛЕКТРОНОВ ДЛЯ УСКОРИТЕЛЯ РФЯЦ-ВНИИЭФ

В 2014 году в Институте была завершена работа по изготовлению высокочастотного (ВЧ) инжектора электронов для ускорителя РФЯЦ-ВНИИЭФ.

ВЧ инжектор включает в себя:

- ламповый (на тетроде ГУ-92А) усилитель мощности (выходной мощностью в непрерывном режиме до 16 кВт) с транзисторным предварительным усилителем;
- радиостойку с источниками низко- и высоковольтного питания лампового усилителя мощности;
- ВЧ резонатор на частоту 100 МГц с катодно-сеточным узлом, фокусирующим соленоидом и магниторазрядным насосом;
- коаксиальный фидерный тракт для передачи мощности от усилителя в резонатор;
- блок управления катодно-сеточным узлом (модулятор);
- радиостойку с электроникой управления.

В таблице 7.7.1 приводятся основные характеристики ВЧ инжектора.

Таблица 7.7.1. Основные характеристики ВЧ инжектора.

Средний ток ВЧ инжектора, мА	>40
Энергия электронов, кэВ	50÷100
Эмиттанс, мм·мрад	10
Длительность отпирающего импульса модулятора катодно-сеточного узла, нс	1,2
Длительность сгустка в точке максимальной группировки (~ 2 м от катода) при напряжении на резонаторе 100 кВ, нс	0,2
Максимальная частота повторения, МГц	100
Мощность ВЧ генератора, кВт	<16
Допустимый рабочий вакуум, Торр	<10 <sup>-6</sup>

Инжектор успешно испытан на стенде в ИЯФ СО РАН (рис. 7.7.1). Получен проектный средний ток 40 мА в диапазоне энергий 50 – 100 кэВ.

В ходе испытаний подтвердилось предположение о том, что из-за отсутствия бомбардировки катода обратными ионами в ВЧ пушке появляется возможность увеличения среднего тока пучка и времени жизни катодов. Действительно, длительное время испытания проводились при вакууме  $5 \cdot 10^{-7}$  Торр, ограниченном газоотделением из стенок вакуумной камеры стенда диагностики. При этом деградации катода не наблюдалось.

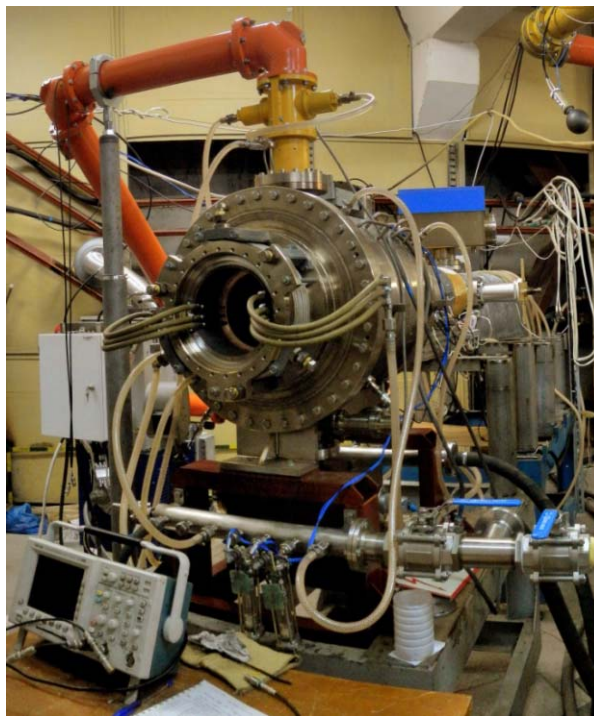


Рис. 7.7.1. ВЧ-инжектор во время испытаний на стенде в ИЯФ СО РАН.

## 7.8. ГЕНЕРАТОР НА ЧАСТОТУ 100 МГц С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 540 кВт В НЕПРЕРЫВНОМ РЕЖИМЕ

В 2014 году продолжались работы по выполнению договора с РФЯЦ-ВНИИЭФ по созданию высокочастотного генератора с выходной мощностью 540 кВт в непрерывном режиме на частоту 100 МГц.

Требуемая мощность получается сложением мощностей трех генераторных модулей на отечественных лампах ГУ-101А. Каждый модуль обеспечивает выходную мощность не менее 180 кВт. Сложение мощностей от трех генераторных модулей осуществляется путем подключения их к выходной двухпроводной линии с шагом, равным половине длины волны. Управление каждым модулем производится независимо. В состав модуля входит предварительный полупроводниковый усилитель с выходной мощностью до 500 Вт, промежуточный каскад усиления на тетроде ГУ-92А мощностью до 10 кВт и выходной каскад на тетроде ГУ-101А. Каждый модуль имеет свои источники высоко- и низковольтного питания.



Рис. 7.8.1 Стенд для испытаний генераторных модулей для РФЯЦ-ВНИИЭФ.

## 7.9. МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ КОМПЛЕКСА «СИБИРЬ-2»

В 2013 году Институт изготовил и поставил в ОУНК ИСНИ Курчатовского НБИКС Центра, г. Москва, элементы для модернизации выходных каскадов высокочастотных генераторов комплекса «Сибирь-2». Три ускоряющих резонатора комплекса возбуждаются двумя генераторами, работающими в непрерывном режиме. В выходном каскаде каждого генератора складываются мощности двух ламповых модулей. В январе – феврале 2014 года сотрудниками Института была произведена замена всех 4-х отечественных тетродов ГУ-101А на тетроды TH-781 фирмы THALES (рис. 7.9.1). Эта модернизация осуществлена с целью увеличения срока службы ламп и повышения надежности работы генераторов. Кроме замены ламп

Первый генераторный модуль (ВЧ-1) изготовлен, испытан и в 2010 году поставлен и сдан в эксплуатацию в РФЯЦ-ВНИИЭФ. В 2013 году был изготовлен второй модуль (ВЧ-2), а в 2014 – третий (ВЧ-3). В 2014 году в защищенном зале Института был создан испытательный стенд (см. рис 7.8.1) для настройки и испытаний отдельных генераторных модулей, а также для тестирования системы сложения их мощностей. На стенде размещены: слева – линия сложения, справа – водоохлаждаемая высокочастотная нагрузка на непрерывную мощность 200 кВт, два генераторных модуля, источники низковольтного и высоковольтного питания модулей, стойки с управляющей электроникой.

На стенде проведены настройка и испытания генераторных модулей ВЧ-2 и ВЧ-3. Каждый модуль был испытан в течение 12 часов при выходной мощности более 180 кВт.

В 2015 году планируется подключить линию сложения и провести испытания по сложению мощностей от двух модулей с суммарной выходной мощностью до 200 кВт.

была проведена настройка предварительных каскадов усиления, выполненных на тетродах ГУ-92А, запущена система защиты каскадов от самовозбуждения на нерабочих частотах и произведена настройка генераторов и фидерного тракта на рабочий режим с пучком в накопителе «Сибирь-2».



Рис. 7.9.1 Панорама генераторного зала комплекса «Сибирь-2» в процессе замены ламп.

8

МОЩНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ  
УСКОРИТЕЛИ





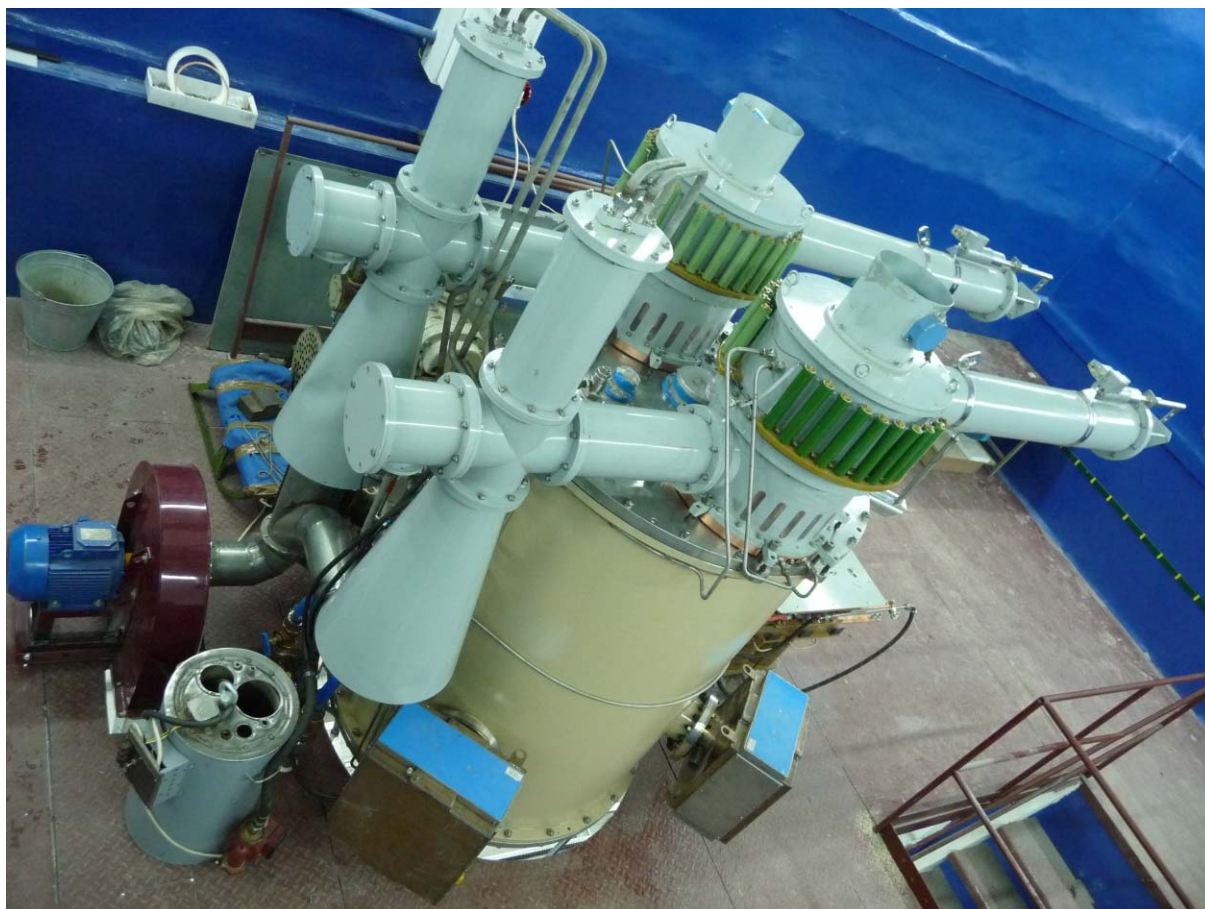


Рис. 8.1.1. Ускоритель ИЛУ-10 в совместной лаборатории НГУ и ИЯФа.

## 8.1. ПОСТАВКИ УСКОРИТЕЛЕЙ ТИПА ИЛУ

Начиная с 1983 года ускорители типа ИЛУ поставляются в промышленность, где они используются для исследовательских работ и для работы в составе промышленных технологических линий. Некоторые из этих машин загружены работой 2-3 смены в сутки на протяжении многих лет и успешно выдерживают подобную нагрузку. Надежность работы ускорителей и их технический уровень подтверждаются новыми поставками оборудования.

Изготовлен и испытан в ИЯФе ускоритель ИЛУ-8 в местной защите и подпучкового устройства по договору с ОАО ОКБ КП, г. Мытищи. Этот ускоритель предназначен для радиационной обработки проводов и кабелей. Монтаж ускорителя у заказчика запланирован на 2015 год.

Ускоритель ИЛУ-10М сдан в эксплуатацию у заказчика – Bhabha Atomic Research Center (BARC), Мумбай, Индия.

Начал работать облучательный центр на основе ускорителя ИЛУ-10 (Рис. 8.1.1) в ИЯФе. Это совместный проект с НГУ, конвейер облучательного центра (Рис.8.1.2) – вклад НГУ. Начато облучение медицинской продукции.

Создана совместная учебно-научная лаборатория радиационных технологий физического факультета НГУ и ИЯФа.

Сдан в эксплуатацию ускоритель ИЛУ-14 в Федеральном медицинском биофизическом центре им. Бурназяна, г. Москва, энергия электронов – до 10 МэВ, мощность пучка – до 100 кВт. Ускоритель снабжен конвертером для генерации тормозного излучения, рассчитанным на мощность пучка до 100 кВт.

Подписан контракт и начаты работы по модернизации ускорителя ИЛУ-10М с целью увеличения мощности пучка с 12 до 50 кВт. Ускоритель будет установлен в Институте ядерной физики в г. Алма-Ата, Казахстан.



Рис. 8.1.2. Коробки с медицинскими изделиями (одноразовой одеждой) на конвейер облучательного центра и выпускное устройство ускорителя ИЛУ-10.

## 8.2. РАЗРАБОТКА НОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЯМИ ИЛУ

Для замены старой системы управления ускорителями ИЛУ (выполненной на устаревшей электронике) были рассмотрены различные современные системы интеллектуального управления на основе программируемых логических контроллеров (PLC), такие как Simatic Siemens, Omron серий SJ, CS, Mitsubishi серия Melsec и т.д. Учитывая жесткие требования к надежности использования в промышленных условиях, большого количества каналов контроля, а главное, требование работы устройства с временной точностью прерываний и генерации импульсов 1-2 микросекунды в реальном времени, был выбран программируемый логический контроллер (PLC) CompactRio производства National Instruments.

Был разработан проект новой системы управления на основе модулей CompactRio, определен набор модулей. Новая система должна включать в себя не менее 110 входов/выходов различного типа и назначения чтобы обеспечить полную замену электронных блоков старой системы управления.

## 8.3. РАЗРАБОТКА НОВЫХ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Совместно с Институтом горного дела СО РАН проводились исследования по радиационной обработке измельченных руд. Облучение большинства рудных образцов привело к уменьшению энергозатрат на последующее измельчение, повышению раскрываемости руды и повышению выхода соединений цветных металлов.

Радиационно-термическая обработка железных руд приводила к фазовым переходам и появлению магнитных свойств у немагнитных соединений железа (происходило, в частности, образование магнетита), что позволило использовать метод магнитной сепарации для дальнейшего обогащения руды.

Совместно с Институтом гидродинамики СО РАН было продолжено исследование влияния облучения на образцы из различных полимеров (полиэтилена, фторопласта и полиметилметакрилата) для изучения изменения прочностных свойств (упруго-пластических деформаций). Цель работы – набор данных для моделей расчёта деформаций.

Продолжены работы по исследованию влияния облучения на образцы из специальным образом приготовленной нейлоновой плёнки с различными пропитками. Цель совместной работы с Институтом химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН – создание протезов кровеносных сосудов. Первые опытные образцы протезов уже успешно вживлены мышам. Конечная цель – нарастание собственных тканей организмов на этих протезах. Проводятся исследования по подбору параметров подготовки образцов и условий облучения на свойства имплантатов.

Возможности процессов электронно-лучевой обработки тяжёлых углеводородных соединений (в том числе - гудрона и пека) изучались совместно с Институтом химии твёрдого тела СО РАН.

Совместно с Институтом химии твёрдого тела проводятся исследования по влиянию радиационной обработки на различные материалы. Проводились исследования процессов радиационно-термического синтеза ферритовых соединений. Исследования структуры образцов проводились с использованием источников синхротронного излучения Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения.

## 8.4. НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ СЕРИИ ЭЛВ

**Поставки ускорителей ЭЛВ.** В 2014 году произведены поставки 4 ускорителей линейки ЭЛВ. Следует отметить, что наметилась тенденция по модернизации поставленных ранее в Россию и страны ближнего зарубежья промышленных ускорителей ЭЛВ, связанная как с ухудшением общей экономической ситуации, так и с замедлением экономического роста и делающая рентабельным использование существующих моделей с мощностью электронного пучка до 50 кВт. Кроме того, возраст работающего парка ускорителей в ряде случаев доходит до 20-25 лет и для обеспечения стабильной и бесперебойной работы оборудования вынуждает эксплуатирующие производства проводить модернизацию устаревших систем управления и питания ускорителей ЭЛВ на современную базу.

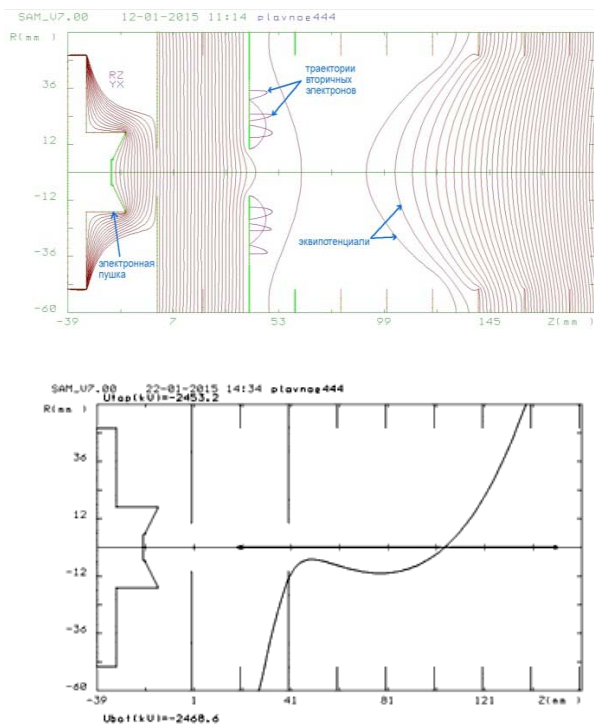


Рис 8.4.1. Система электродов и распределение потенциала в ускорительной трубке.

Для мощных промышленных ускорителей электронов серии ЭЛВ была разработана и успешно применена новая система подавления обменных процессов в ускорительной трубке. Обменные процессы в ускорительной трубке имеют следующий механизм. Ион, ускоренный до полного напряжения и ударившийся в верхний электрод ускорительной трубки, рождает несколько десятков вторичных электронов. Эти электроны ускоряются и, попадая на

металлические поверхности на выходе ускорительной трубки, могут произвести несколько ионов, которые, ускоряясь, двигаются в направлении верхнего электрода. Таким образом, при соответствующих коэффициентах размножения (ион-электронная и электрон-ионная эмиссии) реализуется положительная обратная связь, приводящая к пробое. Использование «запирающего» электрода с потенциалом, пониженным относительно верхнего электрода (Рис. 8.4.1), т.е. электрода, на который попадают ионы, не позволяет вторичным электронам ускориться. Тем самым обменные процессы, приводящие к высоковольтным пробоям, подавляются.

Результатом этой работы стало улучшение эксплуатационных параметров промышленных ускорителей за счет:

- Сокращения на порядок времени вывода ускорителя на максимальные параметры как при первичном монтаже, так и при проведении регламентных работ, связанных с потерей вакуума в ускорительной трубке, таких как смена фольги выпускного окна и замена инжектора электронов.
- Увеличения стабильности тока и энергии электронного пучка
- Повышения надёжности работы ускорителя
- Повышения конкурентоспособности на мировом рынке.

Проводились экспериментальные работы по снижению пульсаций энергии и тока пучка ускорителей ЭЛВ для использования в задачах промышленной томографии. Поскольку пульсации ускоряющего напряжения и тока пучка приводят к нежелательным флуктуациям положения и размера пучка и модуляции интенсивности рентгеновского излучения, то это снижает разрешающую способность и делает невозможным обнаружение слабоконтрастных объектов как, например, пластиковые включения и пустоты. Нашими заказчиками были сформулированы следующие требования к данным параметрам:

- пульсации энергии по уровню  $E=1,0$  МэВ:  
 $\leq \pm 5\%$ ;
- пульсации тока по уровню 100 мА:  
 $\leq \pm 2\%$ .

Как для решения этих задач, так и удовлетворения специфических требований по дизайну на базе ускорителя ЭЛВ4 был разработан и сейчас находится в процессе запуска ускоритель для быстрой томографии, показанный на рис. 8.4.2. Особенностью этой машины является то, что ускорительная трубка может работать при отклонении до 30 градусов к вертикали.

Анализ спектрального разложения сигнала энергии (Рис. 8.4.3) позволил локализовать источники возникновения пульсаций и их вклад в общие пульсации.

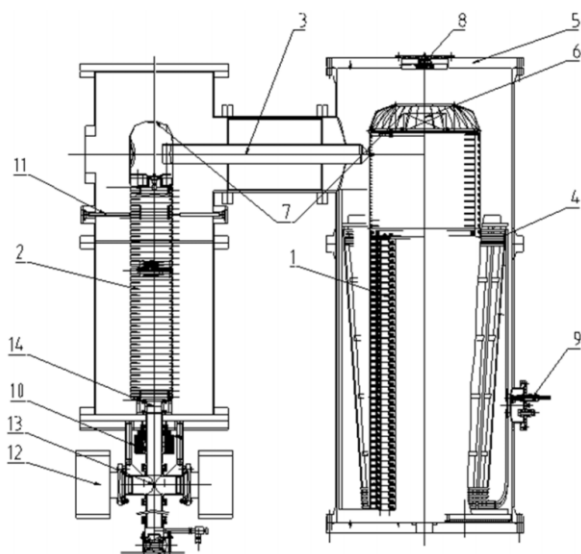


Рис. 8.4.2. 1 – колонна выпрямительных секций; 2 – ускорительная трубка; 3 – газовый фидер; 4 – первичная обмотка; 5 – корпус сосуда высокого давления; 6 – блок управления инжектором; 7 – высоковольтные электроды; 8 – оптические элементы системы управления током пучка; 9 – вводы первичной обмотки; 10 – линза; 11 – опоры для поддержки трубки; 12 – магниторазрядный насос вакуумной системы; 13 – стыковочный узел вакуумной системы; 14 – сифон для крепления ускорительной трубки.

Пик частоты 300 герц обусловлен пульсациям напряжения сетевого выпрямителя инвертора. На входе инвертора установлен шестифазный выпрямитель с фильтрующей емкостью  $C_{\phi}$ . Пульсации напряжения этого выпрямителя с частотой 300 Гц будут вносить свой вклад в пульсации ускоряющего напряжения. Увеличение фильтрующей емкости на входе преобразователя частоты позволило уменьшить эту компоненту пульсаций энергии до 5 кВ, равное  $\pm 0,5\%$  при токе пучка 100 мА, на энергии 1 МэВ (рис 8.4.4).

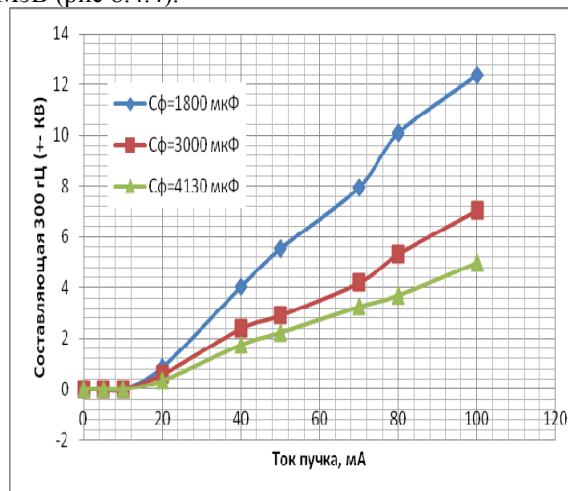


Рис. 8.4. 4. Составляющая пульсаций 300 Гц при разных  $C_{\phi}$  в зависимости от тока пучка.

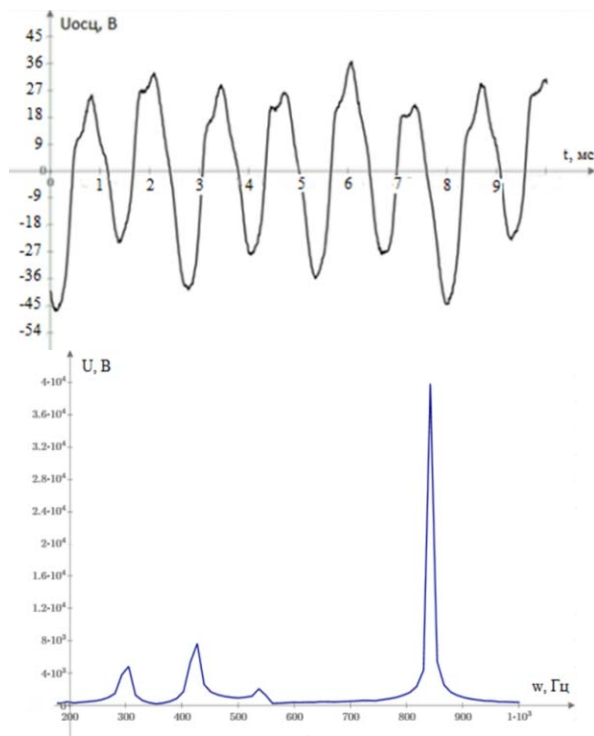


Рис. 8.4.3. Осциллограмма пульсаций энергии при  $E=1\text{МэВ}$ ,  $I_{\text{пучка}}=80$  мА (слева) и спектральное представление сигнала энергии (справа).

Пик с частотой 840 герц (основной) обусловлен двухполупериодным режимом работы высоковольтного выпрямителя. Использование электрической схемы с последовательно-параллельным соединением выпрямительных секций, приведенной на рис. 8.4.5, позволило ограничить пульсации на уровне 6%.

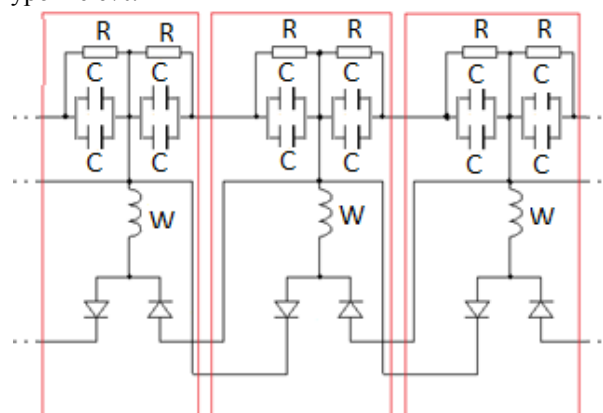


Рис. 8.4.5 Схема соединения выпрямительных секций ускорителя: W- вторичные обмотки,  $C=10\ 000$  пФ - фильтрующие конденсаторы,  $R=200$  МОм – резисторы, обеспечивающие равномерное распределение напряжения между последовательно соединенными конденсаторами

Третий пик имеет частоту питающего напряжения 420 Гц. Его появление связано с тем, что конденсаторы выпрямительных секций в разные полупериоды питаются от разных обмоток. Распределение напряжения по вторичным обмоткам не совсем равномерно, оно слегка уменьшается от центра колонны к ее верхнему концу. Поэтому в тот полупериод, когда конденсаторы заряжаются от верхней обмотки, они получают меньший заряд и наоборот, когда заряжаются от нижележащей обмотки, получают больший заряд, т.е. появляется пульсация с частотой питающего напряжения.

При исследовании пульсаций тока пучка был выявлен эффект Шоттки, заключающийся в том, что ток насыщения катода зависит от величины электрического поля на его поверхности. Катоды в ускорителях ЭЛВ работают в режиме отбора полного тока, т.е. в режиме насыщения. Поэтому, если электрическое поле будет иметь переменную составляющую, то ток пучка будет пульсировать с этой же частотой. Рисунок 8.4.6 показывает появление переменной составляющей электрического поля около катода в ускорителе. Переменная составляющая на первом зазоре ускорительной трубки (прикатодный зазор) возникает из-за неравномерного распределения напряжения пульсаций ускоряющего напряжения емкостным делителем образованным конструктивными емкостями ускорительной трубки.

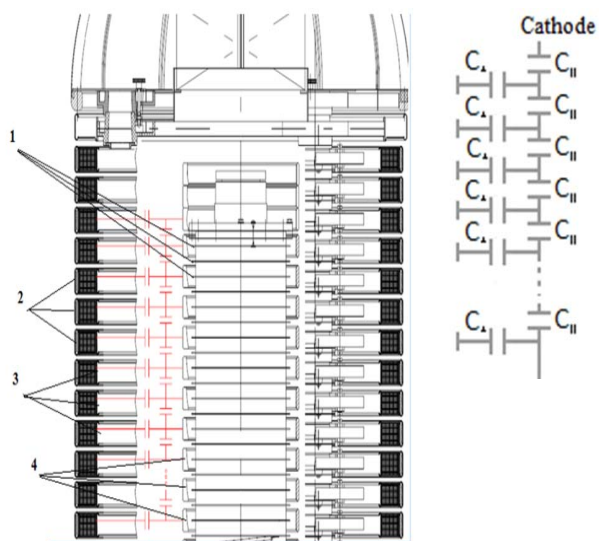


Рис. 8.4.6. Верхняя часть ускорителя ЭЛВ-4. 1 – Электроды на трубке; 2 – внешние экраны вторичных обмоток; 3 – внутренние экраны вторичных обмоток; 4 – Экранирующие кольца.

Снижение пульсаций тока пучка было достигнуто за счет размещения ускорительной трубки вне высоковольтной колонны и использования дополнительного емкостного делителя на верхних электродах ускорительной трубки (рис. 8.4.7).

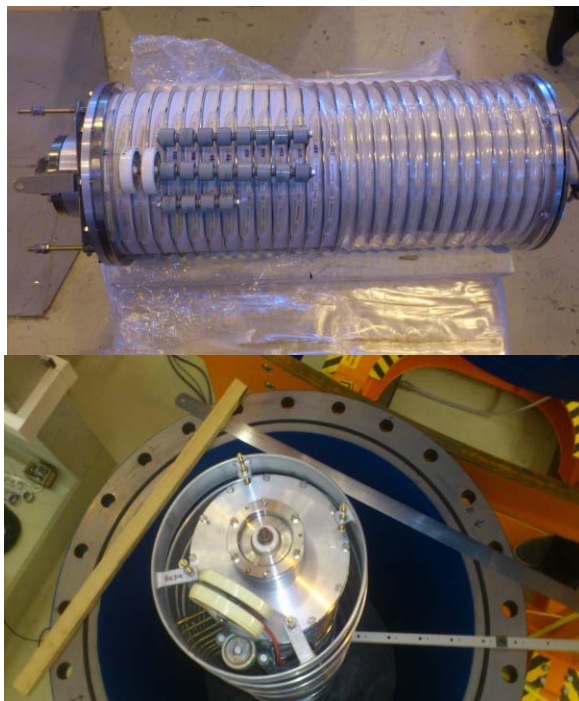


Рис 8.4.7. Добавочные емкости на ускорительной трубке.

В таблице 8.4.1 приведены результаты измерений пульсаций тока с разными подключаемыми на электроды трубки емкостями, где 30 пФ – стандартная емкость между электродами без дополнительных подключений.

Таблица 8.4.1 Результаты измерений пульсаций тока.

Емкость между электродами	30 пФ	310 пФ	590 пФ	3400 пФ
Пульсации тока пучка	± 6%	± 1,3%	± 0,8%	± 0,25%
Пульсации электрического поля около катода	± 21%	± 1,2%	± 0,7%	± 0,14%

В настоящее время произведен монтаж ускорителя ЭЛВ для томографии на площадке заказчика (рис. 8.4.8).

На экспериментальном стенде на базе ускорителя электронов ЭЛВ-6 с выпуском в атмосферу сфокусированного электронного пучка выполнялись работы по двум направлениям:

- наплавка порошковых материалов на металлы;
- получение нанопорошков методом испарения материалов из исходной конденсированной фазы.



Рис. 8.4.8. Собраный ускоритель для томографии.

По направлению наплавка на металлы проводились исследования по наплавке на титановые основы марки ВТ1-0 порошков систем Ti-Ta-Nb и Ti-Ta-Zr с целью формирования коррозионноустойчивых покрытий в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» (Соглашение о предоставлении субсидии от «21» октября 2014 г. № 14.604.21.0135).

На рисунке 8.4.9 показаны результаты испытаний весовым методом нескольких образцов с варьированием химического состава покрытий. Образцы с размерами 1x10x10 мм вырезались из покрытий и помещались в кипящую азотную кислоту с концентрацией 68%. Сравнение производилось с образцами чистых титана, ниобия и тантала того же размера.

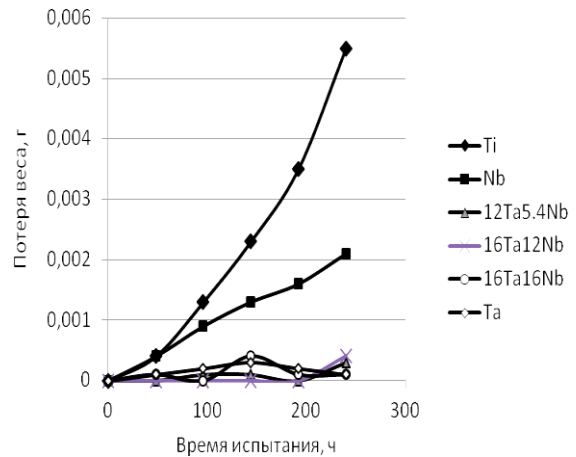


Рис. 8.4.9. Испытания на коррозионную стойкость покрытий системы Ti-Ta-Nb в кипящей азотной кислоте. Справа указан химический состав образцов в процентах.

Концентрация легирующих компонентов в покрытиях может варьироваться в широких пределах. При формировании покрытий системы Ti-Ta-Zr в результате трёхкратной наплавки была достигнута суммарная концентрация легирования 60%. Такая же концентрация Zr достигалась в двойной системе Ti-Zr.

Помимо коррозионноустойчивых покрытий были сформированы покрытия, на титановой и стальной подложке, отличающиеся высокой твёрдостью и износостойкостью. Так, при наплавке порошка карбида бора на пластины из титанового сплава ВТ1-0 в наплавленном слое толщиной 3-3,4 мм формируются частицы упрочняющих фаз TiC и TiB, различной морфологии, распределенные в мартенситной матрице титана. Среднее значение микротвердости наплавленных слоев составляет 5,5 ГПа, что в 3 раза выше твердости основного металла. При этом титановая матрица в покрытии имеет среднюю твердость 4,5 ГПа, карбиды титана – 7,5

ГПа. Средняя твердость кристаллов бориды титана достигает 32 ГПа.



Рис. 8.4.10. Установка для нанесения антикоррозионной наплавки Ta на титановый сплав.

В 2014 году продолжились работы по получению нанопорошковых материалов с применением электронного пучка, выпущенного в атмосферу.

Для организации непрерывного цикла производства нанопорошков с использованием ускорителя ЭЛВ-6 было выполнено проектирование и изготовление устройств, обеспечивающих вывод тракта сбора нанопорошка за пределы радиационной зоны с целью обеспечения возможности непрерывной работы установки без отключения ускорителя ЭЛВ. Для размещения оборудования за пределами радиационной зоны было спроектировано и построено специальное помещение, примыкающее к зданию, в котором расположен ускоритель.

С целью повышения производительности получения нанопорошков была произведена модернизация системы улавливания, в частности, была изготовлена новая камера улавливания порошков с увеличенной площадью фильтрации и увеличенным сечением подводящих трубопроводов.

Были проведены исследования по получению нанопорошков меди методом испарения электронным пучком при атмосферном давлении в среде инертного газа, работы по получению углеродных наноструктур и др.





9

ФИЗИКА  
ДЛЯ МЕДИЦИНЫ



## 9.1. СТАТУС РАБОТ ПО БНЗТ

В настоящее время бор-нейтронозахватная терапия рассматривается как перспективный метод лечения злокачественных опухолей. Проведенные на ядерных реакторах клинические испытания показали возможность лечения глиобластомы мозга и метастаз меланомы, не поддающихся другим методам лечения. Широкое внедрение методики в клиническую практику требует компактных и недорогих источников эпитепловых нейтронов. В ИЯФ СО РАН был предложен и сооружен прототип такого источника на основе новаторского 2 МэВ ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией и генерации нейтронов в результате реакции  ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ . К настоящему моменту проведено исследование параметров генерируемых нейтронов – определен энергетический спектр, получены данные по угловому распределению интенсивности нейтронного потока. Осуществлены *in vitro* исследования, качественно демонстрирующие эффект БНЗТ. Выявлены эффекты, ограничивающие увеличение тока протонного пучка до уровня десятков миллиампер, предложены способы преодоления этих трудностей.

Общий вид электростатического 6-зорового ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией приведен на рис. 9.1.1. Инжектируемые отрицательные ионы водорода ускоряются до 1 МэВ подаваемым на высоковольтный электрод потенциалом, превращаются в протоны в газовой обдирочной мишени, и затем протоны тем же потенциалом ускоряются до 2 МэВ. Откачка газа обдирочной мишени осуществляется криогенным и турбомолекулярными насосами через систему жалюзи, расположенных в верхней части электродов-экранов. Потенциал на высоковольтный и пять промежуточных электродов подается от высоковольтного источника напряжения через заполненный элегазом проходной изолятор, в котором установлен омический делитель.

Созданный ускоритель отличается большой площадью электродов – 41 м<sup>2</sup>. Из-за отсутствия данных об электрической прочности подобных систем сначала была определена напряжённость электрического поля на однозоровом (45 мм) прототипе с площадью высоковольтного электрода 0,7 м<sup>2</sup>, она составила 60 кВ/см. Этот результат послужил основой выбора напряженности электрического поля в межэлектродных промежутках создаваемого ускорителя величиной 25 кВ/см. Помимо вакуумных зазоров электрическую прочность ускорителя определяет и проходной изолятор, при проектировании которого учитывалась электрическая прочность 100 кВ/см для среды элегаза с давлением более 3 атм. Также из практики известно, что первые поверхностные вакуумные пробои изоляторов высотой несколько сантиметров проходят при напряжённости ~ 10 кВ/см. В итоге, в газовой части спроектированного проходного изолятора (позиция 9 на рис. 9.1.1) напряжённость электрического поля по поверхности керамических колец составила 15 кВ/см,

а в вакуумной части изолятора (позиция 8) – 12 кВ/см по поверхности стеклянных колец. Видно, что экспериментальными данными не был полностью подтвержден выбор напряженности электрического поля в межэлектродных промежутках и по внешней поверхности стеклянных колец вакуумной части проходного изолятора.

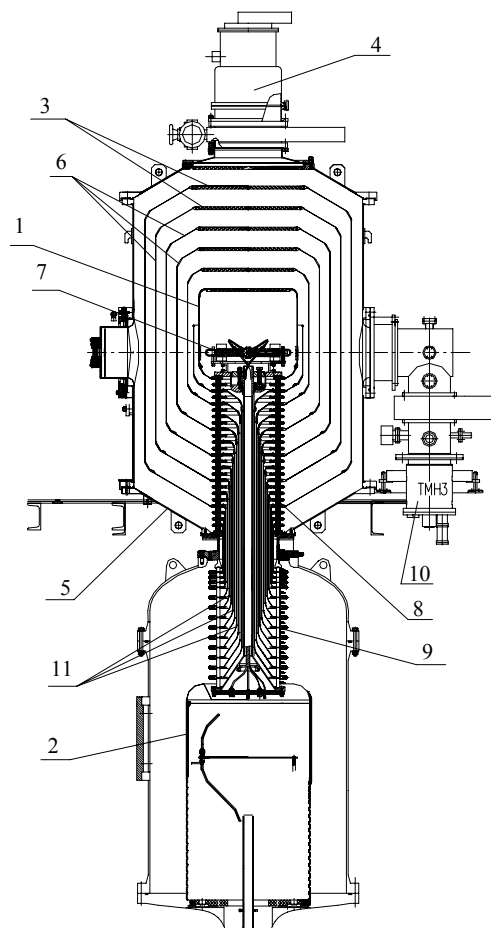


Рис. 9.1.1. Общий вид электростатического 6-зорового ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией: 1 – высоковольтный электрод ускорителя-тандема; 2 – высоковольтный электрод источника напряжения; 3– жалюзи электродов-экранов; 4– криогенный насос; 5 – вакуумный бак ускорителя; 6 – промежуточные электроды-экраны; 7 – газовая обдирочная мишень; 8 – вакуумная часть проходного изолятора; 9 – газовая часть проходного изолятора; 10 – турбомолекулярный насос; 11 – внутренние коаксиальные цилиндры.

### 9.1.1. Подъём напряжения на высоковольтных вакуумных зазорах ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией.

Достижение расчётной напряжённости поля в межэлектродных промежутках и по поверхности изолятора может быть осуществлено высоковольтной тренировкой пробоями. Проведена работа по изучению влияния пробоев на электрическую прочность высоковольтных элементов ускорителя с целью получения требуемого напряжения на ускорителе.

Из-за новизны конструкции ускорителя-тандема, то есть большой площади электродов и сложной конструкции проходного изолятора, было предложено проводить тренировку пробоями в два этапа. Сначала осуществлялся подъем напряжения на отдельных зазорах, а затем – последовательное подключение зазоров и подъем на полное напряжение. Перед подъёмом напряжения вакуумный бак ускорителя прогревался до температуры 110 °С с помощью нагревателей, намотанных на внешнюю поверхность бака.

Для испытания как отдельных, так и последовательно подключаемых зазоров на них подавалось высоковольтное питание с помощью перемещаемых токоведущих штанг, одна из которых имела потенциал земли, а вторая – потенциал высоковольтного выпрямителя. Каждый из 6 вакуумных ускоряющих зазоров (совместно с соответствующими газовыми зазорами, стеклянными и керамическими изоляторами) испытывался на напряжение до 200 кВ.

На рис. 9.1.2 показан подъём напряжения на одном из ускоряющих зазоров при позазорной тренировке. Видно, что первый пробой прошёл при 140 кВ, что соответствует напряжённости по поверхности стеклянного изолятора ~ 10 кВ/см.

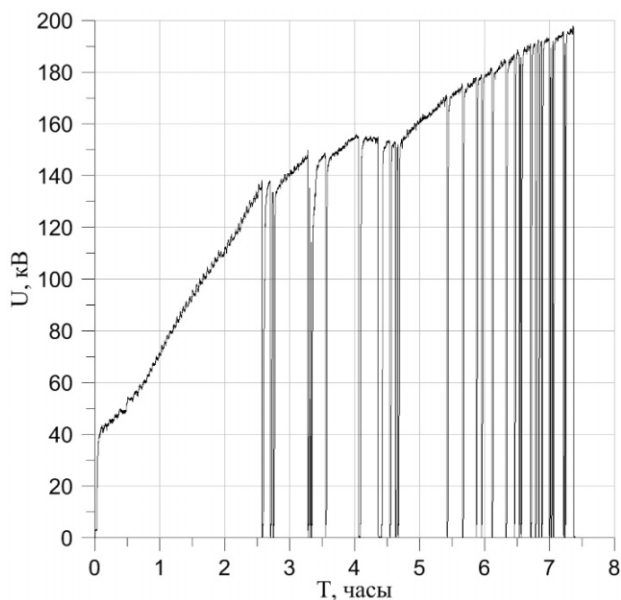


Рис. 9.1.2. Подъём напряжения на одиночном зазоре.

Испытания с последовательно подключаемыми зазорами проводились при давлении элегаза внутри бака высоковольтного выпрямителя 6 атм, внутри проходного изолятора – 3 атм. На рисунке 9.1.3 представлены кривые зависимости пробивного напряжения от количества пробоев для одного, двух, трех, четырех и пяти последовательно подключённых зазоров. Из графиков видно, что с увеличением числа зазоров пробивное напряжение ускорителя растет, а на пяти зазорах было достигнуто напряжение 1000 кВ. Кратковременно достигнутые в экспериментах напряженности ~ 30 кВ/см (рис. 9.1.4) на 20% выше уровня рабочей напряженности (на графике обозначен пунктирной линией).

После проверки на электрическую прочность всех элементов отдельных ускоряющих зазоров ускоритель был включён на полное напряжение, и тренировочная кривая одного из первых экспериментов представлена на рис. 9.1.5 а. Первый пробой прошёл при напряжении 770 кВ, что соответствует напряженности электрического поля в зазорах 20 кВ/см. Подъём напряжения и пробой сопровождались изменением остаточного давления в вакуумном баке. На ускорителе было получено напряжение 1 МВ, динамика выхода на режим без пробоев показана на рис. 9.1.5. Максимальное время выстойки напряжения без пробоев составило более 2 ч.

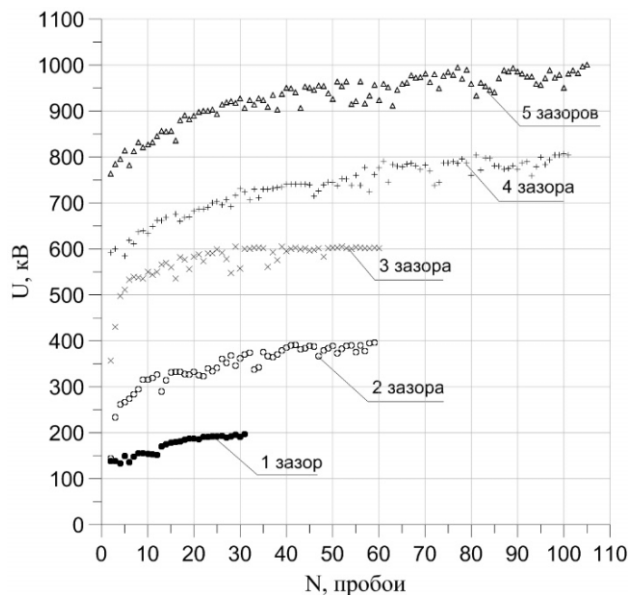


Рис. 9.1.3. Зависимость пробивного напряжения от количества пробоев.

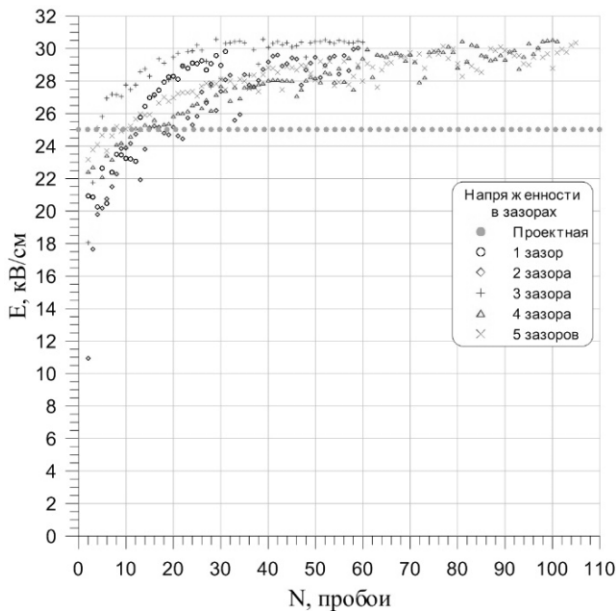


Рис. 9.1.4. Зависимость напряженности в зазорах от количества пробоев.

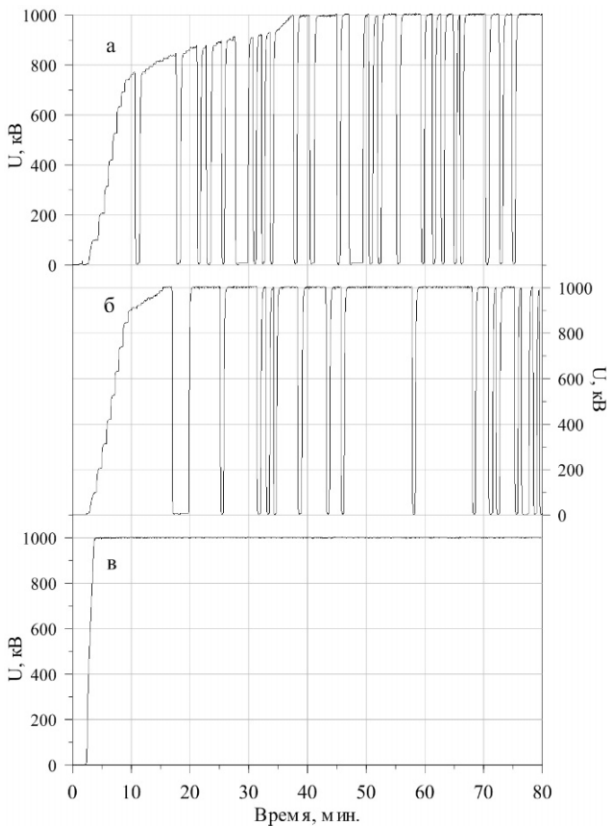


Рис. 9.1.5. Динамика выхода напряжения на режим без пробоев.

### 9.1.2. Концепция ортогонального вывода терапевтического нейтронного пучка.

В данный момент протонный пучок падает на литиевую нейтроногенерирующую мишень вертикально. Предложено изменить конструкцию и использовать горизонтальный протонный пучок для генерации нейтронов. Такое решение позволяет значительно уменьшить размеры установки и расположить её полностью на одном этаже. Это является очень важным преимуществом при практическом использовании ускорительного источника нейтронов в клинике.

Для создания нужного терапевтического пучка эпитепловых нейтронов традиционно используется система формирования пучка, которая включает в себя замедлитель, отражатель, поглотитель и, в некоторых случаях, фильтр. При этом терапевтический пучок нейтронов направлен соосно протонному пучку. Подобные системы формирования пучка для протонов с энергией от 2,3 до 3 МэВ и литиевой мишени проработаны многими группами исследователей. При характерном токе протонного пучка 10 мА использование таких систем формирования пучка позволяет получить требуемые характеристики пучка нейтронов и проводить БНЗТ, обеспечивая мощность дозы в опухоли экв. ~ 1 Гр/мин, глубину терапии до 9 см и терапевтическое отношение до 6.

Нами предложено использовать ортогональный вывод пучка нейтронов. В соответствии с проведёнными расчётами такая геометрия способна обеспечить такое же качество нейтронного пучка, как и традиционная геометрия. Более того, поскольку энергия нейтронов, испускаемых вбок, меньше, чем энергия нейтронов, испускаемых прямо, то первые больше подходят для терапии. Однако ортогональная геометрия не только лучше с точки зрения спектра нейтронов, но её также можно использовать для направления пучка под любыми углами, как это показано на рисунке 9.1.6.

Это решение напоминает систему гантри для протонной терапии. Изменение направления терапевтического нейтронного пучка обеспечивается путём поворота всей системы формирования пучка (или её части, содержащей замедлитель) вокруг оси протонного пучка.

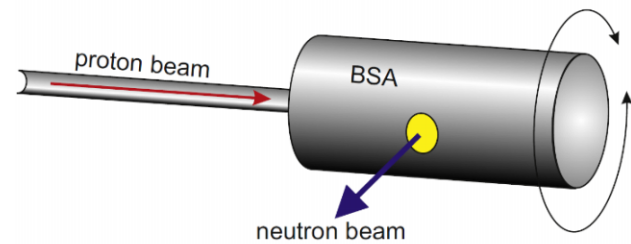


Рис. 9.1.6. Концепция вращения терапевтического нейтронного пучка.

### *9.1.3. Результаты и перспективы.*

На ускорителе-тандеме с вакуумной изоляцией электродов изучено влияние пробоев на электрическую прочность вакуумных ускоряющих зазоров. Проведена позазорная тренировка всех зазоров. Подтверждено, что вакуумные пробои не снижают электрической прочности ускорителя-тандема. В результате проведённых экспериментов достигнуто требуемое напряжение 1 МВ и обеспечена устойчивая работа ускорителя без пробоев в течение нескольких часов.

Сформулирована концепция системы ортогонального вывода терапевтического нейтронного пучка, позволяющая получить ряд преимуществ перед традиционными схемами. В частности, с её помощью возможно облучение пациента как с горизонтального, так и вертикального направлений.

## БИБЛИОГРАФИЯ

### Список публикаций 2014

[1] Grozin A. Introduction to Mathematica for physicists.. // Cham., Heidelberg, New York: Springer, 2014. - 219 p. - (Graduate Texts in Physics).

[2] M.N. Achasov, R.R. Akhmetshin, A.V. Anisenkov, V.M. Aulchenko, V.S. Banzarov, L.M. Barkov, A.Yu. Barnyakov, N.S. Bashtovoy, K.I. Beloborodov, A.V. Berdyugin, D.E. Berkaev, A.G. Bogdanchikov, A.E. Bondar, A.A. Botov, A.V. Bragin, T.V. Dimova, V.P. Druzhinin, S.I. Eidelman, D.A. Epifanov, L.B. Epshteyn, A.L. Erofeev, G.V. Fedotovitch, S.E. Gayazov, V.B. Golubev, A.A. Grebenuk, K.A. Grevtsov, D.N. Grigoriev, E.M. Gromov, F.V. Ignatov, L.V. Kardapoltsev, S.V. Karpov, V.F. Kazanin, A.G. Kharlamov, B.I. Khazin, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, A.A. Korol, S.V. Koshuba, O.A. Kovalenko, D.P. Kovrizhin, A.N. Kozyrev, E.A. Kozyrev, P.P. Krokovny, A.S. Kupich, A.E. Kuzmenko, A.S. Kuzmin, I.B. Logashenko, P.A. Lukin, A.P. Lysenko, K.A. Martin, K.Yu. Mikhailov, A.E. Obrazovsky, V.S. Okhapkin, E.V. Pakhtusova, E.A. Perevedentsev, Yu.N. Pestov, A.S. Popov, Yu.S. Popov, G.P. Razuvaev, Yu.A. Rogovsky, A.L. Romanov, A.A. Ruban, N.M. Ryskulov, A.E. Ryzhenenkov, S.I. Serednyakov, P.Yu. Shatunov, Yu.M. Shatunov, V.E. Shebalin, D.N. Shemyakin, D.A. Shtol, B.A. Shwartz, A.L. Sibidanov, Z.K. Silagadze, E.P. Solodov, I.K. Surin, A.A. Talyshev, V.M. Titov, A.V. Vasiljev, A.I. Vorobiov, Yu.V. Yudin, I.M. Zemlyansky and Yu.M. Zharinov. Results and perspectives on nucleon form factors from SND and CMD-3. // Int. J. Mod. Phys. Conf. - 2014. - Ser. 35. - 1460424.

[3] Левичев Е.Б., Скринский А.Н., Тихонов Ю.А., Тодышев К.Ю. Прецизионное измерение масс элементарных частиц на коллайдере ВЭПП-4М с детектором "Кедр". // Успехи физических наук. - 2014. - Т. 184, № 1. - С. 75-88. [Physics Uspekhi. - 2014. - Vol. 57. - P. 66-79].

[4] Михайленко М.А., Анчарова У.В., Штарклев Е.А., Власов А.Ю., Коробейников М.В., Козлов А.С., Петров А.К., Толочко Б.П., Ляхов Н.З. Исследование реакционной способности механически активированных оксидов металлов при радиационно-термическом синтезе Ni-Zn феррита. // Химия в интересах устойчивого развития. - 2014. - Т. 22, № 1. - С. 49-53.

[5] Zaytsev K.V., Anikeev A.V., Bagryansky P.A., Donin A.S., Korobeinikova O.A., Korzhavina M.S., Kovalenko Yu.V., Lizunov A.A., Maximov V.V., Pinzhenin E.I., Prikhodko V.V., Soldatkina E.I., Solomakhin A.L., Savkin V.Ya., Yakovlev D.V. Kinetic instability observations in the Gas Dynamic Trap. // (PLASMA-2013: Intern. Conf. on Research and Applications of Plasmas, 2-6 Sept. 2013, Warsaw, Poland). - Physica Scripta. - 2014. - Vol.: T161. - P. 014004.

[6] Кулипанов Г.Н., Скринский А.Н., Середняков С.И., Онучин А.П., Тумайкин Г.М., Петров В.В. Первые коллайдеры ИЯФ. К 50-летию начала экспериментов по физике элементарных частиц. - Новосибирск: ИЯФ СО РАН, 2014. - 76 с.

[7] Darin F., Kalugin I., Darin A., Rakshun Ya. The study internal structure of the annual layers in lake sediments using synchrotron radiation with X-ray focusing optics. // Acta Geologica Sinica (English edition). - 2014. - Vol. 88, SupP. 1. - P. 5-6.

[8] Darin A., Kalugin I., Maksimova N., Markovich T., Rakshun Ya., Sorokoletov D., Darin F., Ragozin D. Lake Shira level changes in late holocene. // Acta Geologica Sinica (English edition). - 2014. - Vol. 88, SupP.1. - P. 3-4.

[9] Зеваков С.А., Гаузштейн В.В., Головин Р.А., Грамолин А.В., Дмитриев В.Ф., Дусаев Р.Р., Лазаренко Б.А., Мишнев С.И., Николенко Д.М., Рачек И.А., Садыков Р.Ш., Стибунов В.Н., Топорков Д.К., Шестаков Ю.В. Когерентное фоторождение нейтрального пиона на тензорно-поляризованном дейтроне на накопителе ВЭПП-3. // Известия Российской Академии Наук. Серия физическая. - 2014. - Т. 78, № 7. - С. 826-831.

[10] Винокуров, Н.А. Вывод уравнений аналитической механики и теории поля из закона сохранения энергии. // Успехи физических наук. - 2014. - Т. 184, № 6. - С. 641-644.

[11] Дмитриева В.Д., Дубов Д.Ю., Казырицкая О.Н., Курилко С.С., Мешков О.И., Спицын Р.И. Спектроскопическое измерение спина протона. // Вестник Новосибирского Государственного Университета. Серия Физика. - 2014. - Т. 9, № 1. - С. 95-104.

[12] Иванов, А.А. К расчету индуктивности и взаимной индуктивности катушек прямоугольного сечения. // Вестник Новосибирского Государственного Университета. Серия Физика. - 2014. - Т. 9, № 1. - С. 10-14.

[13] Генцелев, А.Н. Зелинский А.Г., Кондратьев В.И. Шаблоны для глубокой рентгенолитографии. // Научный вестник НГТУ. - 2014. - № 1(54). - С. 78-87.

[14] Бурдаков А.В., Койдан В.С., Меклер К.И., Полосаткин С.В., Поступаев В.В. Формирование длинного столба замагниченной плазмы в металлической камере. // Физика плазмы. - 2014. - Т. 40, № 3. - С. 223-240. [Plasma Physics Reports. - 2014. - Vol. 40, No. 3. - P. 161-177, ISSN 1063\_780X, Pleiades Publishing, Ltd., 2014, DOI: 101134/S1063780X14030039.

[15] Димов, Г.И. Емелев И.С. Эксперименты по удержанию мишенной плазмы в магнитной ловушке с инверсными пробками и кольцевыми мультипольными стенками. // Журнал технической физики. - 2014. - Т. 84, № 2. - С. 27-34.



- [16] Астрелин, В.Т. Кандауров И.В., Трунев Ю.А. Получение высокой плотности тока субмиллисекундного электронного пучка в диоде с плазменным катодом в режиме эмиссии с открытой плазменной границей. // Журнал технической физики. - 2014. - Т. 84, № 2. - С. 106-111. [Technical Physics. - Vol. 59, No. 2. - 2014. - P. 258-263].
- [17] Руденко А.С. Хрипович И.Б. Гравитационное четырёхфермионное взаимодействие в ранней Вселенной. // Успехи физических наук. - 2014. - Т. 184, № 2. - С. 177-181. [PHYSICS-USPEKHI. - 2014. - Vol. 57, Is. 2. - P. 167-170. - ISSN 1063-7869, DOI 10.3367/UFNe.0184.201402f.0177].
- [18] Коробейщиков Н.Г., Каляда В.В., Шмаков А.А., Шульженко Г.И. Экспериментальное исследование ускоренных ионно-кластерных пучков аргона. // Письма в "Журнал технической физики". - 2014. - Т. 40, № 1. - С. 50-57.
- [19] Козлов, М. Г. Резниченко А.В., Фадин В.С. Мультиреджевская форма амплитуд с глюонным обменом в суперсимметричных теориях Янга-Миллса. // Ядерная физика. - 2014. - Т. 77, № 2. - С. 273-294. [PHYSICS OF ATOMIC NUCLEI. - 2014. - Vol. 77, Is. 2. - P. 251-273. - ISSN 1063-7788, DOI 10.1134/S1063778814020112].
- [20] Shestakov Yu.V., Barkov L.M., Dmitriev V.F., Golovin R.A., Kudryavtsev V.N., Lazarenko B.A., Mishnev S.I., Nikolenko D.M., Rachek I.A., Sadykov R.Sh., Stibunov V.N., Toporkov D.K., Shekhtman L.I., Zevakov S.A. Tagging system for almost-real photons at VEPP-3 storage ring. // Физика элементарных частиц и атомного ядра. - 2014. - Т. 45, № 1. - С. 539-543.
- [21] Zelenski A., Atoian G., Ritter J., Steski D., Podolyako F., Sorokin I., Vizgalov I., Klenov V., Zubets V., Davydenko V., Ivanov A., Kolmogorov A. The RHIC polarized source upgrade. // Физика элементарных частиц и атомного ядра. - 2014. - Т. 45, № 1. - С. 486-491. [Physics of Particle and Nuclei. - 2014. - Vol. 45, Is. 1. - P. 308-311]. - ISSN 1063-7796, DOI 10.1134/S1063779614011140.
- [22] Кооп I.A., Otboev A.V., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M. Two examples of in-flight spin flippers. // Phys. Part. Nucl. - 2014. - Т. 45, №1. - P. 436-442.
- [23] Obrazovsky, A.E. Serednyakov S.I. Energy dependence of  $e^+e^- \rightarrow 6\pi$  and  $e^+e^- \rightarrow N$  anti- $N$  cross sections near the  $N$  anti  $N$  threshold. // Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики". - 2014. - Т. 99, № 5-6. - С. 363-364. [JETP LETTERS. - 2014. - Vol. 99, Is. 6. - P. 315-316].
- [24] Блинов В.Е. Галактический ускоритель. // Наука из первых рук. - 2014. - № 1(65). - С. 25-29.
- [25] Скуридин Г.М., Чанкина О.В., Легкодымов А.А., Багинская Н.В., Куценогий К.П. Элементный состав и интенсивность накопления химических элементов в листьях сибирской облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.). // Химия в интересах устойчивого развития. - 2014. - Т. 22, № 3. - С. 301-305.
- [26] В.Ф. Дмитриев, А.И. Мильштейн, С.Г. Сальников. Доминантность изоскалярной амплитуды в  $e^+e^-$  аннигиляции в нуклон-антинуклонную пару вблизи порога. // Ядерная физика. - 2014. - Т. 77, № 9. - С. 1234-1238. [Physics of Atomic Nuclei. - 2014. - Vol. 77, Is. 9. - P. 1173-1177. ISSN 1063-7788, DOI 10.1134/S1063778814080043].
- [27] Борис Валерианович Чириков - законодатель хаоса. // Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. - 282 с. + 16 с. [вкл.]. - (Наука Сибири в лицах).
- [28] Aleynik V., Bashkirtsev A., Kanygin V., Kasatov D., Kuznetsov A., Makarov A., Schudlo I., Sorokin I., Taskaev S., Tiunov M. Current progress and future prospects of the VITA based neutron source. // Applied Radiation and Isotopes. - 2014. - Vol. 88, № SI (Special Issue). - P. 177-179.
- [29] Scuridin G.M., Chankina O.V., Legkodymov A.A., Kreimer V.K., Baginskaya N.V. Trace element composition of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) parts [Ксерокопия]. // Seabuckthorn. Research for a promising crop: Selected articles from ISA 2013 Congress Proc. (October 2013, Potsdam, Germany / ed.: J.-Th. Morsel, Yu. Zubarev, D. Eagl. - Norderstedt: Books on Demand, 2014. - P. 67-68.
- [30] Demidov E.A., Starostin K.V., Popik V.M., Peltek S.E. Use of MALDI time-of-flight mass spectrometry for microorganism identification. // Russian Journal of Genetics: Applied Research. - 2014. - Vol. 4, № 4. - P. 254-258.
- [31] Достовалов А.В., Корольков В.П., Голубцов С.К., Кондратьев В.И. Особенности формирования самоиндуцированных решеток на металлических фольгах при сканировании остросфокусированным фемтосекундным лазерным пучком. // Квантовая электроника. - 2014. - Т. 44, № 4. - С. 330-334.
- [32] Бродников, А.Ф. Черепанов В.Я. Использование калибраторов температуры для воспроизведения реперных точек в миниатюрных ампулах. // Приборы. - 2014. - № 9 (171). - С. 28-33.
- [33] Гаушштейн В.В., Грамолин А.В., Зеваков С.А., Логинов А.Ю., Николенко Д.М., Рачек И.А., Сидоров А.А., Топорков Д.К. Измерение анализирующей способности реакции фоторождения отрицательных пионов в области  $\Delta(1232)$ -резонанса. // Известия вузов. Физика. - 2014. - Т. 57, № 9. - С. 36-40.
- [34] Аржанников А.В., Гинзбург Н.С., Денисов Г.Г., Калинин П.В., Песков Н.Ю., Сергеев А.С., Сеницкий С.Л. Использование кольцевого резонатора бегущей волны с брэгговскими дефлекторами в двухстадийном терагерцевом лазере на свободных электронах. // Письма в "Журнал технической физики". - 2014. - Т. 40, №17. - С. 11-21.

- [35] Алейник В.И., Касатов Д.А., Макаров А.Н., Таскаев С.Ю. Измерение спектра нейтронов ускорительного источника времяпролетным методом. // ПТЕ. - 2014. - № 4. - С. 9-13.
- [36] Сорокин, И. Н. Таскаев С.Ю. Подъем напряжения на высоковольтных вакуумных зазорах ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией. // ПТЕ. - 2014. - № 4. - С. 5-8.
- [37] Кузнецов, Г.И. Батазова М.А. Электронно-оптическая система индукционного ускорителя ЛИУ-2. // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2014. - Т. 11, № 5 (189). - С. 945-949.
- [38] Куксанов Н.К., Фадеев С.Н., Салимов Р.А., Голубенко Ю.И., Когут Д.А., Корчагин А.И., Лаврухин А.В., Немытов П.И., Домаров Е.В., Семенов А.В. Технические средства улучшения качества облучения материалов ускорителями ЭЛВ. // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2014. - Т. 11, №5 (189). - С. 950-957.
- [39] Блинов В.Е., Бобровников В.С., Золотарев К.В., Киселев В.А., Кононов С.А., Куркин Г.Я., Левичев Е.Б., Мешков О.И., Мучной Н.Ю., Никитин С.А., Николенко Д.М., Суханов Д.П., Тихонов Ю.А., Толочко Б.П., Тумайкин Г.М., Шамов А.Г., Шатилов Д.Н. Статус ВЭПП-4. // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2014. - Т. 11, № 5 (189). - С. 966-980. [The Status of VEPP-4. // Physics of Particles and Nuclei Letters, 2014. - Vol. 11, № 5. - P. 620-631].
- [40] Растигеев С.А., Гончаров А.Д., Клюев В.Ф., Константинов Е.С., Кутнякова Л.А., Пархомчук В.В., Петрожицкий А.В., Фролов А.Р. Адаптация УМС ИЯФ для биомедицинских приложений. // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2014. - Т. 11, № 5 (189). - С. 994-999.
- [41] Роговский Ю.А., Беркаев Д.Е., Землянский И.М., Жаринов Ю.М., Касаев А.С., Кооп И.А., Кирпотин А.Н., Лысенко А.П., Переведенцев Е.А., Просветов В.П., Романов А.Л., Сенченко А.И., Скринский А.Н., Шатунов П.Ю., Шатунов Ю.М., Шварц Д.Б. Статус и перспективы электрон-позитронного коллайдера ВЭПП-2000. // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2014. - Т. 11, № 5 (189). - С. 1007-1015.
- [42] Старостенко Д.А., Логачев П.В., Акимов А.В., Корепанов А.А., Бак П.А., Панов А.Н., Пачков А.А., Елисеев А.А., Оттмар А.В., Куленко Я.В., Болховитянов Д.Ю., Фаткин Г.А., Павлов О.А., Кузнецов Г.И., Николаев И.В., Батазова М.А., Батраков А.М., Боймельштейн Ю.М., Павленко А.В. Результаты работ ЛИУ-2 в рентгенографическом режиме. // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2014. - Т. 11, № 5 (189). - С. 1022-1028. [Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2014. - Vol. 11, № 5. - P. 660-664].
- [43] Бечер Ю., Голубков Е.А., Егоров В.А., Зайцева Ю.К., Замрий В.Н., Каюков А.С., Кобец В.В., Корокин А.Ж., Минашкин В.Ф., Пятаев В.Г., Репкин А.Н., Скрыпник А.В., Сумбаев А.П., Удовиченко К.В., Шабратов В.Г., Швец В.А., Швецов В.Н., Павлов В.М. Ускоритель ЛУЭ-200 установки ИРЕН: состояние и развитие. // Письма в журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра". - 2014. - Т. 11, № 5 (189). - С. 1029-1039.
- [44] Khrilovich I.B. Electromagnetic production of electron and positron in collisions of heavy nuclei. // Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики". - 2014. - Т. 100, № 8. - С. 552-554.
- [45] Коваленко Ю.В. Яковлев Д.В. Система управления комплексом электронного циклотронного резонансного нагрева на установке ГДЛ. // Приборы и техника эксперимента. - 2014. - № 5. - С. 93-98.
- [46] Лукин П.А. Методы Монте-Карло для физиков (методическое пособие). - Новосибирск: Ин-т ядер. физики им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - 20 с.
- [47] Барсуков В.П., Верхогляд А.Г., Герасимов В.В., Глебус И.С., Завьялова М.А., Князев Б.А., Макаров С.Н., Ступак М.Ф., Овчар В.К., Родионов Д.Г., Чопорова Ю.Ю., Штатнов В.Ю. Разработка и изготовление ближнепольного терагерцового сканирующего оптического микроскопа с блоком нарушенного полного внутреннего отражения. // Приборы и техника эксперимента. - 2014. - № 5. - С. 68-76.
- [48] Долгов А.Д. Бондарь А.Е. На темной стороне Вселенной. // Наука из первых рук. - 2014. - № 5 (59). - С. 24-39.
- [49] Агафонов А.Н., Володкин Б.О., Кавеев А.К., Князев Б.А., Кропотов Г.И., Павельев В.С., Тукмаков К.Н., Чопорова Ю.Ю. Управление поперечно-модовым составом терагерцового лазерного излучения с помощью элементов бинарной кремниевой оптики. // Компьютерная оптика. - 2014. - Т. 38, № 4. - С. 763-767.
- [50] Юров Д.В. Приходько В.В. Гибридные системы для дожигания трансурановых отходов атомных энергетических установок: состояние исследований и перспективы. // Успехи физических наук. - 2014. - Т. 184, № 11. - С. 1237-1248.
- [51] Дзюба А.В. Аржанников А.В. Сверхпроводящие резонаторы: потеря добротности при высокой напряженности ускоряющего поля. // Вестник Новосибирского Государственного Университета. Серия Физика. - 2014. - Т. 9, № 2. - С. 22-35.
- [52] Тиунов М.А. Полный расчет трехмерных квазистационарных электромагнитных полей в приближении сильного скин-эффекта методом граничных интегральных уравнений. // Вестник Новосибирского Государственного Университета. Серия Физика. - 2014. - Т. 9, № 2. - С. 36-54.

- [53] Цидулко Ю.А. Черноштанов И.С. Альфвеновская ионно-циклотронная неустойчивость в аксиально-симметричной ловушке с наклонной инжекцией быстрых атомов. // *Физика плазмы*. - 2014. - Т. 40, № 12. - С. 1074-1083. [PLASMA PHYSICS REPORTS. - 2014. - Vol. 40, Is. 12. - P. 955-964. - ISSN 1063-780X, DOI 10.1134/S1063780X1412006X].
- [54] Гольденберг Б.Г., Лемзяков А.Г., Зелинский А.Г., Пиндюрин В.Ф. Прямое рентгенолитографическое формирование глубоких микроструктур. // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. - 2014. - № 12. - С. 11-15.
- [55] Соломахин А.Л., Багрянский П.А., Коваленко Ю.В., Савкин В.Я., Яковлев Д.В. Электронный циклотронный резонансный нагрев плазмы в газодинамической ловушке. // *Вестник НГУ. Серия Физика, Новосибирск*. - 2014. - Т. 9, № 2. - С. 13-21.
- [56] Богомягков А.В., Дорохов В.Л., Мешков О.И., Полыгалов А.С., Щеглов А.Л. Опыт Юнга со щелями под углом. // *Вестник Новосибирского Государственного Университета. Серия Физика*. - 2014. - Т. 9, № 2. - С. 173-179.
- [57] Shwartz D.B., Berkaev D.E., Koop I.A., Perevedentsev E.A., Rogovsky Yu.A., Shatunov Yu.M., Levichev E.B., Romanov A.L., Shatilov D.N., Shatunov P.Yu. Recent beam-beam effects at VEPP-2000 and VEPP-4M. // *ICFA Mini-Workshop on Beam-Beam Effects in Hadron Colliders, BB 2013; CERN, Geneva; Switzerland; 18-22 March 2013: Proc.* - 2014. - P. 43-49. - DOI 10.5170/CERN-2014-004.43.
- [58] Eidelman S. Measurement of  $e^+e^- \rightarrow$  hadrons in Novosibirsk. // *Intern. Symposium Lepton and Hadron Physics at Meson-Factories, LHPMF 2013; Messina; Italy; 13-15 October 2013. - EPJ Web of Conferences: 2014. - Vol. 72. - P. 00007. - DOI10.1051/epjconf/20147200007*.
- [59] Cortese P., ALICE Collab., Budnikov D., Bugaiev K., Cheshkov C., Dobrin A., Dobrowolski T., Feofilov G., Finogeev D., Gorbunov S., Grigoriev V., Ippolitov M., Ivan C., Ivanov V., Ivanov A., Ivanov M., Ivanytskyi O., Kaplin V., Karavichev O., Karavicheva T., Karpechev E., Kazantsev A., Kisel I., Kiselev S., Kisiel A., Kondratiev V., Kondratyeva N., Konevskikh A., Korneev A., Krivda M., Kryshen E., Kucheriaev Y., Kurashvili P., Kurepin A., Kurepin A.B., Kuryakin A., Kushpil V., Kushpil S., Kvaerno H., Lakomov I., Loginov V., Malinina L., Mamonov A., Marin A., Martashvili I., Naumov N.P., Nazarenko S., Nazarov G., Nedosekin A., Nikolaev S., Nikulin V., Nikulin S., Nomokonov P., Novitzky N., Ostrowski P., Peskov V., Pestov Yu., Petrov P., Rak J., Reshetin A., Sadovsky S., Samsonov V., Senyukov S., Sukhorukov M., Vasiliev A., Vodopyanov A., Voloshin S., Voloshin K., Vrlakova J., Zinovjev G., Zynovyev M. Neutron emission from electromagnetic dissociation of Pb nuclei at  $v \approx NN = 2.76$  TeV measured with the ALICE ZDC. // *1st Intern. Conf. on New Frontiers in Physics, ICFP 2012; Kolymbari, Crete; Greece; 10 June - 16 June 2012. - EPJ Web of Conferences: 2014. - Vol. 70. - P. 00073. - DOI 10.1051/epjconf/20147000073*.
- [60] Achasov M.N., Akhmetshin R.R., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.S., Barkov L.M., Barnyakov A.Y., Bashtovoy N.S., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Berkaev D.E., Bogdanchikov A.G., Bondar A.E., Botov A.A., Bragin A.V., Dimova A.V., Druzhinin V.P., Eidelman S.I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G.V., Gayazov S.E., Golubev V.B., Grebenuk A.A., Grevtsov K.A., Grigoriev D.N., Gromov E.M., Ignatov F.V., Kardapoltsev L.V., Karpov S.V., Kazanin V.F., Kharlamov A.G., Khazin B.I., Kirpotin A.N., Koop I.A., Korol A.A., Koshuba S.V., Kovalenko O.A., Kovrizhin D.P., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krokovny P.P., Kupich A.S., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P.A., Lysenko A.P., Martin K.A., Mikhailov K.Yu., Obrazovsky A.E., Okhapkin V.S., Otboev A.V., Pakhtusova E.V., Perevedentsev E.A., Pestov Yu.N., Popov A.S., Popov Yu.S., Razuvaev G.P., Rogovsky Yu.A., Romanov A.L., Ruban A.A., Ryskulov N.M., Ryzhenenkov A.E., Serednyakov S.I., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shtol D.A., Shwartz B.A., Shwartz D.B., Sibidanov A.L., Silagadze Z.K., Solodov E.P., Surin I.K., Talyshev A.A., Titov V.M., Vasiljev A.V., Vorobiov A.I., Yudin Yu.V., Zemlyansky I.M., Zharinov Yu.M. Precise measurements of the hadronic cross sections with the CMD-3 and SND detectors at the VEPP-2000  $e^+e^-$  Collider. // *2nd Intern. Conf. on New Frontiers in Physics, ICNFP 2013; Kolymbari, Crete; Greece; 28 August - 5 September 2013: EPJ Web of Conferences. - 2014. - Vol. 71. - P. 00121*.
- [61] Huber A., Arakcheev A., Sergienko G., Steudel I., Wirtz M., Burdakov A.V., Coenen J.W., Kreter A., Linke J., Mertens P., Philipps V., Pintsuk G., Reinhart M., Samm U., Shoshin A., Schweer B., Unterberg B., Zlobinski M. Investigation of the impact of transient heat loads applied by laser irradiation on ITER-grade tungsten. // *14th Intern. Conf. on Plasma-Facing Materials and Components for Fusion Applications, PFMC 2013; Jülich; Germany; 13 May - 17 May 2013. - Physica Scripta: 2014. - Vol. T159:P.014005. - DOI 10.1088/0031-8949/2014/T159/014005*.
- [62] Lee R.N. LiteRed 1.4: a powerful tool for reduction of multiloop integrals. // *15TH INTERN. WORKSHOP ON ADVANCED COMPUTING AND ANALYSIS. - 2014. - Vol. 523: 15th Intern. Workshop on Advanced Computing and Analysis (MAY 16-21, 2013, Chinese Acad Sci, Inst High Energy Phys, Beijing, PEOPLES R CHINA). - P. 012059. - (Journal of Physics Conference Series). - ISSN 1742-6588, DOI 10.1088/1742-6596/523/1/012059*.
- [63] Anisenkov A., ATLAS Collab., Di Girolamo A., Klimentov A., Oleynik D., Petrosyan A. (AGIS: The ATLAS Grid Information System). // *20TH INTERN. CONF. ON COMPUTING IN HIGH ENERGY AND*

NUCLEAR. - 2014. - Vol. 513: 20th Intern. Conf. on Computing in High Energy and Nuclear (OCT 14-18, 2013, Amsterdam, NETHERLANDS). - P. 032001. - (Journal of Physics Conference Series). - ISBN 1742-6588, DOI 10.1088/1742-6596/513/3/032001.

[64] Chesnokov E.N., Kubarev V.V., Koshlyakov P.V. Rotation commensurate echo of asymmetric molecules-Molecularfingerprints in the time domain. // APPLIED PHYSICS LETTERS. - 2014. - Vol. 105, Is. 26. - P. 261107. - ISSN 0003-6951, DOI 10.1063/1.4905205.

[65] Bataev I.A., Golkovskii M.G., Losinskaya A.A., Bataev A.A., Popelyukh A.I., Hassel T., Golovin D.D. Non-vacuum electron-beam carburizing and surface hardening of mild steel. // APPLIED SURFACE SCIENCE. - 2014. - Vol. 322. - P. 6-14. - ISSN 0169-4332, DOI 10.1016/j.apsusc.2014.09.137.

[66] Silagadze Z.K. Relativistic mass and modern physics. // CANADIAN JOURNAL OF PHYSICS. - 2014. - Vol. 92, Is. 12. - P. 1643-1651. - ISSN 0008-4204, DOI 10.1139/cjp-2014-0257.

[67] Olive K.A., Particle Data Grp., Eidelman S. REVIEW OF PARTICLE PHYSICS. // CHINESE PHYSICS C. - 2014. - Vol. 38, Is. 9. - P. 090001. - ISSN 1674-1137, DOI 10.1088/1674-1137/38/9/090001.

[68] Druzhinin V.P., Kardapoltsev L.V., Tayursky V.A. // GGRESRC: A Monte Carlo generator for the two-photon process  $e^{+}e^{-} \rightarrow e^{+}e^{-}R$  ( $J(PC)=0(-+)$ ) in the single-tag mode. // COMPUTER PHYSICS COMMUNICATIONS. - 2014. - Vol. 185, Is. 1. - P. 236-243. - ISSN 0010-4655, DOI 10.1016/j.cpc.2013.07.017.

[69] Bondar A., Buzulutskov A., Dolgov A., Grishnyaev E., Polosatkin S., Shekhtman L., Shemyakina E., Sokolov A. Measurement of the ionization yield of nuclear recoils in liquid argon at 80 and 233 keV. // EPL. - 2014. - Vol. 108, Is. 1. - P. 12001. - ISSN 0295-5075, DOI 10.1209/0295-5075/108/12001.

[70] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Koenig A.C., Korol A.A., Malyshev V. M., Maslennikov A. L., Maximov D.A., Peleganchuk S. V., Rezanova O. L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu A. Search for contact interactions and large extra dimensions in the dilepton channel using proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 12. - P. 3134. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3134-6.

[71] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V. M., Maslennikov A. L., Maximov D.A., Peleganchuk S. V., Rezanova O. L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu A. Measurement of distributions sensitive to the underlying event inclusive Z-boson production in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol.

74, Is. 12. - P. 3195. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3195-6.

[72] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V. M., Maximov D.A., Peleganchuk S. V., Rezanova O. L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu. A. A measurement of the ratio of the production cross sections for W and Z bosons in association with jets with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 12. - P. 3168. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3168-9.

[73] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V. M., Maslennikov A. L., Maximov D.A., Peleganchuk S. V., Rezanova O. L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu. A. Measurement of the muon reconstruction performance of the ATLAS detector using 2011 and 2012 LHC proton-proton collision data. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 11. - P. 3130. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3130-x.

[74] Bevan A. J., Druzhinin V.P., Eidelman S., Poluektov A., Kuzmin A., Shwartz B., Solodov E.P., Todyshev K. Yu., Vinokurova A., Akhmetshin R., Arinstein K., Aulchenko V., Bedny I., Beilene D., Blinov V.E., Bondar A., Botov A.A., Bukin A.D., Buzykaev A.R., Dneprovsky L., Gabyshev N., Garmash A., Golubev V.B., Ivanchenko V.N., Korol A.A., Kravchenko E. A., Krokovny P., Lukin P., Matvienko D., Onuchin A.P., Romanov A.L., Root N., Serebnyakov S.I., Shebalin V., Sidorov A., Sidorov V., Skovpen Yu. I., Telnov V. I., Usov Y., Vorobyev V., Yushkov A. N., Zhilich V., Zhulanov V., Zyukova O. The Physics of the B Factories. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 11. - P. I-898. - (В списке авторов ошибочно указан Romanov L.). - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3026-9.

[75] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V. M., Maslennikov A. L., Maximov D.A., Peleganchuk S. V., Rezanova O. L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu. A. Measurements of jet vetoes and azimuthal decorrelations in dijet events produced in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 11. - P. 3117. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3117-7.

[76] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V. M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S. V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu. A. Measurement of the  $t(\bar{t})$  production cross-section using e<sup>+</sup>e<sup>-</sup> events with b-tagged

jets in pp collisions at root s=7 and 8 TeV with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 10. - P. 3109. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3109-7.

[77] Brambilla, N. Eidelman S., et al. QCD and strongly coupled gauge theories: challenges and perspectives. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 10. - P. 2981. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2981-5.

[78] Abelev B. ALICE Collab., Pestov Y. Neutral pion production at midrapidity in pp and Pb-Pb collisions at root(NN)-N-S=2.76 TeV. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 10. - P. 3108. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3108-8.

[79] Abelev B. ALICE Collab., Pestov Y. Event-by-event mean p(T) fluctuations in pp and Pb-Pb collisions at the LHC. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 10. - P. 3077. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3077-y.

[80] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Study of  $\chi(b)$  meson production in pp collisions at root s=7 and 8 TeV and observation of the decay  $\chi_b(3P) \rightarrow \gamma(3S) \gamma$ . // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 10. - P. 3092. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3092-z.

[81] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu. A. Electron and photon energy calibration with the ATLAS detector using LHCRun 1 data. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 10. - P. 3071. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3071-4.

[82] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu. A. Light-quark and gluon jet discrimination in collisions at root s=7 TeV with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 8. - P. 3023. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-3023-z.

[83] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu. A. Measurement of the centrality and pseudorapidity dependence of the integrated elliptic flow in lead-lead collisions at root S-NN=2.76 TeV with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL

JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 8. - P. 2982. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2982-4.

[84] Abelev, B. ALICE Collab., Pestov Y. Measurement of quarkonium production at forward rapidity in collisions at TeV. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 8. - P. 2974. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2974-4.

[85] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V. M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S. V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the underlying event in jet events from 7 proton-proton collisions with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 8. - P. 2965. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2965-5.

[86] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Electron reconstruction and identification efficiency measurements with the ATLAS detector using the 2011 LHC proton-proton collision data. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 7. - P. 2941. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2941-0.

[87] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Beloborodova O.L., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Maslennikov A. L., Maximov D.A., Orlov I., Peleganchuk S. V., Schamov A.G., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. The differential production cross section of the  $\phi(1020)$  meson in roots=7 TeV pp collisions measured with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 7. - P. 2895. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2895-2.

[88] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Beloborodova O.L., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for direct top squark pair production in events with a boson-jets and missing transverse momentum in TeV collisions with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 6. - P. 2883. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2883-6.

[89] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of charged particle multiplicities and densities in pp collisions root s=7 TeV in the forward region. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 5. - P. 2888. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2888-1.

- [90] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of  $\psi(2S)$  polarisation in pp collisions at root s=7 TeV. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 5. - P. 2872. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2872-9.
- [91] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the B-c(+) meson lifetime using B-c(+)  $\rightarrow$  J/ $\psi$   $\mu^+\nu$  X -  $\mu$  decays. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 5. - P. 2839. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2839-x.
- [92] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of Upsilon production in collisions at root s=2.76 TeV. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, Is. 4. - P. 2835. - ISSN 1434-6044, DOI 10.1140/epjc/s10052-014-2835-1.
- [93] Korneev V.N., Lanina N.F., Zabelin A.V., Tolochko B.P., Vazina A.A. Instrumental and methodical approaches to the study of thetrans formation of nanostructural parameters in biological objects. // GLASS PHYSICS AND CHEMISTRY. - 2014. - Vol. 40, Is. 4. - P. 457-466. - ISSN 1087-6596, DOI 10.1134/S108765961404004X.
- [94] Grigoriev D.N., Akhmetshin R.R., Babichev E.A., Borovlev YuA., Chistokhin I.B., Ivannikova N.V., Kazanin V.F., Kuznetsov G.N., Postupaeva A.G., Shlegel V.N., Vasiliev Ya.V. The Radiation hard BGO crystals for astrophysics applications. // IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE. - 2014. - Vol. 61, Is. 4. - P. 2392-2396. - ISSN 0018-9499, DOI 10.1109/TNS.2014.2327996.
- [95] Khriplovich I.B. Rudenko A.S. Gravitational four-fermion interaction in the early Universe. // II RUSSIAN-SPANISH CONGRESS ON PARTICLE AND NUCLEAR PHYSICS AT ALL. - 2014. - Vol. 1606: 2nd Russian-Spanish Congress on Particle and Nuclear Physics at all (OCT 01-04, 2013, St Petersburg, RUSSIA): AIP Conference Proc.. - P. 121-127. - ISSN 0094-243X, DOI 10.1063/1.4891123.
- [96] Barsukov V.P., Verhoglad A.G., Gerasimov V.V., Glebus I.S., Zavyalova M.A., Knyazev B.A., Makarov S.N., Stupak M.F., Ovchar V.K., Rodionov D.G., Choporova Yu.Yu., Shtatnov V.Yu. A terahertz scanning near-field optical microscope with an attenuated total internal reflection module. // INSTRUMENTS AND EXPERIMENTAL TECHNIQUES. - 2014. - Vol. 57, Is. 5. - P. 579-586. - ISSN 0020-4412, DOI 10.1134/S0020441214040125.
- [97] Kovalenko Yu.V. Yakovlev D.V. An ECRH control and data acquisition system on the gas dynamic trap. // INSTRUMENTS AND EXPERIMENTAL TECHNIQUES. - 2014. - Vol. 57, Is. 5. - P. 601-606. - ISSN 0020-4412, DOI 10.1134/S0020441214050078.
- [98] Aleinik V.I., Kasatov D.A., Makarov A.N., Taskaev S.Yu. Measuring the neutron spectrum of the accelerator-based source using the time-of-flight method. // INSTRUMENTS AND EXPERIMENTAL TECHNIQUES. - 2014. - Vol. 57, Is. 4. - P. 381-385. - ISSN 0020-4412, DOI 10.1134/S0020441214030026.
- [99] Sorokin I.N. Taskaev S.Yu. A voltage buildup at high-voltage vacuum gaps of a tandem accelerator with vacuum insulation. // INSTRUMENTS AND EXPERIMENTAL TECHNIQUES. - 2014. - Vol. 57, Is. 4. - P. 377-380. - ISSN 0020-4412, DOI 10.1134/S0020441214030099.
- [100] Abelev, B. ALICE Collab., Pestov Y. Performance of the ALICE experiment at the CERN LHC. // INTERN. JOURNAL OF MODERN PHYSICS A. - 2014. - Vol. 29, Is. 24. - P. 1430044. - ISSN 0217-751X, DOI 10.1142/S0217751X14300440.
- [101] Khriplovich I.B. Electromagnetic Production of an electron-positron pair in collisions of heavy nuclei. // JETP LETTERS. - 2014. - Vol. 100, Is. 8. - P. 494-496. - ISSN 0021-3640, DOI 10.1134/S0021364014200077.
- [102] Dimov, G.I. Helium-3 from the moon for the low radioactive nuclear energetics. // JOURNAL OF FUSION ENERGY. - 2014. - Vol. 33, Is. 5. - P. 453-455. - ISSN 0164-0313, DOI 10.1007/s10894-014-9711-8.
- [103] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Tikhonov Yu.A. Search for pair and single production of new heavy quarks that decay to a Z boson and a third-generation quark in pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 11. - P. 104. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP11(2014)104.
- [104] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V. M., Maslennikov A. L., Maximov D.A., Peleganchuk S. V., Rezanova O. L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu. A. Search for long-lived neutral particles decaying into lepton jets in proton-proton collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 11. - P. 088. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP11(2014)088.
- [105] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP asymmetry in B-s(0) - D-s(-/+) K-/-/+ decays. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 11. - P. UNSP 060. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP11(2014)060.
- [106] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F.,

Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for neutral Higgs bosons of the minimal supersymmetric standard model in pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 11. - P. 056. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP11(2014)056.

[107] Santelj L., BELLE Collab. Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Measurement of time-dependent CP violation in  $B^0 \rightarrow \eta'K^0$  decays. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 10. - P. UNSP 165. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP10(2014)165.

[108] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of differential production cross-sections for a Z boson in association with b-jets in 7 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 10. - P. 141. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP10(2014)141.

[109] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for the direct production of charginos, neutralinos and staus in final states with at least two hadronically decaying tau s and missing transverse momentum in pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 10. - P. 096. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP10(2014)096.

[110] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the CKM angle  $\gamma$  using  $B \rightarrow DK$  with  $D \rightarrow KS\pi^+\pi^-, KSK^+K^-,$  decays. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 10. - P. 097. - P. 1-52. [arXiv:1408.2748 [hep-ex]].

[111] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the  $\chi(b)$  (3 P) mass and of the relative rate of  $\chi(b1)$  (1 P) and  $\chi(b2)$  (1 P) production. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 10. - P. 088. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP10(2014)088.

[112] Aad G., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search

for strong production of supersymmetric particles in final states with missing transverse momentum and at least three b-jets at root s=8TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 10. - P. UNSP 024. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP10(2014)024.

[113] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for CP violation in  $D^{(\pm)}$  - ( $KSK^{(\pm)}$ )- $K^0$  and  $D^s(\pm)$  - $K^s(0)\pi^{(\pm)}$  decays. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 10. - P. 025. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP10(2014)025.

[114] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V., Search for CP violation using T-odd correlations in  $D^0$  - $K^+K^-\pi^+\pi^-$  decays. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 10. - P. 005. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP10(2014)005.

[115] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for squarks and gluinos with the ATLAS detector in final states with jets and missing transverse momentum using root s=8 TeV proton-proton collision data. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 176. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)176.

[116] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP asymmetries in the decays  $B^0 \rightarrow K^-\mu^+\mu^-$  and  $B^+ \rightarrow K^+\mu^+\mu^-$ . // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 177. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)177.

[117] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the  $Z/\gamma^*$  boson transverse momentum distribution in pp collisions at root s=7 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 145. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)145.

[118] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurements of fiducial and differential cross sections for Higgs boson production in the diphoton decay channel at TeV with ATLAS. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 1-61. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)112.

[119] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for supersymmetry in events with large missing transverse momentum, jets, and at least one tau lepton in 20 fb<sup>-1</sup> of root s=8 TeV proton-proton collision data with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 103. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)103.

[120] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the production cross-section of  $\psi(2S) \rightarrow J/\psi \mu^+ \mu^- \pi^+ \pi^-$  in pp collisions at root s=7 TeV at ATLAS. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 1-49. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)079.

[121] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for new particles in events with one lepton and missing transverse momentum in pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. UNSP 037. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)037.

[122] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of Z production in proton-lead collisions at LHCb. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 030. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)030.

[123] Boussarie R., Grabovsky A. V., Szymanowski L., Wallon S. Impact factor for high-energy two and three jets diffractive production. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 026. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)026.

[124] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for direct pair production of the top squark in all-hadronic final states in proton-proton collisions at=8 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 9. - P. 015. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP09(2014)015.

[125] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V.

Study of the kinematic dependences of Lambda(0)(b) production in pp collisions and a measurement of the Lambda(0)(b) - Lambda(+)(c)pi(-) branching fraction. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 8. - P. 143. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP08(2014)143.

[126] Feldman A., Pomeransky A. General triple charged black ring solution in supergravity. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 8. - P. 059. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP08(2014)059.

[127] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of chi(c1) and chi(c2) production with root s=7 TeV pp collisions at ATLAS. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 7. - P. 154. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP07(2014)154.

[128] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of the B-s(0) - J/psi (KsK +/-)-K-0 pi(-/+) decay. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 7. - P. 140. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP07(2014)140.

[129] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of the Lambda(0)(b) - J/psi pi pi(-) decay. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 7. - P. 103. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP07(2014)103.

[130] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Study of production and cold nuclear matter effects in pPb collision sat=5 TeV. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 7. - P. 094. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP07(2014)094.

[131] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP asymmetry in D-0 - K- K+ and D-0 - pi(-) pi(+)-decays. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 7. - P. 041. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP07(2014)041.

[132] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Differential branching fractions and isospin asymmetries of B - K ((\*)mu (+) mu (-) decays. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 6. - P. 133. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP06(2014)133.

[133] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for direct top-squark pair



production in final states with two leptons in pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 6. - P. 124. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP06(2014)124.

[134] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for supersymmetry at root s=8 TeV in final states with jets and two same-sign leptons or three leptons with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 6. - P. 035. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP06(2014)035.

[135] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for top quark decays  $t \rightarrow q H$  with  $H \rightarrow \gamma \gamma$  using the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 6. - P. 008. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP06(2014)008.

[136] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Evidence for the decay  $B_c^+ \rightarrow J/\psi 3 \pi^+ 2 \pi^-$ . // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 5. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP05(2014)148.

[137] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Angular analysis of charged and neutral  $B \rightarrow K \mu^+ \mu^-$  decays. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 5. - P. 082. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP05(2014)082.

[138] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for direct production of charginos, neutralinos and sleptons in final states with two leptons and missing transverse momentum in pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 5. - P. 071. - P. 1-52. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP05(2014)071.

[139] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the production of a W boson in association with a charm quark in pp collisions at root s=7 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 5. - P. 1-67. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP05(2014)068.

[140] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of polarization amplitudes and CP asymmetries in  $B^0 \rightarrow \phi K^*(892)^0$ . // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 5. - P. 069. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP05(2014)069.

[141] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of dijet cross-sections in pp collisions at 7 TeV centre-of-mass energy using the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 5. - P. 059. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP05(2014)059.

[142] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for direct production of charginos and neutralinos in events with three leptons and missing transverse momentum in root s=8 TeV pp collisions with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 4. - P. 169. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP04(2014)169.

[143] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the production cross section of prompt  $J/\psi$  mesons in association with a W (+/-) boson in pp collisions root s=7 TeV with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 4. - P. 172. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP04(2014)172.

[144] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurements of the  $B^+$ ,  $B^0$ ,  $B_s(0)$  meson and  $\Lambda(0)b$  baryon lifetimes. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 4. - P. 114. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP04(2014)114.

[145] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of associated production of a Z boson with a D meson in the forward region. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 4. - P. 91. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP04(2014)091.

[146] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Searches for and decays to and final states with first observation of the decay. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 4. - P. 087. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP04(2014)087.

[147] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the electroweak production of dijets in association with a Z-boson and distributions sensitive to vector boson fusion in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV using the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 4. - P. 031. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP04(2014)031.

[148] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Addendum: Observation of double charm production involving open charm in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 3. - P. 108. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP03(2014)108.

[149] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Measurement of charged jet suppression in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=2.76$  TeV. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 3. - P. 013. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP03(2014)013.

[150] Aad G., Atlas Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the top quark pair production charge asymmetry in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 2. - P. 107. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP02(2014)107.

[151] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Study of  $J/\psi$  production and cold nuclear matter effects in pPb collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5$  TeV. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 2. - P. 072. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP02(2014)072.

[152] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y.  $J/\psi$  production and nuclear effects in p-Pb collisions at  $\sqrt{s}=5.02$  TeV. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 2. - P. 073. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP02(2014)073.

[153] Bicer M. (Design Study Working Grp), Gramolin A., Telnov V. First look at the physics case of TLEP. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 1. - P. 164. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP01(2014)164. [arXiv:1308.6176 [hep-ex]].

[154] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for new phenomena in final

states with large jet multiplicities and missing transverse momentum at  $\sqrt{s}=8$  TeV proton-proton collisions using the ATLAS experiment (vol 10, pg 130, 2013). // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 1. - P. 109. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP01(2014)109.

[155] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Study of forward Z plus jet production in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - Is. 1. - P. 033. - ISSN 1029-8479, DOI 10.1007/JHEP01(2014)033.

[156] Thumm M.K.A., Arzhannikov A.V., Astrelin V.T., Burdakov A.V., Ivanov I.A., Kalinin P.V., Kandaurov I.V., Kurkuchekov V.V., Kuznetsov S.A., Makarov M.A., Mekler K.I., Polosatkin S.V., Popov S.A., Postupaev V.V., Rovenskikh A.F., Sinitsky S.L., Sklyarov V.F., Stepanov V.D., Truneev Yu.A., Timofeev I.V., Vyacheslavov L.N. Generation of high-power sub-THz waves in magnetized turbulent electron beam plasmas. // JOURNAL OF INFRARED MILLIMETER AND TERAHERTZ WAVES. - 2014. - Vol. 35, Is. 1. - P. 81-90. - ISSN 1866-6892, DOI 10.1007/s10762-013-9969-3.

[157] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Precision luminosity measurements at LHCb. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P12005. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/12/P12005.

[158] Abelev B., Alice Collab., Pestov Y. Measurement of visible cross sections in proton-lead collisions at  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV in van der Meer scans with the ALICE detector. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P11003. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/11/P11003.

[159] Akhmetshin R. R., Grigoriev D. N., Kazanin V. F., Kuzmenko A. E., Yudin Yu. V. Performance of the BGO endcap calorimeter of the CMD-3 detector. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst. Nucl. Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C10002. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/10/C10002.

[160] Basok I.Yu., Blinov V.E., Bykov A.V., Kharlamova T.A., Prisekin V.G., Rodyakin V.A., Savinov G.A., Shamov A.G., Todyshev K.Yu. New drift chamber for the KEDR detector. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, Feb 24 - Mar 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA: JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9 - P. C10004. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/10/C10004.

[161] Bobrovnikov V.S., Grigoriev D.N., Kaminskiy V.V., Kudryavtsev V.N., Muchnoi N.Yu., Rezanova O.L., Shekhtman L.I., Zhilich V.N. The energy

calibration system of the KEDR tagger. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, Feb 24 - Mar 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA: JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C10017. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/10/C10017.

[162] Kozyrev A.N., Aulchenko V.M., Epshteyn L.B., Epifanov D.A., Popov A.S., Ruban A.A., Selivanov A.N., Talyshev A.A., Titov V.M., Yudin Y.V. The CMD-3 TOMA DAQ infrastructure. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C10016. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/10/C10016.

[163] Polosatkin S., Grishnyaev E., Dolgov A. On calibration of the response of liquid argon detectors to nuclearrecoils using in elastic neutron scattering on Ar-40. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P10017. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/10/P10017.

[164] Shebalin V.E., Anisenkov A.V., Bashtovoy N.S., Epifanov D.A., Erofeev A.L., Grebenuk A.A., Karpov S.V., Khazin B.I., Kovalenko O.A., Kozyrev A.N., Kuzmin A.S., Mikhailov K.Yu., Razuvaev G.P., Ruban A.A., Shwartz B.A., Titov V.M., Talyshev A.A., Yudin Yu.V. Combined Liquid Xenon and crystal CsI calorimeter of the CMD-3 detector. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C10013. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/10/C10013.

[165] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Y.A. A neural network clustering algorithm for the ATLAS silicon pixel detector. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P09009. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/P09009.

[166] Akhmetshin R.R., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.S., Bashtovoy N.S., Berkaev D.E., Bragin A.V., Eidelman S.I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G.V., Gayazov S.E., Grebenuk A.A., Grigoriev D.N., Gromov E.M., Ignatov F.V., Karpov S.V., Ivanov V.L., Kazanin V.F., Khazin B.I., Kirpotin A.N., Koop I.A., Kovalenko O.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krovovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P.A., Lysenko A.P., Mikhailov K.Yu., Okhapkin V.S., Pestov Yu.N., Perevedentsev E.A., Popov A.S., Popov Yu.S., Razuvaev G.P., Rogovsky Yu.A., Romanov A.L., Ruban A.A., Ryskulov N.M., Ryzhenenkov A.E., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D.B., Sibidanov A.L., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Solodov E.P.,

Titov V.M., Talyshev A.A., Vorobiov A.I., Yudin Yu.V., Zharinov Yu.M. Current status of luminosity measurement with the CMD-3 detector at the VEPP-2000  $e^+e^-$  collider. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09003. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09003.

[167] Aulchenko V., Cheon B. G., Kuzmin A., Matvienko D., Miyabayashi K., Nakamura I., Shebalin V., Usov Y., Zhulanov V. Upgrade of trigger and DAQ for CsI at Belle II. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09014. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09014.

[168] Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Gulevich V.V., Danilyuk A.F., Katcin A.A., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Kuyanov I.A., Onuchin A.P., Ovtin I.V., Rodyakin V.A. Threshold aerogel Cherenkov counters of the KEDR detector. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, Feb 24 - Mar 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA: JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09005. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09005.

[169] Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Danilyuk A.F., Golubev V.B., Gulevich V.V., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Martin K.A., Serednyakov S.I., Vesenev V.M. Particle identification system based on dense aerogel for SND detector at VEPP-2000 collider. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09023. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09023.

[170] Blinov V.E., Kaminsky V.V., Kudryavtsev V.N., Muchnoi N.Yu., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Shekhtman L.I. The project of laser polarimeter for beam energy measurement of VEPP-4M collider by resonance depolarization method. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, Feb 24 - Mar 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA: JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09010. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09010.

[171] Epshteyn, L.B. Yudin Yu.V. Processing of the Liquid Xenon calorimeter's signals for timing measurements. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09019. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09019.

[172] Fedotov G. V., Kozyrev A. N., Kulidzhoglyan V. A., Ruban A. A., Ryskulov N. M., Ryzhenenkov A.

- E., Shemyakin D. N., Tolmachev S. S. Upgrade of the CMD-3 TOF system. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09022. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09022.
- [173] Grigoriev D. N., Danevich F. A., Shlegel V. N., Vasiliev Ya. V. Development of crystal scintillators for calorimetry in high energy and astroparticle physics. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09004. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09004.
- [174] Kudryavtsev V.N., Shekhtman L.I., Bobrovnikov V.S., Maltsev T.V., Nikolenko D.N., Rachek I.A. The development of high resolution coordinate detectors for the DEUTERON facility. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (Feb.24-Mar.1 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9: - P. C09024. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09024.
- [175] Miyabayashi K., (Belle II Electromagnetic Calorimet), Aulchenko V., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Shwartz B., Usov Y., Vinokurova A., Zhulanov V. Upgrade of the Belle II electromagnetic calorimeter. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P09011.
- [176] Shekhtman, L.I. Telnov V.I. A concept of the photon collider beam dump. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09031. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09031.
- [177] Surin I. K., Achasov M. N., Golubev V. B., Serednyakov S. I., Bogdanchikov A. G., Druzhinin V. P., Koshuba S. V., Kovrizhin D. P., Tekut'ev A. I., Usov Yu. V. New electronics with high time and energy resolution for SND detector calorimeter. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09025. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09025.
- [178] Telnov, V.I. Photon collider Higgs factories. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09020. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09020.
- [179] Telnov V.I. Energy calibration at high-energy photon colliders. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C09029. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/09/C09029.
- [180] Aad G., ATLAS Collaboration, Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Operation and performance of the ATLAS semiconductor tracker. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. UNSP P08009. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/P08009.
- [181] Abramov G.N., Ahmetshin R.R., Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., BasokYu., Blinov V.E., Bobrovnikov V.S., Borodenko A.A., Buzykaev A.R., Grigoriev D.N., Gulevich V.V., Kazanine V.F., Kravchenko E.A., Kononov S.A., Kudryavtsev V.N., Kuyanov I.A., Muchnoy N.Yu., Ovtin I.V., Shekhtman L.I., Onuchin A.P., Prisekin V.G., Rodiakin V.A., Yudin Yu.V., Zhilich V.N. Extracted electron and gamma beams in BINP. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9: - P. C08022. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08022.
- [182] Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Beloborodov K.I., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Golubev V.B., Kononov S.A., Koshuba S.V., Kravchenko E.A., Martin K.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Vesenev V.M. Test results of the threshold aerogel Cherenkov counter system with  $n=1.05$  using electrons and muons at  $p=500$  MeV/c. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. UNSP C08010. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08010.
- [183] Bondar A., Buzulutskov A., Dolgov A., Shekhtman L., Shemyakina E., Sokolov A., Breskin A., Thers D. Performance degradation of Geiger-mode APDs at cryogenic temperatures. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P08006. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/P08006.
- [184] Bondar A., Buzulutskov A., Dolgov A., Grishnyaev E., Polosatkin S., Shemyakina E., Sokolov A. Nuclear recoil detection in liquid argon using a two-phase CRAD and DD neutron generator. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24 - MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C08020. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08020.
- [185] Fedotov G.V., Shekhtman L.I., Ruban A.A., Kozyrev A.N. Proposal for the upgrade of the tracking and trigger systems of the CMD-3 detector. // Intern.

Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C08008. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08008.

[186] Gaiazov S.E., Banzarov V.S., Ignatov F.V., Logashenko I.B., Pirogov S.A., Sukharev A.M., Zaytsev A.S. Distributed data analysis system for CMD-3 detector. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C08011. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08011.

[187] Golubev V.B., Dimova T.V., Koshuba S.V., Oleinikov V.P., Rogozina E.V., Shtol D.A. Muon system of SND detector. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24 - MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl. Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - Art. nr C08006: .

[188] Kaminskiy V.V. Muchnoi N.Yu., Zhilich V.N. Compton backscattering for the calibration of KEDR tagging system. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, Feb 24 -Mar 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA: JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C08021. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08021.

[189] Shekhtman L.I., Aulchenko V.M., Bobrovnikov V.S., Bondar A.E., Fedotovich G.V., Kudryavtsev V.N., Maltsev T.V., Nikolaev I.B., Nikolenko D.M., Rachek I.A., Zhilich V.N., Zhulanov V.V. Development of high resolution tracking detectors with Gas Electron Multipliers. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C08017. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08017.

[190] Sukharev A.M., KEDR Collab., Anashin V.V., Aulchenko V.M., Baldin E.M., Barladyan A.K., Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Baru S.E., Basok I.Yu., Bedny I.V., Beloborodova O.L., Blinov A.E., Blinov V.E., Bobrov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogomyagkov A.V., Bondar A.E., Buzykaev A.R., Eidelman S.I., Glukhovchenko Yu.M., Gulevich V.V., Gusev D.V., Karnaev S.E., Karpov G.V., Karpov S.V., Kharlamova T.A., Kiselev V.A., Kononov S.A., Kotov K.Yu., Kravchenko E.A., Kulikov V.F., Kuper E.A., Kurkin G.Ya., Levichev E.B., Maksimov D.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Medvedko A.S., Meshkov O.I., Mishnev S.I., Morozov I.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Okunev I.N., Onuchin A.P., Oreshkin S.B., Orlov I.O., Osipov A.A., Peleganchuk S.V., Petrov V.V., Piminov P.A., Pivovarov S.G., Poluektov A.O., Pospelov G.E., Prisekin V.G., Ruban A.A., Sandyrev V.K., Savinov G.A., Shamov A.G., Shatilov D.N., Shwartz B.A., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Skovpen Yu.I., Skrinky A.N., Smaluk

V.V., Sokolov A.V., Starostina E.V., Talyshev A.A., Tayursky V.A., Telnov V.I., Tikhonov Yu.A., Todyshev K.Yu., Tumaikin G.M., Usov Yu.V., Vorobiov A.I., Yushkov A.N., Zhilich V.N., Zhulanov V.V., Zhuravlev A.N. Muon system of the KEDR detector. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, (Feb 24 - Mar 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C08026. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08026.

[191] Vorobyev V., Kuzmin A., Matvienko D., Vinokurova A. Test bench of shaper-digitizer modules for Belle II calorimeter. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Budker Inst Nucl Phys, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C08016. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/08/C08016.

[192] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Monitoring and data quality assessment of the ATLAS liquid argon calorimeter. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P07024. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/07/P07024.

[193] Berger N., Buniatyan A., Eckert P., Foerster F., Gredig R., Kovalenko O., Kiehn M., Philipp R., Schoening A., Wiedner D. Multiple Coulomb scattering in thin silicon. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P07007. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/07/P07007.

[194] Achasov, M.N. Muchnoi N.Yu. Beam energy determination in experiments at electron-positron colliders. // Intern. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (FEB 24-MAR 01, 2014, Novosibirsk, RUSSIA): JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. C06011. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/06/C06011.

[195] Kaminskiy V.V., Gramolin A.V., Mishnev S.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Nikolenko D.M., Rachek I.A., Toporkov D.K., Zhilich V.N. Beam energy measurements for an experiment on elastic  $e^+p$  scattering at the VEPP-3 storage ring. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. T06006. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/06/T06006.

[196] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Standalone vertex finding in the ATLAS muon spectrometer. // JOURNAL OF INSTRUMENTATION. - 2014. - Vol. 9. - P. P02001. - ISSN 1748-0221, DOI 10.1088/1748-0221/9/02/P02001.

- [197] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of charmonium pairs produced exclusively in pp collisions. // JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS. - 2014. - Vol. 41, Is. 11. - P. UNSP 115002. - ISSN 0954-3899, DOI 10.1088/0954-3899/41/11/115002.
- [198] Gramolin A.V., Fadin V.S., Feldman A.L., Gerasimov R.E., Nikolenko D.M., Rachek I.A., Toporkov D.K. A new event generator for the elastic scattering of charged leptons on protons. // JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS. - 2014. - Vol. 41, Is. 11. - P. 115001. - ISSN 0954-3899, DOI 10.1088/0954-3899/41/11/115001.
- [199] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Upgrade of the ALICE experiment letter of intent. // JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS. - 2014. - Vol. 41, Is. 8. - P. 087001. - ISSN 0954-3899.
- [200] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Technical Design Report for the Upgrade of the ALICE Inner Tracking System. // JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS. - 2014. - Vol. 41, Is. 8. - P. 087002. - ISSN 0954-3899.
- [201] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Updated measurements of exclusive  $J/\psi$  and  $\psi(2S)$  production cross-sections in pp collisions at root  $s=7$  TeV. // JOURNAL OF PHYSICS G-NUCLEAR AND PARTICLE PHYSICS. - 2014. - Vol. 41, Is. 5. - P. 055002. - ISSN 0954-3899, DOI 10.1088/0954-3899/41/5/055002.
- [202] Goryainov S.V., Likhacheva A.Y., Rashchenko S.V., Shubin A.S., Afanas'ev V.P., Pokhilenko N.P., Raman identification of lonsdaleite in Popigai impactites. // JOURNAL OF RAMAN SPECTROSCOPY. - 2014. - Vol. 45, Is. 4. - P. 305-313. - ISSN 0377-0486, DOI 10.1002/jrs.4457.
- [203] Vereschagin K.A., Vorob'ev N.S., Gornostaev P.B., Zinin E.I., Ivanova S.R., Kulichenkova T.P., Levina G.P., Lozovoi V.I., Makushina V.A., Meshkov O.I., Mikhal'kov Yu.M., Semichastnova Z.M., Smirnov A.V., Shashkov E.V., Schelev M.Ya. Laser Diagnostics of picosecond streak tubes supplied with fast-response phosphor screens. // JOURNAL OF RUSSIAN LASER RESEARCH. - 2014. - Vol. 35, Is.6. - P. 617 -622. - ISSN 1071-2836, DOI 10.1007/s10946-014-9469-5.
- [204] Khatsymovsky V.M. Some minisuperspace model for the Faddeev formulation of gravity. // MODERN PHYSICS LETTERS A. - 2014. - Vol. 29, Is. 27. - P. 1450141. [arXiv:1408.6375].
- [205] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of  $B_s(0) - K^* (+/-) K^{-/+}$  and evidence for  $B_s(0) - K^*(-)\pi(+)$  decays. // NEW JOURNAL OF PHYSICS. - 2014. - Vol. 16. - ISSN 1367-2630, DOI 10.1088/1367-2630/16/12/123001.
- [206] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the cross-section of high transverse momentum vector bosons reconstructed as single jets and studies of jet substructure in pp collisions at root  $s=7$ TeV with the ATLAS detector. // NEW JOURNAL OF PHYSICS. - 2014. - Vol. 16. - P. 113013. - ISSN 1367-2630, DOI 10.1088/1367-2630/16/11/113013.
- [207] Reusch, J. A. Anderson J. K., Tsidulko Y. Full particle orbit tracing with the RIO code in the presence of broad-spectrum MHD activity in a reversed-field pinch. // NUCLEAR FUSION. - 2014. - Vol. 54: 13th IAEA Technical Meeting on Energetic Particles in Magnetic (SEP 17-20, 2013, Peking Univ, Fus Simulat Ctr, Beijing, PEOPLES R CHINA), Is. 10. - P. 104007. - ISSN 0029-5515, DOI 10.1088/0029-5515/54/10/104007.
- [208] Bagryansky P.A., Kovalenko Yu.V., Savkin V.Ya., Solomakhin A.L., Yakovlev D.V. First results of an auxiliary electron cyclotron resonance heating experiment in the GDT magnetic mirror. // NUCLEAR FUSION. - 2014. - Vol. 54, Is. 8. - P. 082001. - ISSN 0029-5515, DOI 10.1088/0029-5515/54/8/082001.
- [209] Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Basok I.Yu., Blinov V.E., Bobrovnikov V.S., Borodenko A.A., Buzykaev A.R., Danilyuk A.F., Degenhardt C., Dorscheid R., Finogeev D.A., Frach T., Gulevich V.V., Karavicheva T.L., Kasyanenko P.V., Kononov S.A., Korda D.V., Kravchenko E.A., Kudryavtsev V.N., Kurepin A.B., Kuyanov I.A., Muelhens O., Onuchin A.P., Ovtin I.V., Podgornov N.A., Predein A.Yu., Prisekin V.G., Protsenko R.S., Razin V.I., Reshetin A.I., Schulze R., Shekhtman L.I., Talyshev A.A., Usenko E.A., Zwaans B. Tests of FARICH prototype with precise photon position detection. // 8th Intern. Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH) (DEC 02-06, 2013, Nagoya Univ, JAPAN): NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS. - 2014. - Vol. 766. - P. 88-91. - ISSN 0168-9002, DOI 10.1016/j.nima.2014.04.086.
- [210] Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Gulevich V.V., Danilyuk A.F., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Kuyanov I.A., Lopatin S.A., Onuchin A.P., Ovtin I.V., Podgornov N.A., Porosev V.V., Predein A.Yu., Protsenko R.S. Aerogel for FARICH detector. // 8th Intern. Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH) (DEC 02-06, 2013, Nagoya Univ, JAPAN): NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A. ACCELERATORS. - 2014. - Vol. 766. - P. 235-236. - ISSN 0168-9002, DOI 10.1016/j.nima.2014.05.023.

- [211] Acosta G., Andre T., Bermudez J., Blinov M. F., Jamet C., Logatchev P. V., Semenov Y. I., Starostenko A. A., Tecchio L. B., Tsyganov A. S., Udup E., Vasquez J. Measurement of the response time of the delay window for the neutron converter of the SPIRAL2 project. // NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS. - 2014. - Vol. 758. - P. 83-90. - ISSN 0168-9002, DOI 10.1016/j.nima.2014.05.018.
- [212] Pestrikov D.V. Landau damping and the head-tail instability of the coupled synchro-betatron coherent oscillations (vol 743, pg 51, 2014). // NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS. - 2014. - Vol. 758. - P. 97-97. - ISSN 0168-9002, DOI 10.1016/j.nima.2014.03.036.
- [213] Abakumova E.V., Achasov M.N., Berkaev D.E., Kaminsky V.V., Koop I.A., Korol A.A., Koshuba S.V., Krasnov A.A., Muchnoi N.Yu., Perevedentsev E.A., Pyata E.E., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Shwartz D.B. A system of beam energy measurement based on the Compton back scattered laser photons for the VEPP-2000 electron-positron collider. // NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS. - 2014. - Vol. 744. - P. 35-40. - ISSN 0168-9002, DOI 10.1016/j.nima.2014.01.020.
- [214] Pestrikov D.V. Landau damping and the head-tail instability of the coupled synchro-betatron coherent oscillations. // NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS. - 2014. - Vol. 743. - P. 51-55. - ISSN 0168-9002, DOI 10.1016/j.nima.2014.01.019.
- [215] Pestrikov D.V. Effect of the lattice octupole fields on the synchro-betatron mode coupling instability. // NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION A-ACCELERATORS. - 2014. - Vol. 738. - P. 34-40. - ISSN 0168-9002, DOI 10.1016/j.nima.2013.12.004.
- [216] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the total cross section from elastic scattering in pp collisions at root s=7 TeV with the ATLAS detector. // NUCLEAR PHYSICS B. - 2014. - Vol. 889. - P. 486-548. - ISSN 0550-3213, DOI 10.1016/j.nuclphysb.2014.10.019.
- [217] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP violation and constraints on the CKM angle gamma in B+/- - DK +/- with D - K-s(0)pi(+)-pi(-) decays. // NUCLEAR PHYSICS B. - 2014. - Vol. 888. - P. 169-193. - ISSN 0550-3213, DOI 10.1016/j.nuclphysb.2014.09.015.
- [218] Aaij R., ATLAS Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Evidence for the decay X(3872) -> psi(2S) gamma. // NUCLEAR PHYSICS B. - 2014. - Vol. 886. - P. 665-680. - ISSN 0550-3213, DOI 10.1016/j.nuclphysb.2014.06.011.
- [219] Huber A., Arakcheev A., Sergienko G., Stuedel I., Wirtz M., Burdakov A. V., Coenen J. W., Kreter A., Linke J., Mertens P.h., Philipps V., Pintsuk G., Reinhart M., Samm U., Shoshin A., Schweer B., Unterberg B., Zlobinski M. Investigation of the impact of transient heat loads applied by laser irradiation on ITER-grade tungsten. // PHYSICA SCRIPTA. - 2014. - Vol. T159. - P. 014005. - ISSN 0031-8949, DOI 10.1088/0031-8949/2014/T159/014005.
- [220] Krachkov P.A. Lee R.N., Milstein A.I. High-energy e+e- photo production in the field of a heavy atom accompanied by bremsstrahlung. // PHYSICAL REVIEW A. - 2014. - Vol. 90, Is. 6. - P. 062112. - ISSN 1050-2947, DOI 10.1103/PhysRevA.90.062112.
- [221] Di Piazza A. Milstein A.I. Ultrarelativistic quasiclassical wave functions in strong laser and atomic fields. // PHYSICAL REVIEW A. - 2014. - Vol. 89, Is. 6. - P. 062114. - ISSN 1050-2947, DOI 10.1103/PhysRevA.89.062114.
- [222] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Multiparticle azimuthal correlations in p-Pb and Pb-Pb collisions at the CERN Large Hadron Collider. // PHYSICAL REVIEW C. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - P. UNSP 054901. - ISSN 0556-2813, DOI 10.1103/PhysRevC.90.054901.
- [223] Adlarson P., WASA-At-COSY Collab., Bondar A., Kuzmin A., Shwartz B. Measurement of the eta - pi(+)-pi(-)-pi(0) Dalitz plot distribution. // PHYSICAL REVIEW C. - 2014. - Vol. 90, Is. 4. - P. 045207. - ISSN 0556-2813, DOI 10.1103/PhysRevC.90.045207.
- [224] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of long-range pseudo-rapidity correlations and azimuthal harmonics in root s(NN)=5.02 TeV proton-lead collisions with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW C. - 2014. - Vol. 90, Is. 4. - P. 044906. - ISSN 0556-2813, DOI 10.1103/PhysRevC.90.044906.
- [225] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of event-plane correlations in root s(NN)=2.76 TeV lead-lead collisions with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW C. - 2014.

- Vol. 90, Is. 2. - P. 024905. - ISSN 0556-2813, DOI 10.1103/PhysRevC.90.024905.

[226] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Two- and three-pion quantum statistics correlations in Pb-Pb collisions at root S-NN=2.76 TeV at the CERN Large Hadron Collider. // PHYSICAL REVIEW C. - 2014. - Vol. 89, Is. 2. - P. 024911. - ISSN 0556-2813, DOI 10.1103/PhysRevC.89.024911.

[227] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for the weak decays  $J/\psi - D\text{-s}(\text{0}^*\text{0})\text{-} e^+\nu(e) + \text{c.c.}$  // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 11. - P. 112014. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.112014.

[228] Lees J.P., BABAR Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Search for new  $\pi(0)$ -like particles produced in association with a tau-lepton pair. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 11. - P. UNSP 112011. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.112011.

[229] Achasov M.N., Barnyakov A.Yu., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Berkaev D.E., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kardapoltsev L.V., Kasaev A.S., Kharlamov A.G., Kirpotin A.N., Koop I.A., Korol A.A., Koshuba S.V., Kovrizhin D.P., Kupich A.S., Martin K.A., Obrazovsky A.E., Pakhtusova E.V., Rogovsky Yu.A., Senchenko A.I., Serednyakov S.I., Silagadze Z.K., Shatunov Yu.M., Shtol D.A., Shwartz D.B., Skrinsky A.N., Surin I.K., Tikhonov Yu.A., Usov Yu.V., Vasiljev A.V. Study of the process  $e^+e^- \rightarrow n \text{ anti-}n$  at the VEPP-2000  $e^+e^-$  collider with the SND detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 11. - Art. nr 112007.

[230] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Comprehensive measurements of t-channel single top-quark production cross sections at root S=7 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 11. - P. 112006. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.112006.

[231] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurements of CP violation in the three-body phase space of charmless B-+/- decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 11. - P. 112004. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRev D.90.112004.

[232] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for nonpointing and delayed

photons in the diphoton and missing transverse momentum final state in 8 TeV pp collisions at the LHC using the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 11. - P. UNSP 112005. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.112005.

[233] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP violation parameters in B-0 - DK\*(0) decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 11. - P. 112002. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.112002.

[234] Lees J.P., BaBar Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu., Yushkov A.N. Measurements of direct CP asymmetries in B - X-s gamma decays using sumof exclusive decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 9. - P. 092001. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.092001.

[235] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for C-parity violation in  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma$  and  $\gamma\phi$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 9. - P.092002. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRev D.90.092002.

[236] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for the lepton flavor violating decay  $Z - e \mu$  in pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 7. - P. 072010. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.072010.

[237] Sato S., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V, Zhilich V., Zhulanov V. Observation of the decay  $B^0 \rightarrow \eta^*K^*(892)^0$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 7. - P. UNSP 072009. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.072009.

[238] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V., Dalitz plot analysis of  $B_s^0 \rightarrow \bar{D}^0 K^- \pi^+$  decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 7. - P. 072003. [arXiv:1407.7712 [hep-ex]].

[239] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurements of normalized differential cross sections for  $t(\bar{t})$  production in pp collisions at root(s)=7 TeV using the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 7. -



P.072004. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.072004.

[240] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP violation in B-s(0) -Phi Phi decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - P. 052011. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.052011.

[241] Ablikim M., BESII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of J/psi - p(p) over-bar a(0)(980) at BESIII. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - P. 052009. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.052009.

[242] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for pair-produced third-generation squarks decaying via charm quarks or in compressed supersymmetric scenarios in pp collisions at root s = 8 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.052008.

[243] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Flavor tagged time-dependent angular analysis of the B-s(0) - J/psi phi decay and extraction of Delta Gamma(s) and the weak phase phi(s) in ATLAS. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - P. 052007. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.052007.

[244] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for high-mass dilepton resonances in pp collisions at root s = 8TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - P. 052005. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.052005.

[245] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the Higgs boson mass from the H - gamma gamma and H -ZZ\* - 4l channels in pp collisions at center-of-mass energies of 7 and 8 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - P. 052004. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.052004.

[246] Lees J.P., BaBar Collab. Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu., Measurement of Collins asymmetries in inclusive production of charged pion pairs in e+e- annihilation at BABAR. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - P. 052003. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.052003.

[247] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for supersymmetry in events with four or more leptons in root s=8TeV pp collisions with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 5. - P. 052001. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.052001.

[248] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the ratio of B-c(+) branching fractions to J/psi pi+ and J/psi mu+nu\_mu final states. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 3. - P. 032009. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.032009.

[249] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Study of e+e- -> p p-bar pi0 in the vicinity of the psi(3770). // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 3. - P. 032007. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.032007.

[250] Achasov M.N., Aulchenko V.M., Barnyakov A.Yu., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Grevtsov K.A., Kardapol'tsev L.V., Kharlamov A.G., Kovrizhin D.P., Koop I.A., Korol A.A., Koshuba S.V., Lysenko A.P., Martin K.A., Obrazovsky A.E., Pakhtusova E.V., Perevedentsev E.A., Romanov A.L., Serednyakov S.I., Silagadze Z.K., Skrinsky A.N., Surin I.K., Tikhonov Yu.A., Vasiljev A.V., Shatunov P.Yu., Shatunov Yu.M., Shtol D.A. Study of the process e+e- -> eta gamma in the center-of-mass energy range 1.07-2.00 GeV. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 3. - Art. nr 032002.

[251] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for dark matter in events with a Z boson and missing transverse momentum in pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 1. - P. 012004. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.012004.

[252] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V., Measurement of the resonant and CP components in B0

→  $J/\psi \pi^+ \pi^-$  decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 1. - P. 012003. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.012003.

[253] Chobanova V., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Measurement of branching fractions and CP violation parameters in  $B \rightarrow \omega K$  decays with first evidence of CP violation in  $B^0 \rightarrow \omega K_S^0$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 1. - P. 012002. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.012002.

[254] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Precision measurement of the mass of the tau lepton. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, Is. 1. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.90.012001.

[255] Lees J.P., BABAR Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Study of the reaction  $e^+e^- \rightarrow \psi(2S) \pi^+ \pi^-$  via initial-state radiation at BABAR. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 11. - P. 111103. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.111103.

[256] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurement of the branching fraction for  $\psi(3686) \rightarrow \omega K^+ K^-$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 11. - P. 112006. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.112006.

[257] Lees J.P., BABAR Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Antideuteron production in Upsilon(nS) decays and in  $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$  at root s approximate to 10.58 GeV. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 11. - P. 111102. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.111102.

[258] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for the radiative transitions  $\psi(3770) \rightarrow \gamma \eta_c$  and  $\gamma \eta_c(2S)$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 11. - P. 112005. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.112005.

[259] Vanhoefer P., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Study of  $B^0 \rightarrow \rho^0 \rho^0$  decays, implications for the CKM angle  $\phi(2)$  and search for other  $B^0$  decay modes with a four-pion final state (vol 89, 072008, 2014). // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 11. - P. 119903. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.119903.

[260] Lees J.P., BABAR Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I.,

Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Dalitz plot analysis of  $\eta(c) - K+K-\eta$  and  $\eta(c) - K+K-\pi(0)$  in two-photon interactions. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 11. - P. 112004. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.112004.

[261] Lees J.P., BaBar Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Evidence for the baryonic decay  $(B)\overline{\text{bar}}(0) \rightarrow D-0 \Lambda$  ( $\Lambda$ ) $\overline{\text{bar}}$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 11. - P. UNSP 112002. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.112002.

[262] Peng T., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Measurement of  $D^0 - \overline{D}^0$  mixing and search for indirect CP violation using  $D^0 - K_S^0 \pi^+ \pi^-$  decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 9. - P. 091103.

[263] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the parity-violating asymmetry parameter  $a_b$  and the helicity amplitudes for the decay  $\Lambda(b) - J/\psi \Lambda(0)$  with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 9. - P. 092009. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.092009.

[264] Lee S. -H., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Measurements of the masses and widths of the (2455) and (2520) baryons. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 9. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.091102.

[265] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of electromagnetic Dalitz decays  $J/\psi \rightarrow P e^+ e^-$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 9. - P. 092008. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.092008.

[266] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of resonant and CP components in  $(B)\overline{\text{bar}}(s)(0) - J/\psi \pi^+ \pi^-$  decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 9. - P. 092006. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.092006.

[267] Lees J.P., BaBar Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Cross sections for the reactions  $e_e^- K_0 SK_0 L, K_0 SK_0 L_p, K_0 SK_0 Sp_p,$  and  $K_0 SK_0 SK_K-$  from events with initial-state radiation. //

PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 9. - P. 092002. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.092002.

[268] Lees J.P., BaBar Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Search for the decay  $(B)\overline{\text{bar}}(0) \rightarrow \Lambda\text{b}(+)(c)\text{p}\overline{\text{bar}}(p)\overline{\text{bar}}(p)$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 7. - P. 071102(R). - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.071102.

[269] Shen C. P., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Updated cross section measurement of  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-J/\psi$  and  $K_S^0 K_S^0 J/\psi$  via initial state radiation at Belle. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 7. - P. 072015. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.072015.

[270] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Study of heavy-flavor quarks produced in association with top-quark pairs at  $\sqrt{s}=7$  TeV using the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 7. - P. 072012. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.072012.

[271] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Measurement of  $\chi_{c1}$  decaying into  $\eta' K^+K^-$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 7. - P. 074030. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.074030.

[272] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for the rare decays  $J/\psi \rightarrow D_s^- \rho^+$  and  $J/\psi \rightarrow \bar{D}^0 \bar{K}^0$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 7. - P. 071101. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.071101.

[273] Ryu S., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Measurements of branching fractions of  $\tau$  lepton decays with one or more  $K_S^0$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 7. - P. 072009. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.072009.

[274] Vanhoefer P., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Study of  $B-0 \rightarrow \rho(0)\rho(0)$  decays, implications for the CKM angle  $\phi(2)$  and search for other  $B-0$  decay modes with a four-pion final state. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 7. - P. 072008. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.072008.

[275] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Precision measurements of  $B(D^+ - \mu^+)\nu(\mu)$ , the pseudoscalar decay constant  $f_{D^+}$ , and the quark mixing matrix element  $|V_{cd}V_{ub}|$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 5. - P. 051104. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.051104.

[276] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the inclusive isolated prompt photons cross section in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  TeV with the ATLAS detector using 4.6 fb<sup>-1</sup>. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 5. - P. 052004. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.052004.

[277] Kato Y., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Search for doubly charmed baryons and study of charmed strange baryons at Belle. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 5. - P. 052003. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.052003.

[278] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Amplitude analysis of the  $D^+ \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^0$  Dalitz plot. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 5. - P. 052001. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.052001.

[279] Lai Y-T, Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Search for  $B^0 \rightarrow p \bar{\Lambda} \pi^- \gamma$  at Belle. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 5. - P. 051103. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.051103.

[280] Lees J.P., BABAR Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Evidence for the decay  $B-0 - \omega \omega$  and search for  $B-0 - \omega \phi$ . // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 5. - P. 051101. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.051101.

[281] He X. H., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Search for the process  $e^+e^- \rightarrow J/\psi X(1835)$  at  $\sqrt{s}$  approximate to 10.6 GeV. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 3. - P. 032003. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.032003.

[282] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F.,

- Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for a multi-Higgs-boson cascade in  $W^{(+)}W^{(-)}b\bar{b}$  events with the ATLAS detector in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 3. - P. 032002. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRevD.89.032002.
- [283] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Studies of beauty baryon decays to  $D^0 p^{(-)}$  and  $\Lambda_c^+ h$ -final states. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 3. - P. 032001. [arXiv:1311.4823 [hep-ex]].
- [284] Lees J.P., BaBar Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Search for lepton-number violating  $B^+ \rightarrow X^{(-)}l^{(+)}l'^{(+)}$  decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 1. - P. 011102. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRev D.89.011102.
- [285] Tien K. -J., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Evidence for semileptonic  $B^- \rightarrow p\bar{p}l^{(-)}\bar{l}^{(+)}$  decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 89, Is. 1. - P. 011101. - ISSN 1550-7998, DOI 10.1103/PhysRev D.89.011101.
- [286] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Precision Measurement of the mass and lifetime of the  $\Xi^{(-)}(b)$  Baryon. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 24. - P. 242002. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.242002.
- [287] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Exclusive  $J/\psi$  Photoproduction of protons in ultraperipheral p-Pb collisions at  $\sqrt{s(NN)}=5.02$  TeV. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 23. - P. 232504. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.232504.
- [288] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Measurement of Prompt D-Meson Production in p-Pb collisions at  $\sqrt{s(NN)}=5.02$  TeV. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 23. - P. 232301. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRev Lett.113.232301.
- [289] Terekhov I.S. Vergeles S.S., Turitsyn S.K. Conditional Probability Calculations for the Nonlinear Schrodinger equation with additive noise. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 23. - P. 230602. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.230602.
- [290] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Observation of an excited  $B_c^{(+)}$  meson state with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 21. - P. 212004. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRev Lett.113.212004.
- [291] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the CP-violating phase  $\phi(s)$  in  $(B)\bar{b}(s) \rightarrow D_s + D_s^-$  decays. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 21. - P. 211801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.211801.
- [292] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of  $e^+e^- \rightarrow \pi^0 \pi^0 h_c$  and a neutral charmonium like structure  $Z_c(4020)^0$ . // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 21. - P. 212002. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRev Lett.113.212002.
- [293] Lees J.P., BABAR Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Search for a dark photon in  $e^+e^-$  collisions at BABAR. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 20. - P. 201801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.201801.
- [294] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the  $(B)\bar{b}(s) \rightarrow D_s + \pi^{(-)}$  Decays. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 17. - P. 172001. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRev Lett.113.172001.
- [295] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for scalar diphoton resonances in the mass range 65-600 GeV with the ATLAS detector in pp collision data at  $\sqrt{s}=8$  TeV. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 17. - P. UNSP 171801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.171801.
- [296] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of overlapping Spin-1 and Spin-3  $\bar{D}^0 K^-$  resonances at mass 2.86 GeV/c(2). // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 16. - P. 162001. [arXiv:1407.7574 [hep-ex]].
- [297] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. First Observation of a baryonic  $B_c^{(+)}$  decay. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 15. - P. 152003. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.152003.
- [298] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V.

Test of Lepton universality using  $B^+ - K^{(+)}l^{(+)}l^{(-)}$  decays. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 15. - P. 151601. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.151601.

[299] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Evidence for electroweak production of  $W^{(+/-)}W^{(+/-)}jj$  in pp collisions at  $\sqrt{s}=8$  TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 14. - P. 141803. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.141803.

[300] He X. H., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Observation of  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\chi_{bJ}$  and search for  $X_b \rightarrow \omega Y(1S)$  at  $\sqrt{s}=10.867$  GeV. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 14. - Art. nr 142001.

[301] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Evidence for CP violation in  $B^+ \rightarrow p(\bar{p})\bar{K}^{(+)}$  decays. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 14. - P. 141801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.141801.

[302] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. First Measurement of the charge asymmetry in beauty-quark pair production. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 8. - P. 082003. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.082003.

[303] Zupanc A., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Measurement of the branching fraction  $B(\Lambda_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+)$ . // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 4. - P. 042002. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.042002.

[304] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Precision measurement of the mass and lifetime of the  $\Xi(0)(b)$  Baryon. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 113, Is. 3. - P. 032001. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.113.032001.

[305] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of  $\eta' \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$  and  $\eta' \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ . // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 25. - P. 251801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.251801.

[306] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A.,

Tikhonov Yu.A. Measurements of four-lepton production at the Z resonance in pp collisions at  $\sqrt{s}=7$  and 8 TeV with ATLAS. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 23. - P. 231806. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.231806.

[307] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of the resonant character of the  $Z(4430)^{-}$  state. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 22. - P. 222002. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.222002.

[308] Lees J.P., BABAR Collab., Blinov V.E., Buzykaev A.R., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Todyshev K.Yu. Measurement of the  $B \rightarrow X(s)l^{(+)}l^{(-)}$  branching fraction and search for direct CP violation from a sum of exclusive final states. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 21. - P. 211802. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.211802.

[309] Nisar N. K., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Search for CP violation in  $D^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$  decays. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 21. - P. 211601. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.211601.

[310] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Study of beauty hadron decays into pairs of charm hadrons. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 20. - P. 202001. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.202001.

[311] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for invisible decays of a Higgs boson produced in association with a Z boson in ATLAS. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 20. - P. 201802. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.201802.

[312] Lotov K.V., Sosedkin A.P., Petrenko A.V. Long-term evolution of broken wakefields in finite-radius plasmas. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 19. - P. 194801.

[313] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of photon polarization in the  $b - s$  gamma transition. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 16. - P. 161801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.161801.

[314] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for Majorana neutrinos in  $B^- \rightarrow \pi^+\mu^-\mu^-$  decays. //

PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 13. - P. 131802. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.131802.

[315] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of a charged charmonium like structure in  $e^+e^- \rightarrow (D^*(D)\overline{\text{bar}}^*)(+/-)\pi(-/+)$  at root  $s=4.26$  GeV. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 13. - P. 132001. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.132001.

[316] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the  $B\text{-}s(0) \rightarrow Ds\text{-}Ds^+$  and  $B\text{-}s(0) \rightarrow Ds\text{-}Ds^+$  Effective Lifetimes. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 11. - P. 111802. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.111802.

[317] Ko B.R., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Observation of  $D^0 \rightarrow \overline{D}^0$  Mixing in  $e^+e^-$  collisions. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 11. - P. 111801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.111801.

[318] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for Quantum Black Hole production in high-invariant-mass lepton plus jet final states using pp collisions at root  $s=8$  TeV and the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 9. - P. 091804. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.091804.

[319] Aaij R., LHCb Collaborat ion, Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Observation of  $(B)\overline{\text{bar}}(s)(0)\text{-}J/\psi f(1)(1285)$  Decays and Measurement of the  $f(1)(1285)$  mixing angle. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 9. - P. 091802. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.091802.

[320] Ablikim M., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I. B. Observation of  $e^+e^- \rightarrow \gamma X(3872)$  at BESIII. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 9. - P. 092001. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.092001.

[321] Kabantsev, A.A. Tsidulko Yu.A., Driscoll C.F. Chaotic neoclassical separatrix dissipation in parametric drift-wave decay. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 5. - P. 055003. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.055003.

[322] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V., Measurements of indirect CP asymmetries in  $D\text{-}0\text{-}K\text{-}K^+$  and  $D\text{-}0\text{-}\pi(-)\pi(+)$  decays. // PHYSICAL REVIEW

LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 4. - P. 041801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.041801.

[323] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for dark matter in events with a hadronically decaying W or Z boson and missing transverse momentum in pp collisions at root  $s=8$  TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 4. - P. 041802. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.041802.

[324] Belous K., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Measurement of the tau-lepton lifetime at Belle. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 3. - P. 031801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.031801.

[325] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Observation of a charged  $(D(D)\overline{\text{bar}}^*)(+/-)$  mass peak in  $e(+)\text{e}(-) \rightarrow \pi D(D)\overline{\text{bar}}^*$  at root  $s=4.26$  GeV. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 2. - P. 022001. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.022001.

[326] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of CP Violation in the phase space of  $B\text{-}/\text{-}K\text{-}K\text{-}\pi(+/-)$  and  $B\text{-}/\text{-} \rightarrow \pi(+)\pi(-)\pi(+/-)$  decays. // PHYSICAL REVIEW LETTERS. - 2014. - Vol. 112, Is. 1. - P. 011801. - ISSN 0031-9007, DOI 10.1103/PhysRevLett.112.011801.

[327] Mun Jungho, Jeong Young Uk, Vinokurov Nikolay A., Lee Kitae, Jang Kyu-Ha, Park Seong Hee, Jeon Min Yong, Shin Sang-In. Variable-period permanent-magnet helical undulator. // PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS-ACCELERATORS AND BEAMS. - 2014. - Vol. 17, Is. 8. - P. 080701. - ISSN 1098-4402, DOI 10.1103/PhysRevSTAB.17.080701.

[328] Strelnikov N.O. Vasserman I.B. Earth's field effect on magnetic performance of horizontally and vertically polarizing undulators. // PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS-ACCELERATORS AND BEAMS. - 2014. - Vol. 17, Is. 6. - P. 062401. - ISSN 1098-4402, DOI 10.1103/PhysRevSTAB.17.062401.

[329] Bogomyagkov A., Levichev E., Shatilov D. Beam-beam effects investigation and parameters optimization for acircular  $e^+e^-$  collider at very high energies. // PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS-ACCELERATORS AND BEAMS. - 2014. - Vol. 17, Is. 4. - P. 041004. - ISSN 1098-4402, DOI 10.1103/PhysRevSTAB.17.041004.

[330] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov Bogdanchikov Kazanin Korol A.A.,

- Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of inclusive jet charged-particle fragmentation functions in Pb plus Pb collisions at root  $s_{NN}=2.76$  TeV with the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 739. - P. 320-342. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.10.065.
- [331] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the  $(B)\overline{B}(0)$ - $B(0)$  and  $(B)\overline{B}(0)$ - $B(0)$  production asymmetries in pp collisions at root  $s=7$  TeV. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 739. - P. 218-228. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.10.005.
- [332] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Freeze-out radii extracted from three-pion cumulants in pp, p-Pb and Pb-Pb collisions at the LHC. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 739. - P. 139-151. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.10.034.
- [333] Adlarson P., Augustyniak W., Bardan W., Bashkanov M., Bergmann F. S., Berlowski M., Bhatt H., Bondar A., Buescher M., Calen H., Ciepala I., Clement H., Coderre D., Czerwinski E., Demmich K., Doroshkevich E., Engels R., Erven A., Erven W., Eyrich W., Fedorets P., Foehl K., Fransson K., Goldenbaum F., Goslawski P., Goswami A., Grigoryev K., Gullstrom C. -O., Hanhart C., Hauenstein F., Heijkenskjold L., Hejny V., Hoistad B., Huesken N., Jarczyk L., Johansson T., Kamys B., Kemmerling G., Khan F. A., Khoukaz A., Kirillov D. A., Kistryn S., Kleines H., Klos B., Krzemien W., Kulesa P., Kupsc A., Kuzmin A., Lalwani K., Lersch D., Lorentz B., Magiera A., Maier R., Marciniwski P., Marianski B., Mikirtychiants M., Morsch H. -P., Moskal P., Ohm H., Ozerianska I., del Rio E. Perez, Piskunov N. M., Podkopal P., Prasuhn D., Pricking A., Pszczel D., Pyszw K., Pyszniak A., Redmer C. F., Ritman J., Roy A., Rudy Z., Sawant S., Schadmand S., Sefzick T., Serdyuk V., Shwartz B., Siudak R., Skorodko T., Skurzok M., Smyrski J., Sopov V., Stassen R., Stepaniak J., Stephan E., Sterzenbach G., Stockhorst H., Stroher H., Szczurek A., Taschner A., Trzcinski A., Varma R., Wolke M., Wronska A., Wustner P., Wurm P., Yamamoto A., Yurev L., Zabierowski J., Zielinski M. J., Zink A., Zlomanczuk J., Zupranski P., Zurek M. Charge symmetry breaking in dd - He-4  $\pi(0)$  with WASA-at-COSY. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 739. - P. 44-49. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.10.029.
- [334] Aad G., ATLAS Collab. Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the cross section of high transverse momentum  $Z$ - $b(b)\overline{b}$  production in proton-proton collisions at root  $s=8$  TeV with the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 738. - P. 25-43. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.09.020.
- [335] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A. Search for the Standard model Higgs boson decay to  $\mu(+)\mu(-)$  with the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 738. - P. 68-86. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.09.008.
- [336] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A. Fiducial and differential cross sections of Higgs boson production measured in the four-lepton decay channel in pp collisions at root  $s=8$ TeV with the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 738. - P. 234-253. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.09.054.
- [337] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshv A.A., Tikhonov Yu.A. Search for new resonances in W gamma and Z gamma final states in pp collisions at root  $s=8$  TeV with the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 738. - P. 428-447. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.10.002.
- [338] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Beauty production in pp collisions at root  $s=2.76$  TeV measured via semi-electronic decays. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 738. - P. 97-108. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.09.026.
- [339] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Suppression of Upsilon(1S) at forward rapidity in Pb-Pb collisions at root  $s_{NN}=2.76$  TeV. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 738. - P. 361-372. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.10.001.
- [340] Anashin V.V., Aulchenko V.M., Baldin E.M., Barladyan A.K., Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Baru S.E., Basok I.Yu., Bedny I.V., Blinov A.E., Blinov V.E., Bobrov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogomyagkov A.V., Bondar A.E., Buzykaev A.R., Eidelman S.I., Glukhovchenko Yu.M., Gulevich V.V., Gusev D.V., Karnaev S.E., Karpov G.V., Karpov S.V., Kharlamova T.A., Kiselev V.A., Kononov S.A., Kotov K.Yu., Kravchenko E.A., Kulikov V.F., Kurkin G.Ya., Kuper E.A., Levichev E.B., Maksimov D.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Medvedko A.S., Meshkov O.I., Mishnev S.I., Morozov I.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Okunev I.N., Onuchin A.P., Oreshkin S.B., Orlov I.O., Osipov A.A., Peleganchuk S.V., Pivovarov S.G., Piminov P.A., Petrov

- V.V., Poluektov A.O., Pospelov G.E., Prisekin V.G., Rezanova O.L., Ruban A.A., Sandyrev V.K., Savinov G.A., Shamov A.G., Shatilov D.N., Shwartz B.A., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Skrinsky A.N., Smaluk V.V., Sokolov A.V., Sukharev A.M., Starostina E.V., Talyshev A.A., Tayursky V.A., Telnov V.I., Tikhonov Yu.A., Todyshev K.Yu., Tumaikin G.M., Usov Yu.V., Vorobiov A.I., Yushkov A.N., Zhilich V.N., Zhulanov V.V., Zhuravlev A.N. Measurement of  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$  decay rate and  $\eta_c$  parameters at KEDR. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 738. - P. 391-396. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.09.064.
- [341] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for WZ resonances in the fully leptonic channel using pp collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 737. - P. 223-243. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.08.039.
- [342] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the  $\Xi(-)(b)$  and  $\Omega(-)(b)$  baryon lifetimes. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 736. - P. 154-162. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.06.064.
- [343] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the CP-violating phase  $\phi(s)$  in  $(B)\overline{\text{over-bar}}(s)(0) - J/\psi \pi^+\pi^-(0)$  decays. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 736. - P. 186-195. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.06.079.
- [344] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Kudryavtsev V., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Effective lifetime measurements in the  $B\text{-s}(0) - K+K-$ ,  $B\text{-0} - K+\pi(-)$  and  $B\text{-s}(0) - \pi K+(-)$  decays. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 736. - P. 446-454. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.07.051.
- [345] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Production of charged pions, kaons and protons at large transverse momenta in pp and Pb-Pb collisions at root s(NN)=2.76 TeV. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 736. - P. 196-207. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.07.011.
- [346] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Study of  $e^+e^- \rightarrow p \bar{p}$  in the vicinity of  $\psi(3770)$ . // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 735. - P. 101-107. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.06.013.
- [347] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Precision measurement of the ratio of the  $\Lambda(0)(b)$  to  $(B)\overline{\text{over-bar}}(0)$  lifetimes. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 734. - P. 122-130. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.05.021.
- [348] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Centrality, rapidity and transverse momentum dependence of  $J/\psi$  suppression in Pb-Pb collisions at root(NN)-N-S=2.76TeV. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 734. - P. 314-327. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.05.064.
- [349] Fadin, V.S. Fiore R. Impact factors for Reggeon-gluon transition in N=4 SYM with large number of colours. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 734. - P. 86-91. [arXiv:1402.5260 [hep-th]].
- [350] Aaij R., LHCb Collab. Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. A study of CP violation in  $B \rightarrow DK$  and  $B \rightarrow D\pi$  decays with  $D \rightarrow KSK\pi$  final states. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 733. - P. 36-45. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.03.051.
- [351] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for Higgs boson decays to a photon and a Z boson in pp collisions at root s=7 and 8 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 732. - P. 8-27. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.03.015.
- [352] Aulchenko V.M., Baldin E.M., Barladyan A.K., Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Baru S.E., Basok I.Yu., Batrakov A.M., Blinov A.E., Blinov V.E., Bobrov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogomyagkov A.V., Bondar A.E., Buzykaev A.R., Eidelman S.I., Grigoriev D.N., Groshev V.R., Glukhovchenko Yu.M., Gulevich V.V., Gusev D.V., Karnaev S.E., Karpov G.V., Karpov S.V., Kharlamova T.A., Kiselev V.A., Kolmogorov V.V., Kononov S.A., Kotov K.Yu., Kravchenko E.A., Kudryavtsev V.N., Kulikov V.F., Kurkin G.Ya., Kuper E.A., Kuyanov I.A., Levichev E.B., Maksimov D.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Meshkov O.I., Mishnev S.I., Morozov I.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Okunev I.N., Onuchin A.P., Oreshkin S.B., Orlov I.O., Osipov A.A., Ovtin I.V., Peleganchuk S.V., Pivovarov S.G., Piminov P.A., Petrov V.V., Poluektov A.O., Prisekin V.G., Rezanova O.L., Ruban A.A., Sandyrev V.K., Savinov G.A., Shamov A.G., Shatilov D.N., Shwartz B.A., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Skrinsky A.N., Sokolov A.V., Sukharev A.M., Starostina E.V., Talyshev A.A., Tayursky V.A., Telnov V.I., Tikhonov Yu.A., Todyshev K.Yu., Tumaikin G.M., Usov Yu.V., Vorobiov A.I., Zhilich V.N., Zhulanov V.V., Zhuravlev A.N. Measurement of the ratio of the lepton widths  $\Gamma_{e^+e^-}/\Gamma_{\mu\mu}$  for the  $J/\psi$  meson. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 731. - P. 227-231. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2014.02.046.
- [353] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F.,



- Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of the mass difference between top and anti-top quarks in pp collisions at root s=7 TeV using the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 363-379. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.12.010.
- [354] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maximov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for new phenomena in photon plus jet events collected in proton-proton collisions at root s=8 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 562-578. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.12.029.
- [355] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the charge asymmetry in B<sup>+</sup>/<sub>-</sub> - phi K<sup>+</sup>/<sub>-</sub> and search for B<sup>+</sup>/<sub>-</sub> - phi pi<sup>+</sup>/<sub>-</sub> decays. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 85-94. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.11.036.
- [356] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for the decay D<sup>0</sup> - pi<sup>(+)</sup> pi<sup>(-)</sup> mu<sup>(+)</sup> mu<sup>(-)</sup>. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 234-243. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.11.053.
- [357] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Search for CP violation in the decay D<sup>+</sup> → pi<sup>(-)</sup> pi<sup>(+)</sup> pi<sup>(+)</sup>. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 585-595. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.12.035.
- [358] Aaij R., LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V. Measurement of the flavour-specific CP-violating asymmetry a<sub>1</sub>(sl) in B<sub>s</sub>(0) decays. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 607-615. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.12.030.
- [359] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Multiplicity dependence of pion, kaon, proton and lambda production in p-Pb collisions at root s(NN)=5.02 TeV. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 25-38. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.11.020.
- [360] Abelev B., ALICE Collab., Pestov Y. Multi-strange baryon production at mid-rapidity in Pb-Pb collisions at root s(NN)=2.76 TeV. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 216-227. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.11.048.
- [361] Downie E.J., Lee R.N., Milstein A.I., Ron G. Charge asymmetry in high-energy mu<sup>+</sup> mu<sup>-</sup> photoproduction in the electric field of a heavy atom. // PHYSICS LETTERS B. - 2014. - Vol. 728. - P. 645-649. - ISSN 0370-2693, DOI 10.1016/j.physletb.2013.12.049.
- [362] Shestakov Yu.V., Barkov L.M., Dmitriev V.F., Golovin R.A., Kudryavtsev V.N., Lazarenko B.A., Mishnev S.I., Nikolenko D.M., Rachek I.A., Sadykov R.Sh, Stibunov V.N., Toporkov D.K., Shekhtman L.I., Zevakov S.A. Tagging system for almost-real photons at VEPP-3 storage ring. // PHYSICS OF PARTICLES AND NUCLEI. - 2014. - Vol. 45, Is. 1. - P. 338-340. - ISSN 1063-7796, DOI 10.1134/S1063779614010924.
- [363] Kotelnikov I.A. On the density limit in the helicon plasma sources. // PHYSICS OF PLASMAS. - 2014. - Vol. 21, Is. 12. - P. 122101. - ISSN 1070-664X, DOI 10.1063/1.4903329.
- [364] Lotov K.V., Sosedkin A.P., Petrenko A.V., Amorim L.D., Vieira J., Fonseca R.A., Silva L.O., Gschwendtner E., Muggli P. Electron trapping and acceleration by the plasma wake field of a self-modulating proton beam. // PHYSICS OF PLASMAS. - 2014. - Vol. 21, Is. 12. - P. 123116.
- [365] Arzhannikov A.V., Burdakov A.V., Burmasov V.S., Gavrilenko D.E., Ivanov I.A., Kasatov A.A., Kuznetsov S.A., Mekler K.I., Polosatkin S.V., Postupaev V.V., Rovenskikh A.F., Sinitsky S.L., Sklyarov V.F., Vyacheslavov L.N. Observation of spectral composition and polarization of sub-terahertz emission from dense plasma during relativistic electron beam-plasma interaction. // PHYSICS OF PLASMAS. - 2014. - Vol. 21, Is. 8. - P. 082106. - ISSN 1070-664X, DOI 10.1063/1.4891884.
- [366] Lotov K.V., Minakov V.A., Sosedkin A.P. Parameter sensitivity of plasma wakefields driven by self-modulating proton beams. // PHYSICS OF PLASMAS. - 2014. - Vol. 21, Is. 8. - P. 083107.
- [367] Timofeev I.V., Annenkov V.V. Efficient regime of electromagnetic emission in a plasma with counter streaming electron beams. // PHYSICS OF PLASMAS. - 2014. - Vol. 21, Is. 8. - P. 083109. - ISSN 1070-664X, DOI 10.1063/1.4892965.
- [368] Burdakov A.V., Postupaev V.V., Sudnikov A.V. Magneto-hydrodynamically stable plasma with supercritical current density at the axis. // PHYSICS OF PLASMAS. - 2014. - Vol. 21, Is. 5. - P. 052507. - ISSN 1070-664X, DOI 10.1063/1.4876745.
- [369] Kim Kyung Nam, Lee Kitae, Park Seong Hee, Lee Ji Young, Jeong Young Uk, Vinokurov Nikolay, Kim Yong Gi. Generation of a quasi-monoenergetic high energy proton beam from a vacuum-sand wiche double layer target irradiated by an ultraintense laser pulse. // PHYSICS OF PLASMAS. - 2014. - Vol. 21, Is. 4. - P. 043110. - ISSN 1070-664X, DOI 10.1063/1.4871862.
- [370] Levichev E.B., Skrinsky A.N., Tikhonov Yu.A., Todyshev K.Yu. High-precision particle mass measurements using the KEDR detector at the VEPP-4M collider. // PHYSICS-USPEKHI. - 2014. - Vol. 57, Is. 1. - P. 66-

79. - ISSN 1063-7869, DOI 10.3367/UFNr.0184.201401c.0075.

[371] Assmann R., Bingham R., Bohl T., Bracco C., Buttenschon B., Butterworth A., Caldwell A., Chattopadhyay S., Cipiccia S., Feldbaumer E., Fonseca R. A., Goddard B., Gross M., Grulke O., Gschwendtner E., Holloway J., Huang C., Jaroszynski D., Jolly S., Kempkes P., Lopes N., Lotov K., Machacek J., Mandry S. R., McKenzie J. W., Meddahi M., Militsyn B. L., Moschuering N., Muggli P., Najmudin Z., Noakes T. C. Q., Norreys P. A., Oez E., Pardons A., Petrenko A., Pukhov A., Rieger K., Reimann O., Ruhl H., Shaposhnikova E., Silva L. O., Sosedkin A., Tarkeshian R., Trines R. M. G. N., Tueckmantel T., Vieira J., Vincke H., Wing M., Xia G. (AWAKE Collab.). Proton-driven plasma wakefield acceleration: a path to the future of high-energy particle physics. // PLASMA PHYSICS AND CONTROLLED FUSION. - 2014. - Vol. 56, Is. 8. - P. 084013. [arXiv:1401.4823 [physics.acc-ph].

[372] Burdakov A.V., Koidan V.S., Mekler K.I., Polosatkin S.V., Postupaev V.V. Creation of a long magnetized plasma column in a metal chamber. // PLASMA PHYSICS REPORTS. - 2014. - Vol. 40, Is. 3. - P. 161-177. - ISSN 1063-780X, DOI 10.1134/S1063780X14030039.

[373] Iwashita T., Belle Collab., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krovovny P., Kuzmin A., Matvienko D., Shebalin V., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Measurement of branching fractions for  $B \rightarrow J/\psi \eta K$  decays and search for a narrow resonance in the  $J/\psi \eta$  final state. // PROGRESS OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS. - 2014. - Is. 4. - P. 043C01. - ISSN 2050-3911, DOI 10.1093/ptep/ptu043.

[374] Dostovalov A.V., Korolkov V.P., Golubtsov S.K., Kondrat'ev V.I. Specific features of formation of self-induced gratings on metal foils during scanning by a tightly focused femtosecond laser beam. // QUANTUM ELECTRONICS. - 2014. - Vol. 44, Is. 4. - P. 330-334. - ISSN 1063-7818, DOI 10.1070/QE2014v044n04ABEH015376.

[375] Lizunov A. Anikeev A. First measurements of D-alpha spectrum produced by anisotropic fast ions in the gas dynamic trap. // REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 11. - P. 113110. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4902181.

[376] Magee R. M., Clary R., Korepanov S., Smirnov A., Garate E., Knapp K., Tkachev A. Fusion proton diagnostic for the C-2 field reversed configuration. // REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 11. - P. 11D851. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4892861.

[377] Strelnikov N., Trakhtenberg E., Vasserman I., Xu J., Gluskin E. Vertically polarizing undulator with the dynamic compensation of magnetic forces for the next generation of light sources. // REVIEW OF SCIENTIFIC

INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 11. - P. 113303. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4900544.

[378] Belchenko Yu., Gorbovsky A., Sanin A., Savkin V. The 25 mA continuous-wave surface-plasma source of H- ions. // REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 2. - P. 02B108. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4828373.

[379] Belchenko Y. Sanin A., Sotnikov O. Comparative analysis of continuous-wave surface-plasma negative ion sources with various discharge geometry. // REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 2. - P. 02B116. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4833929.

[380] Ivanov A.A., Abdrashitov G.F., Anashin V.V., Belchenko Yu.I., Burdakov A.V., Davydenko V.I., Deichuli P.P., Dimov G.I., Dranichnikov A.N., Kapitonov V.A., Kolmogorov V.V., Kondakov A.A., Sanin A.L., Shikhovtsev I.V., Stupishin N.V., Sorokin A.V., Popov S.S., Tiunov M.A., Belov V.P., Gorbovsky A.I., Kobets V.V., Binderbauer M., Putvinski S., Smirnov A., Sevier L. Development of a negative ion-based neutral beam injector in Novosibirsk. // REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 2. - P. 02B102. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4826326.

[381] Ivanov A.A., Belchenko Yu.I., Davydenko V.I., Ivanov I.A., Kolmogorov V.V., Listopad A.A., Mishagin V.V., Putvinsky S.V., Shulzhenko G.I., Smirnov A. Arc plasma generator of atomic driver for steady-state negative ion source. // REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 2. - P. 02B129. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4835415.

[382] Kolmogorov A., Atoian G., Davydenko V., Ivanov A., Ritter J., Stupishin N., Zelenski A. Production, formation, and transport of high-brightness atomic hydrogen beam studies for the relativistic heavy ion collider polarized source upgrade. // REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 2. - P. 02A734. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4857195.

[383] Polosatkin S.V., Ivanov A.A., Listopad A.A., Shikhovtsev I.V. Study of sublevel population mixing effects in hydrogen neutral beams. // REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS. - 2014. - Vol. 85, Is. 2. - P. 02A707. - ISSN 0034-6748, DOI 10.1063/1.4826339.

[384] Yi Longqing, Shen Baifei, Ji Liangliang, Lotov Konstantin, Sosedkin Alexander, Zhang Xiaomei, Wang Wenpeng, Xu Jiancai, Shi Yin, Zhang Lingang, Xu Zhizhanio. Positron acceleration in a hollow plasma channel up to TeV regime. // SCIENTIFIC REPORTS. - 2014. - Vol. 4. - P. 4171.

[385] Bataev I. A., Golkovskii M. G., Bataev A. A., Losinskaya A. A., Dostovalov R. A., Popelyukh A. I., Drobyaz E. A. Surface hardening of steels with carbon by non-vacuum electron-beam processing. // SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY. - 2014. - Vol. 242. - P. 164-169. - ISSN 0257-8972, DOI 10.1016/j.surfcoat.2014.01.038.

- [386] Astrelin, V.T. Kandaurov I.V., Trunev Yu.A. Generation of a submillisecond electron beam with a high-density current in a plasma-emitter diode under the conditions of open plasma boundary emission. // TECHNICAL PHYSICS. - 2014. - Vol. 59, Is. 2. - P. 258-263. - ISSN 1063-7842, DOI 10.1134/S1063784214020042.
- [387] Dimov G.I. Emelev I.S. Experiments to study the confinement of a target plasma in a magnetic trap with inverse plugs and circular multipole walls. // TECHNICAL PHYSICS. - 2014. - Vol. 59, Is. 2. - P. 181-189. - ISSN 1063-7842, DOI 10.1134/S1063784214020078.
- [388] Korobeishchikov N.G., Kalyada V.V., Shmakov A.A., Shul'zhenko G.I. Experimental study of accelerated argon ion-cluster beams. // TECHNICAL PHYSICS LETTERS. - 2014. - Vol. 40, Is. 1. - P. 25-28. - ISSN 1063-7850, DOI 10.1134/S1063785014010076.
- [389] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of Higgs boson production in the diphoton decay channel in pp collisions at center-of-mass energies of 7 and 8 TeV with the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, № 11. - P. 112015.
- [390] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurements of spin correlation in top-antitop quark events from proton-proton collisions at root s=7 TeV using the ATLAS detector. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, № 11. - P. 112016.
- [391] Ablikim M., BESIII Collab., Achasov M.N., Muchnoi N.Yu., Nikolaev I.B. Search for the weak decays  $J/\psi \rightarrow D\text{-}s^{(*)}(\text{--}) e^{+}\nu(e) + \text{c.c.}$  // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, № 11. - P. 112014.
- [392] Chilikin K., BELLE Collab., Arinstein K., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Lukin P., Shebalin V., Shwartz B., Vinokurova A., Zhilich V., Zhulanov V. Observation of a new charged charmonium like state in B-0 -  $J/\psi$  K- pi(+) decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, № 11. - P. 112009.
- [393] Yang S.D., BELLE Collab., Arinstein K., Aulchenko V., Bobrovnikov A., Eidelman S., Gabyshev N., Garmash A., Krokovny P., Kuzmin A., Lukin P., Shebalin V., Shwartz B., Usov Y., Vinokurova A., Vorobyev V., Zhilich V., Zhulanov V. Evidence of gamma(1S) -  $J/\psi$  + chi(c1) and search for double-charmonium production in gamma(1S) and gamma(2S) decays. // PHYSICAL REVIEW D. - 2014. - Vol. 90, № 11. - P. 112008.
- [394] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Measurement of flow harmonics with multi-particle cumulants in Pb plus Pb collisions at root(NN)-N-S=2.76 TeV with the ATLAS detector. // EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL C. - 2014. - Vol. 74, № 11. - P. 3157.
- [395] Aad G., ATLAS Collab., Anisenkov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Kazanin V.F., Korol A.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Maxiimov D.A., Peleganchuk S.V., Rezanova O.L., Skovpen K.Yu., Soukharev A.M., Talyshev A.A., Tikhonov Yu.A. Search for top squark pair production in final states with one isolated lepton, jets, and missing transverse momentum in root s=8 TeV pp collisions with the ATLAS detector. // JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS. - 2014. - № 11. - P. UNSP 118.
- [396] Yurov D.V. Prikhodko V.V. Hybrid systems for transuranic waste transmutation in nuclear power reactors: state of the art and future prospects. // PHYSICS-USPEKHI. - 2014. - Vol. 57, № 11. - P. 1118-1129.
- [397] M.N. Achasov, V.M. Aulchenko, A.Yu. Barnyakov, K.I. Beloborodov, A.V. Berdyugin, D.E. Berkaev, A.G. Bogdanchikov, A.A. Botov, T.V. Dimova, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, L.V. Kardapoltsev, A.S. Kasaev, A.G. Kharlamov, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, A.A. Korol, S.V. Koshuba, D.P. Kovrizhin, E.A. Kravchenko, A.S. Kupich, K.A. Martin, A.E. Obrazovsky, E.V. Pakhtusova, Yu.A. Rogovsky, A.I. Senchenko, S.I. Serednyakov, Yu.M. Shatunov, D.A. Shtol, D.B. Shwartz, Z.K. Silagadze, A.N. Skrinisky, I.K. Surin, Yu.A. Tikhonov, Yu.V. Usov and I.M. Zemlyansky, Hadronic Cross Section Measurements at SND. // Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. 35 (2014) 1460388.
- [398] M.N. Achasov, V.M. Aulchenko, A.Yu. Barnyakov, K.I. Beloborodov, A.V. Berdyugin, D.E. Berkaev, A.G. Bogdanchikov, A.A. Botov, T.V. Dimova, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, L.V. Kardapoltsev, A.S. Kasaev, A.G. Kharlamov, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, A.A. Korol, S.V. Koshuba, D.P. Kovrizhin, E.A. Kravchenko, A.S. Kupich, K.A. Martin, A.E. Obrazovsky, E.V. Pakhtusova, Yu.A. Rogovsky, A.I. Senchenko, S.I. Serednyakov, Yu.M. Shatunov, D.A. Shtol, D.B. Shwartz, Z.K. Silagadze, A.N. Skrinisky, I.K. Surin, Yu.A. Tikhonov, Yu.V. Usov and I.M. Zemlyansky, Hadronic cross section measurements at CMD-3. // Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. 35 (2014) 1460387.
- [399] A.G. Bogdanchikov, V.P. Druzhinin, A.A. Korol, S.V. Koshuba, A.I. Tekutiev and Yu.V. Usov. SND data acquisition system upgrade, JINST 9 (2014), C06013.

- [400] K. Martin, A.Yu. Barnyakov, M.Yu. Barnyakov, K.I. Beloborodov, V.S. Bobrovnikov, A.R. Buzykaev, V.B. Golubev, S.A. Kononov, S.V. Koshuba, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov. Aerogel Cherenkov counters for experiments at VEPP-2000  $e^+e^-$  collider with SND detector, Proc. of Science (2014), PoS(TIPP2014)076.
- [401] Бак П.А., Оттмар А.В., Старостенко Д.А. Альтернативный способ синхронизации инверторного источника питания. // Вестник НГУ. Серия: Физика. - 2014. - Т. 9, вып. 3. - С. 20-24.
- [402] К.В. Лотов, Е.А. Месяц, А.В. Снытников. Моделирование кинетической неустойчивости электронного пучка в плазме методом частиц в ячейках. // Математическое моделирование. - 2014. - Т. 26, №11. - С. 45-50.
- [403] V.T. Astrelin, V.I. Davydenko, A.V. Kolmogorov. Numerical simulation of the secondary plasma surface in the ion beam formation. // Известия высших учебных заведений. Физика. Издательство научно-технической литературы. Томск. - 2014. - Том. 57, вып. 11/3. - С. 128-132.
- [404] В.В. Куркучев, И.А. Иванов, И.В. Кандауров, Ю.А. Трунев. Измерение распределения плотности тока электронного пучка на металлической мишени с помощью рентгеновской изображающей диагностической системы. // Известия высших учебных заведений. Физика. Издательство научно-технической литературы. Томск. - 2014. - Том. 57, вып. 11/3. - С. 302-307.
- [405] Yu.A. Rogovsky, D.E. Berkaev, I.M. Zemlyansky, Yu.M. Zharinov, A.S. Kasaev, I.A. Koop, A.N. Kirpotin, A.P. Lysenko, E.A. Perevedentsev, V.P. Prosvetov A.L. Romanov, A.I. Senchenko, P.Yu. Shatunov, Yu.M. Shatunov, D.B. Shwartz et al. Status and prospects of VEPP-2000 electron-positron collider. // Phys. Part. Nucl. Lett. - 2014. - Vol. 11. - P. 651-655.
- [406] D.E. Berkaev, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, A.P. Lysenko, E.A. Perevedentsev, Yu.A. Rogovsky, A.L. Romanov, D.B. Shwartz, P.Yu. Shatunov, Yu.M. Shatunov, Yu.M. Zharinov et al. Measurement of the  $e^+e^- \rightarrow p \bar{p}$  cross section with the CMD-3 detector at VEPP-2000. // Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. - 2014. - Ser. 35. - P. 1460457.
- [407] D.E. Berkaev, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, A.P. Lysenko, E.A. Perevedentsev, Yu.A. Rogovsky, A.L. Romanov, D.B. Shwartz, P.Yu. Shatunov, Yu.M. Shatunov, Yu.M. Zharinov et al. Study of the process  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-$  with the CMD-3 detector at the VEPP-2000  $e^+e^-$  collider. // Int. J. Mod. Phys. Conf. - 2014. - Ser. 35. - 1460450.
- [408] I.A. Koop, et al. Overview prospects at BINP. // Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. - 2014. - Ser. 35. - 1460448.
- [409] A.A. Ruktuev, V.V. Samoilenko, M.G. Golkovski. Structure and corrosion resistance of ti-ta-nb coatings obtained by electron beam cladding in the air-atmosphere. // Applied Mechanics and Materials. - 2014. - Vol. 682. - P. 100-103. // Trans Tech Publications, Switzerland. doi:10.4028/www.scientific.net/ AMM. 682.100.
- [410] П.И. Немытов. Системы питания и управления промышленных ускорителей электронов. // PALMARIUM Academic Publishing is a trademark of: OmniScriptum GmbH & Co. - 14 июля 2014. - С. 248. ISBN 978-3-639-79906-4.
- [411] D. Kasatov, A. Kuznetsov, A. Makarov, I. Shchudlo, I. Sorokin, S. Taskaev. Proton beam of 2 MeV 1.6 mA on a tandem accelerator with vacuum insulation. // Journal of Instrumentation. - 1914. - Vol. 9. - P12016.
- [412] A.V. Grabovsky. Low-X evolution equation for proton green function. // Acta Phys.Polon.Supp. - 2014. - Vol. 7, №3. - P. 493.
- [413] V.L. Chernyak, S.I. Eidelman. Hard exclusive two photon processes in QCD. // Progress in Particle and Nuclear Physics (online). [http://dx.doi.org/10.1016/j.pnpnp.2014.09.002. - P. 1-42. arXiv:1409.3348 [hep-ph]. - P. 1-58.
- [414] A.G. Grozin. Introduction to Mathematica for Physicists. Graduate Texts in Physics. - Springer (2014), 219 pages. ISBN 978-3-319-00893-6; ebook ISBN 978-3-319-00894. [А.Г. Грозин. Введение в систему Mathematica для физиков. // Учебники по физике для аспирантов, Springer (2014), 219 стр. ISBN 978-3-319-00893-6; электронная книга ISBN 978-3-319-00894-3].
- [415] O.V. Zhiron, and D.L. Shepelyansky. Anderson transition for Google matrix eigenstates. // Annalen der Physik, 2014.
- [416] В.М. Хацимовский. Гравитационное действие Фадеева на кусочно-постоянных фундаментальных векторных полях. // Бюллетень ТГПУ. 2014. - Вып. 12(153). - С. 131-134. [arXiv:1412.7403].
- [417] S.A. Rastigeev, A.R. Frolov, A.D. Goncharov, V.F. Klyuev, E.S. Konstantinov, L.A. Kutnykova, V.V. Parkhomchuk, A.V. Petrozhitskii. Acceleration mass spectrometer of the BINP for biomedical applications. // Physics of Particles and Nuclei Letters. - 2014. - 11 (5). - P. 642-646.
- [418] А.П. Завьялов, К.В. Зобов, И.К. Чакин, В.В. Сызранцев, С.П. Бардаханов. Синтез нанопорошков меди методом испарения электронным пучком при атмосферном давлении инертного газа. // Российские нанотехнологии. - 2014. - Т. 9, №11-12. - С. 64-68.
- [419] KEDR Collab., Aulchenko V.M., Baldin E.M., Barladyan A.K., Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Baru S.E., Basok I.Yu., Batrakov A.M., Blinov A.E., Blinov V.E., Bobrov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogomyagkov A.V., Bondar A.E., Buzykaev A.R., Eidelman S.I., Grigiriev D.N., Groshev V.R., Glukhovchenko Yu.M., Gulevich V.V., Gusev D.V., Karnaev S.E., Karpov G.V., Karpov S.V., Kharlamova T.A., Kiselev V.A., Kolmogorov V.V., Kononov S.A.,

Kotov K.Yu., Kravchenko E.A., Kudryavtsev V.N., Kulikov V.F., Kurkin G.Ya., Kuper E.A., Kuyanov I.A., Levichev E.B., Maksimov D.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Meshkov O.I., Mishnev S.I., Morozov I.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Okunev I.N., Onuchin A.P., Oreshkin S.B., Orlov I.O., Osipov A.A., Ovtin I.V., Peleganchuk S.V., Petrov V.V., Piminov P.A., Pivovarov S.G., Poluektov A.O., Prisekin V.G., O.L. Rezanova., Ruban A.A., Sandyrev V.K., Savinov G.A., Shamov A.G., Shatilov D.N., Shwartz B.A., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Skrinsky A.N., Sokolov A.V., Starostina E.V., Sukharev A.M., Talyshev A.A., Tayursky V.A., Telnov V.I., Tikhonov Yu.A., Todyshev K.Yu., Tumaikin G.M., Usov Yu.V., Vorobiov A.I., Zhilich V.N., Zhulanov V.V., Zhuravlev A.N. Study of  $\psi(2S) \rightarrow \mu^+ \mu^-$  decay with KEDR detector. // *Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser.* - 2014. - 2014. - Vol. 35. - P. 1460462.

[420] V.E. Blinov, E.A. Bekhtenev, A.P. Chabanov, O.P. Gordeev, V.A. Kiselev, S.A. Krutikhin, G.Ya. Kurkin, E.B. Levichev, O.I. Meshkov, A.I. Mikaiylov, V.V. Neifeld, S.A. Nikitin, I.B. Nikolaev, D.N. Shatilov, G.M. Tumaikin and A.I. Zhmaka. RF system for electron and positron orbit separation at VEPP-4M. // *JINST.* – 2014. – Vol. 9. - P12011.

[421] KEDR Collab., Anashin V.V., Aulchenko V.M., Baldin E.M., Barladyan A.K., Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Baru S.E., Basok I.Yu., Bedny I.V., Beloborodova O.L., Blinov A.E., Blinov V.E., Bobrov A.V., Bobrovnikov V.S., Bogomyagkov A.V., Bondar A.E., Buzykaev A.R., Eidelman S.I., Glukhovchenko Yu.M., Gulevich V.V., Gusev D.V., Karnev S.E., Karpov G.V., Karpov S.V., Kharlamova T.A., Kiselev V.A., Kononov S.A., Kotov K.Yu., Kravchenko E.A., Kulikov V.F., Kuper E.A., Kurkin G.Ya., Levichev E.B., Maksimov D.A., Malyshev V.M., Maslennikov A.L., Medvedko A.S., Meshkov O.I., Mishnev S.I., Morozov I.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Nikitin S.A., Nikolaev I.B., Okunev I.N., Onuchin A.P., Oreshkin S.B., Orlov I.O., Osipov A.A., Peleganchuk S.V., Petrov V.V., Piminov P.A., Pivovarov S.G., Poluektov A.O., Pospelov G.E., Prisekin V.G., Ruban A.A., Sandyrev V.K., Savinov G.A., Shamov A.G., Shatilov D.N., Shwartz B.A., Simonov E.A., Sinyatkin S.V., Skovpen Yu.I., Skrinsky A.N., Smaluk V.V., Sokolov A.V., Starostina E.V., Sukharev A.M., Talyshev A.A., Tayursky V.A., Telnov V.I., Tikhonov Yu.A., Todyshev K.Yu., Tumaikin G.M., Usov Yu.V., Vorobiov A.I., Yushkov A.N., Zhilich V.N., Zhulanov V.V., Zhuravlev A.N. Parameters of charmonium states from KEDR. // *Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser.* - 2014. - Vol. 35, P. 1460429. doi:10.1142/S2010194514604293.

[422] M. Ablikim (BESIII Collab.) M.N. Achasov, I.N. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi. Measurement of the  $D \rightarrow K^- \pi^+$  strong phase difference in  $\psi(3770) \rightarrow D^0 \bar{D}^0$ . // *Phys. Lett.* - 2014. - B734. - P. 227-233. arXiv:1404.4691 [hep-ex]. 10.1016/j.physletb.2014.05.071.

[423] Бузулуцков Алексей Фёдорович, Бондарь Александр Евгеньевич, Долгов Александр Дмитриевич, Соколов Андрей Валерьевич, Шехтман Лев Исаевич. Двухфазный криогенный лавинный детектор. // Патент на изобретение РФ № 2517777. Приоритет изобретения 20.08.2012. Зарегистрирован 03.04.2014. Опубликовано: 27.05.2014 Бюл. № 15.

[424] Бондарь Александр Евгеньевич, Бузулуцков Алексей Фёдорович, Долгов Александр Дмитриевич, Поросев Вячеслав Викторович. Устройство для мониторинга параметров пучка ионов. // Патент на изобретение РФ № 2520940. Приоритет изобретения 05.10.2012. Зарегистрирован 03.04.2014. Опубликовано: 27.06.2014 Бюл. № 18.

[425] Черноусов Ю. Д., Иванников В. И., Шеболаев И. В., Левичев А.Е, Барняков А.М. Коаксиальный СВЧ выключатель. Патент на изобретение, № RU2532852C1, Б.И. 10.11.2014, №31.

[426] Алякринский О.Н., Бару С.Е., Диканский Н.С., Кочеев А.А., Леонов В.В., Поросев В.В. Многоканальная газовая ионизационная камера. Патент на изобретение №2530903. Бюллетень N29-2014, 20.10.2014.

[427] Алякринский О.Н., Бару С.Е., Диканский Н.С., Кочеев А.А., Леонов В.В., Поросев В.В. Заявка на изобретение №2014100704 «Способ электронно-лучевой сварки немагнитных металлов и сплавов». Состояние делопроизводства: экспертиза по существу.

[428] Полосаткин С.В., Гришняев Е.С. Способ калибровки криогенного детектора частиц на основе жидкого аргона и устройство для реализации способа Патент на изобретение № 2531550 (РФ). Заявка № 2013123249/28, 21.05.2013. Зарегистр. в ГРИ РФ 26.08.2014, опубл. 20.10.2014, Бюл. № 29, <http://www.findpatent.ru/patent/253/2531550.html>.

[429] С.Ю. Таскаев. Способ получения пучка моноэнергетических нейтронов, устройство для получения пучка моноэнергетических нейтронов и способ калибровки детектора темной материи с использованием пучка моноэнергетических нейтронов. Патент РФ № 2515523 от 14.03.2014.

[430] И.Н. Сорокин, С.Ю. Таскаев. Ускоритель-тандем с вакуумной изоляцией. Заявка на патент. Регистрационный номер 2014139866 от 01.10.2014 (приоритетная дата).

[431] С.Ю. Таскаев, В. В. Каныгин, Р. А. Мухамадияров, А. И. Кичигин. Способ доставки борсодержащих препаратов для бор-нейтронозахватной терапии. Заявка на патент РФ. Регистрационный номер 2014148670 от 02.12.2014 (приоритетная дата).

[432] П.Д. Воблый, А.Н. Макаров, Ю.М. Остреинов, С.Ю. Таскаев. Газовая обдирочная мишень. Заявка на патент РФ. Регистрационный номер 2014152394 от 23.12.2014 (приоритетная дата).

[433] В.В. Каныгин, С. Ю. Таскаев. Система формирования пучка нейтронов. Патент РФ на изобретение № 2540124 от 16.12.2014.

[434] Варанд А.В., Толочко Б.П., Гадецкий А.Ю., Брызгин А.А., Коробейников М.В., Михайленко М.А., Ляхов Н.З., Белокриницкий С.А. Способ и устройство для утилизации углеводородных отходов. Патент на изобретение №2543378. Заявка №2013123227 приоритет изобретения 21 мая 2013 г. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 28 января 2015.

#### Доклады на конференциях 2014

[435] Судников А.В., Бурдаков А.В., Бурмасов В.С., Вячеславов Л.Н., Гавриленко Д.Е., Иванов И.А., Касатов А.А., Меклер К.И., Полосаткин С.В., Попов С.С., Поступаев В.В., Ровенских А.Ф., Сеницкий С.Л., Степанов В.Д. Стабилизация винтовой неустойчивости токнесущей плазмы со сверхкритической плотностью тока в установке ГОЛ-3. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тез. докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 66.

[436] Багрянский П.А., Зайцев К.В., Коржавина М.С., Лизунов А.А., Приходько В.В. Изучение кинетических неустойчивостей на установке ГДЛ. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тез. докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 67.

[437] Колесников, Е. Ю. Мурахтин С.В., Сорокин А.В. Проект модернизации системы атомарной инжекции установки ГДЛ. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тезисы докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 68.

[438] Ступишин Н.В., Белов В.П., Давыденко В.И., Дейчули П.П., Драничников А.Н., Иванов А.А., Мишагин В.В., Сорокин А.В., Ткачев А.А. Проект диагностического атомарного инжектора 60 кВ, 2 А, 1 сек для модернизированного токамака Т-15. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тез. докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 81.

[439] Ступишин, Н.В. Дейчули П.П. Формирование плазменного эмиттера для 2 МВт инжектора атомов методом сложения четырех струй. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тезисы докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 87.

[440] Соломахин А.Л., Багрянский П.А., Коваленко Ю.В., Савкин В.Я., Яковлев Д.В. Электронный циклотронный резонансный нагрев плазмы в газодинамической ловушке. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тезисы докладов. - 2014. - С. 89.

[441] Белов В.П., Давыденко В.И., Иванов А.А., Капитонов В.А., Мишагин В.В., Сорокин А.В. Ионно-оптическая система нагревного инжектора для токамака TCV. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тез. докладов. - 2014. - С. 100.

[442] Дейчули П.П., Амиров В.Х., Белов В.П., Вилькин А.И., Воскобойников Р.В., Горбовский А.И., Давыденко В.И., Донин А.С., Драничников А.Н., Иванов А.А., Капитонов В.А., Колмогоров В.В., Абдрашитов А.Г., Абдрашитов Г.Ф., Мишагин В.В., Пирогов К.А., Сорокин А.В., Ступишин Н.В., Ткачев А.А., Усов П.В. Мощный 2 МВт модуль системы атомарной инжекции для нагрева плазмы в установках с магнитным удержанием. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тезисы докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 101.

[443] Дейчули, П.П. Хрестолобов В.С. Поглотитель-калориметр для атомарных пучков мегаваттного диапазона. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014г.: тезисы докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 102.

[444] Сковородин, Д.И. Беклемишев А.Д. Влияние рассеяния электронов на плотность плазмы в расширителе. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тезисы докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 103.

[445] Вячеславов Л.Н., Иванцовский М.В., Касатов А.А., Попов С.С., Пурьга Е.А., Ровенских А.Ф., Хильченко А.Д. Применение методики томсоновского рассеяния для изучения взаимодействия плазмы с электронным пучком в экспериментах по генерации СВЧ излучения. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тезисы докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 106.

[446] Трунев Ю.А., Астрелин В.Т., Кандауров И.В., Куркучев В.В. Анализ трехэлектродной электронно-оптической системы для источника мощного электронного пучка с плазменным катодом. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тез. докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 275.

[447] Иванцовский М.В., Александров Е.В., Бурдаков А.В., Бербасова Т.В., Золотухина Н.А., Суляев Ю.С., Шошин А.А. Статус разработки портплагов в ИЯФ СО РАН. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тезисы докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 331.

[448] Иванцовский М.В., Амосов В.Н., Бурдаков А.В., Немцев Г.Е., Пишинский К.В., Усов П.В. Предложение конструкции диагностических модулей

и нейтронной защиты для вертикальной нейтронной камеры ИТЭР. // XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014: тезисы докладов. - М.: ПЛАЗМАИОФАН, 2014. - С. 332.

[449] Akhmetshin R. Performance of the BGO endcap calorimeter with phototriode readout for the CMD-2 detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 4.

[450] Shebalin V. The combined liquid xenon - crystal CsI calorimeter of CMD-3 detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 7.

[451] Achasov M. Beam energy determination in collider experiments using backscattering of laser light. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 9.

[452] Telnov V. Photon collider Higgs factories. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 10.

[453] Buzulutskov A. Two-phase detectors. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 13.

[454] Shekhtman L. Development of high resolution tracking detectors with Gas Electron Multipliers. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 19.

[455] Kononov S. Study of focusing aerogels with electron beam. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 19.

[456] Barnyakov A. Threshold aerogel Cherenkov counters of the KEDR detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 19.

[457] Barnyakov M. MCP PMT in colliding beam experiments. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 Feb - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 20.

[458] Fedotov G. Upgrade of the TOF system CMD-3 detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 Feb - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 22.

[459] Gayazov S. Distributed data analysis system for CMD-3 detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk,

Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 23.

[460] Matvienko D. Testbench of shaper-digitizer modules for Belle II calorimeter. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 24.

[461] Kaminskiy V. Compton backscattering for the calibration of KEDR Tagging System. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 25.

[462] Beloborodov K. Particle identification system based on dense aerogel for SND detector at VEPP-2000 collider. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 25.

[463] Bobrovnikov V. Extracted e- and gamma beams in BINP SB RAS. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstr. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 25.

[464] Epshteyn L. Processing of the Liquid Xenon Calorimeter's signals for timing measurements. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP. - P. 26.

[465] Martin K. Test results of the aerogel Cherenkov counters with  $n=1.05$  using electrons and muons at  $p$  500 MeV/c. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 27.

[466] Mikhailov, K. Liquid xenon calorimeter of the CMD-3 detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abst.. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 27.

[467] Fedotov G. Luminosity measurement with CMD-3 detector at the VEPP-2000  $e+e-$  collider. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 28.

[468] Nikolaev I. The project of laser polarimeter for beam energy measurement of VEPP-4M collider by resonance depolarization method. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 29.

[469] Telnov V. Calibration of energies at photon colliders. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 29.

[470] Telnov V. Shekhtman L. A conception of the photon collider beam dump. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 30.

[471] Kudryavtsev V. The development of high resolution coordinate detectors for the DEUTRON facility. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 31.

[472] Korol A. SND data acquisition system upgrade. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 31.

[473] Shtol D. Muon system of SND detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 32.

[474] Shekhtman L. Fedotov G. Proposal for the upgrade of the tracking and trigger system of the CMD-3 detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 32.

[475] Surin I. New measuring electronics channel for the SND detector electromagnetic calorimeter. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 32.

[476] Sukharev A. Muon system of the KEDR detector. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 33.

[477] Korol A. ATLAS TDAQ application gateway upgrade during LS1. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 33.

[478] Zhulanov V. Upgrade of trigger and DAQ for CsI at BelleII. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstr. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 41.

[479] Ruban A. CMD-3 detector DAQ upgrade. // Instrumentation for Colliding Beam Physics, 24 February - 1 March 2014, Novosibirsk, Russia: book of abstracts. - Novosibirsk: BINP, 2014. - P. 43.

[480] Анчарова У.В. Назьмов В.П. Проект повышения интенсивности СИ для дифракционных экспериментов при высоком давлении с использованием рентгеновских преломляющих линз. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 9.

[481] Генцелев А.Н., Гольденберг Б.Г., Кондратьев В.И., Лемзяков А.Г. Изготовление рентгеношаблонов при помощи контактной фотолитографии. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 10.

[482] Генцелев А.Н., Зелинский А.Г., Кондратьев В.И., Лемзяков А.Г. Титановые рентгеношаблоны. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 11.

[483] Толочко Б.П., Косов А.В., Тен К.А., Прууэл Э.Р., Аульченко В.М., Шехтман Л.И., Евдоков О.В., Жогин И.Л., Шарафутдинов М.Р., Назьмов В.П., Золотарев К.В., Мезенцев Н.А., Шеромов М.А., Панченко В.Е. Экспериментальная станция "Детонация" на пучке СИ из 7-ми полюсной змейки ВЭПП-4. // XX Нац. конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 11.

[484] Заблуда В.Н., Князев Б.А., Кулипанов Г.Н., Соколов А.Э., Овчинников С.Г., Тугаринов В.И. Концепция магнитооптического модулятора рентгеновского излучения на терагерцовых частотах. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 12.

[485] Корнеев В.Н., Шлектарев В.А., Забелин А.В., Ланина Н.Ф., Аульченко В.М., Толочко Б.П., Вазина А.А. Результаты аппаратного оснащения на синхротронном излучении в задачах структурной биологии тканей. // XX Нац. конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 12.

[486] Nazmov V., Volker A., Fischbock T., Rothe J., Huttel E. Mass defect in SU-8 polymer exposed to X-rays. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 13.

[487] Алешаев А.Н., Мишнев С.И., Пищенко С.М., Ровенских А.Ф., Селиванов А.Н., Селиванов П.А., Федотов М.Г. Разработка системы 2D стабилизации пучков СИ накопителя ВЭПП-3. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - 2014. - С. 14-15.

[488] Шехтман Л.И., Аульченко В.М., Жуланов В.В., Прууэл Э.Р., Толочко Б.П., Тен К.А. Разработка быстродействующего твердотельного детектора для высокоточной рентгенографии быстротекущих процессов. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 15-16.

[489] Кубарев В.В. Сверхбыстрая одноимпульсная time-domain спектроскопия как метод диагностики



модуляционной неустойчивости в лазере на свободных электронах. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 16.

[490] Мигинский С.В. Моде HE11 в волноводном ТГЦ ЛСЭ. // XX Нац. конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 16.

[491] Serednyakov S.S. Kubarev V.V. The measurement and monitoring of spectrum and wavelength of coherent radiation at Novosibirsk free electron laser. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 16-17.

[492] Саликова Т.В., Винокуров Н.А., Дейчули О.И., Репков А.В., Шевченко О.А., Щеглов М.А. Система локализации потерь пучка в вакуумной камере микротрона ЛСЭ на базе радиационного датчика. // XX Нац. конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 17.

[493] Анчарова У.В., Михайленко М.А., Толочко Б.П., Коробейников М.В., Винокуров З.С. Структурные исследования ферритовой керамики, полученной радиационно-термическим методом. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 20.

[494] Вазина А.А., Ланина Н.Ф., Корнеев В.Н., Забелин А.В., Кулипанов Г.Н. Роль экзогенных и эндогенных воздействий на структуру цитоскелета и межклеточного матрикса биологической ткани на примере ткани волоса. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 25.

[495] Смирнов Е.Б., Музыря А.К., Костицын О.В., Бадретдинова Л.Х., Тен К.А., Прууэл Э.Р., Толочко Б.П., Шарафутдинов М.Р., Шамаков А.Н., Купер К.Э. Исследование микро-, мезо и макроструктуры конденсированных гетерогенных взрывчатых веществ с использованием синхротронного излучения. // XX Национальная конф. по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 29.

[496] Воблый П.Д. Колокольников Ю.М. Конструкция вакуумного ондулятора на постоянных

магнитах с межполюсным зазором, повторяющим огибающую электронного пучка. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 33.

[497] Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Ильин И.В., Клименко А.С., Колокольников Ю.М., Огурцов А.Б., Уткин А.В., Хавин Н.Г. Ондулятор на постоянных магнитах с переменным зазором для лазера на свободных электронах. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 33.

[498] Зорин А.В., Мезенцев Н.А., Цуканов В.М., и др. [так дано в тексте] Системы магнитных измерений сверхпроводящих вигглеров на основе натянутой проволоки с током. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 33.

[499] Зорин А.В., Мезенцев Н.А., Волков А.А., Шкаруба В.А., Хрушев С.В., Цуканов В.М. 4,2 Т сверхпроводящий многополюсный вигглер для австралийского синхротрона. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - 2014. - С. 34.

[500] Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Кобец В.В., Огурцов А.Б., Павленко А.В., Уткин А.В., Филипченко А.В. Мультипольные электромагниты для бустера BNL (США) и линака MAX IV Lab (Швеция). // XX Нац. конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 34.

[501] Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Ильин И.В., Клименко А.С., Колокольников Ю.М., Огурцов А.Б., Уткин А.В., Хавин Н.Г. Спиральные ондуляторы для коллайдера тяжелых релятивистских ионов (RHIC) в Брукхейвенской национальной лаборатории. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 34.

[502] Хрушев С.В., Шкаруба В.А., Цуканов В.М., Мезенцев Н.А., Лев В.Х. Особенности зануления интегралов магнитного поля в вигглерах и ондуляторах с четным числом полюсов. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014 г., Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 34-35.

- [503] Волков А.А., Зорин А.В., Лев В.Х., Мезенцев Н.А., Сыроватин В.М., Тарасенко О.А., Хрущев С.В., Цуканов В.М., Шкаруба В.А. Сверхпроводящий 15-полосный вигглер с полем 7.5 Т для LSU-CAMD. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 35.
- [504] Иванов В.Ю. Зинин Э.И., Пустоваров В.А. Фотолюминесценция и рентгеновская флуоресценция комплексных оксидов при селективном фотонном возбуждении. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 38-39.
- [505] Эренбург С.Б., Трубина С.В., Коваленко Е.А., Герасько О.А., Зайковский В.И., Пиндюрин В.Ф., Квашнина К.О. Структура и размеры малых кластеров золота в образцах, содержащих молекулы кукурбит[*n*]урилы (*n*=6, 7, 8). // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 53-54.
- [506] Назьмов В. Резникова Е. Непревзойденные возможности глубокой рентгенолитографии: микроструктуры высотой 7 мкм и более. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 55.
- [507] Федотов М. Г. Возможности перспективного источника СИ ИЯФ в теневой рентгенографии детонационных процессов. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 56.
- [508] Князев Б.А. Новые результаты на рабочей станции СПИН Новосибирского терагерцового ЛСЭ. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 57. - (в тексте автор указан Knyazev В.А.).
- [509] Васильев А.А., Пальчиков Е.И., Кубарев В.В., Чесноков Е.Н., Кошляков П.В., Долгих А.В., Красников И.Ю. Исследование нестационарных волн горения и детонационных волн водородно-кислородной смеси в оптическом и терагерцовом диапазонах. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 57-58.
- [510] Герасимов В.В., Горовой В.О., Князев Б.А., Никитин А.К., Жижин М.Г., Власенко И.А., Котельников И.А. Распространение терагерцовых поверхностных плазмон-поляритонов по прямым и изогнутым металл-диэлектрическим поверхностям с воздушными промежутками. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 58.
- [511] Барсуков В.П., Верхогляд А.Г., Герасимов В.В., Глебус И.С., Завьялова М.А., Князев Б.А., Макаров С.Н., Ступак М.Ф., Овчар В.К., Родионова Д.Г., Чопорова Ю.Ю., Штатнов В.Ю. Разработка и изготовление ближнепольного терагерцового сканирующего оптического микроскопа с блоком нарушенного полного внутреннего отражения. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 58-59.
- [512] Mitkov M.S., Choporova Yu.Yu., Knyazev V.A. Phase modulated terahertz polarimeter on the Novosibirsk Free Electron Laser. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 59.
- [513] Павельев В.С., Агафонов А.Н., Володкин Б.О., Кавеев А.К., Качалов Д.Г., Князев Б.А., Кропотов Г.И., Тукмаков К.Н., Цыганкова Е.В., Цыпишка Д.И., Чопорова Ю.Ю. Кремниевая дифракционная оптика для управления лазерным излучением субмиллиметрового диапазона. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 62-63.
- [514] Демидова Е.В., Демидов Е.А., Попик В.М., Мещерякова И.А., Семенов А.И., Горячковская Т.Н., Колчанов Н.А., Кулипанов Г.Н., Пельтек С.Е. Протеомный ответ клеток *E. Coli* на воздействие терагерцового излучения. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 63-64.
- [515] Горячковская Т.Н., Куйбида Л.В., Пельтек С.Е., Попик В.М., Семенов А.И., Тимофеева М.С., Щеглов М.А. Новый метод точного измерения масс наночастиц с применением терагерцового излучения. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 64.
- [516] Choporova Yu.Yu., Mitkov M.S., Cherkassky V.S., Knyazev V.A., Vlasenko M.S. Holographic imaging

in an attenuated total reflection system. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 67.

[517] Азаров И.А., Чопорова Ю.Ю., Митьков М.С., Князев Б.А., Швец В.А. Эллипсометрические исследования на Новосибирском лазере на свободных электронах. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 68.

[518] Дарьин А.В., Калугин И.А., Третьяков Г.А., Максимов М.А., Рогозин Д.Ю., Зыков В.В., Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.А. Реконструкция изменения уровня оз.Шира в позднем голоцене на годовой временной шкале. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 73-75.

[519] Дарьин А.В., Калугин И.А., Максимова Н.В., Маркович Т.И., Александрин М.Ю. Соломина О.Н., Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.А. Исследование сезонного геохимического сигнала в годовых слоях донных осадков оз. Донгуз-Орун методом сканирующего РФА с использованием микрокапиллярной рентгеновской оптики. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - 2014. - С. 75.

[520] Дарьин А. В. Калугин И.А., Ракшун Я.В. Методики аналитической микростратиграфии высокого разрешения с использованием синхротронного излучения в лимнологических и палеоклиматических исследованиях. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 78.

[521] Дарьин А. В. Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С. Система юстировки поликапиллярной оптики на станции "РФА СИ". // XX Национ. конф. по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 80.

[522] Маркова Ю.Н., Кербер Е.В., Анчутина Е.А., Золотарев К.В. Исследование донных и озерно-болотных отложений Байкальского региона методом РФА СИ. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 86.

[523] Сидорина А.В., Трунова В.А., Золотарев К.В., Кривенцов В.В. Способы улучшения метрологических характеристик рентгенофлуоресцентного анализа. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 88.

[524] Скуридин Г.М., Чанкина О.В., Куценогий К.П., Багинская Н.В., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С. Микроэлементный состав пыльцы облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*. L.). // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 90.

[525] Храмова Е.П., Чанкина О.В., Андышева Е.В., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С. Элементный состав видов рода *Pentaphylloides* (Rosaceae) Дальнего Востока России. // XX Нац. конф. по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 92.

[526] Власенко М.Г., Князев Б.А., Никитин А.А., Черкасский В.С. Абсолютный измеритель распределения плотности мощности излучения на основе термочувствительного интерферометра Физо. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 96.

[527] Семенов А.М., Анашин В.В., Гуров С.М., Краснов А.А., Hseuh H.C., Shaftan T. Статус вакуумной системы бустера NSLS-II. // XX Национальная конференция по использованию Синхротронного излучения "СИ-2014", 7-10 июля 2014, Новосибирск: книга тезисов. - Новосибирск: ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, 2014. - С. 97.

[528] Бродников А.Ф. Черепанов В.Я. Оптимизация теплового режима при воспроизведении реперных точек температурной шкалы. // X Межд. научный конгресс и выставка "Интерэкспо Гео-Сибирь-2014". Межд. научная конференция СибОптика-2014: сборник материалов. - Новосибирск: СГГА, 2014. - С. 65-70.

[529] Затримайлов К.В. Изучение характеристик криогенных ФЭУ для двухфазных криогенных лавинных детекторов. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 47.

[530] Коваленко О.А. Изучение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  в диапазоне энергий до 2 ГэВ с детектором КМД-3. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 48.

[531] Козырев Е.А. Изучение аннигиляции электрон-позитронной пары в пару каон-антикаон в области  $\phi(1020)$  резонанса. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 49.

[532] Коробов А.А. Монте-Карло генератор множественного рождения адронов для ВЭПП-2000. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 50.

[533] Мальцев Т.В. Исследование параметров детекторов на основе газовых электронных умножителей. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 51.

[534] Олейников В.П. Измерение параметров детектора для рентгеновской денситометрии. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 52.

[535] Рабусов А.В. Изучение характеристик электромагнитного калориметра для детектора Super C  $\tau$  фабрики. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 54.

[536] Разуваев Г.П. Изучение процессов  $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma$ ,  $\pi^0\gamma \rightarrow 3\gamma$  на коллайдере ВЭПП-2000 с детектором КМД-3. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск. - Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 55.

[537] Савровский П.А. Разделение изобарных ионов во времяпролетном детекторе на выходе ускорительного масс-спектрометра. // Мат. 52-ой Межд. научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 56.

[538] Горовой В.О. Исследование распространения поверхностных плазмонов терагерцового диапазона по металл-диэлектрическим поверхностям различной конфигурации. // Материалы 52-й Международной научной студенческой конференции: МНСК-2014: Квантовая физика, 11-18 апреля 2014, Новосибирск: НГУ, 2014. - С. 65.

[539] Гольденберг Б.Г., Лемзяков А.Г., Генцелев А.Н., Зелинский А.Г., Кондратьев В.И., Назьмов В.П., Пиндюрин В.Ф. Развитие в Сибирском центре синхротронного и терагерцового излучения LIGA-методов изготовления глубоких микроструктур. // Совещание и Молодежная конференция по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах: РНСИ-КС-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург: сборник тезисов. - Гатчина: НИЦ Курчатовский институт, 2014. - С. 57.

[540] Дарьин Ф.А., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С., Дарьин А.В. Изучение внутренней структуры годовых слоев в озерных отложениях с помощью синхротронного излучения с использованием фокусирующей рентгеновской оптики. // Совещание и Молодежная конференция по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах: РНСИ-КС-2014, 27-31 октября 2014, Санкт-Петербург: сборник тезисов. - Гатчина: НИЦ Курчатовский институт, 2014. - С. 189.

[541] Darin A., Kalugin I., Maksimova N., Markovich T., Aleksandrin M., Solomina O., Rakshun Ya., Darin F., Sorokoletov D. Model of formation seasonal geochemical signal in lake Donguz-orun (Caucasus) annually laminated sediments according to micro scanning XRFA using focuses X-ray optics. // Paleolimnology of northern Eurasia: Proc. of the Intern. Conf., Petrozavodsk, 21-25 September 2014. - Petrozavodsk: Karelian Research Centre, 2014. - P. 70-71.

[542] Козловский Ю.М., Станкус С.В., Яцук О.С., Жмуриков Е.И. Тепловое расширение конструкционных материалов в широком интервале температур. // Термодинамика и материаловедение: 9-й семинар СО РАН-УрО РАН, посвященный памяти академика Ф.А.Кузнецова, Новосибирск, 30 июня – 4 июля 2014: тезисы докладов. - Новосибирск: ИНХ им. А.В. Николаева СО РАН, 2014. - С. 183.

[543] Bogomyagkov A., Karyukina K., Levichev E. Damping wiggler with tapered period [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 2038-2040.

[544] Alinovsky N., Bedareva T., Bekhtenev E., Belikov O., Bocharov V., Borodich V., Bryzgunov M., Bublely A., Chekavinskiy V., Cheskidov V., Dovzhenko B., Erokhin A., Fedotov M., Goncharov A., Gorchakov K., Gosteev V., Gusev I., Karpov G., Koisin Y., Kondaurov M., Kozak V., Kruchkov A., Lisitsyn A., Lopatkin I., Mamkin V., Medvedko A., Panasyuk V., Parkhomchuk V., Poletaev I., Polukhin V., Protopopov A., Pureskin D., Putmakov A., Reva V., Selivanov P., Semenov E., Senkov D., Skorobogatov D., Zapiatkin N., Bechstedt U., Esser F., Felden O., Gebel R., Halama A., Kamerdzhiev V., Klehr F., Langenberg G., Lehrach A., Lorentz B., Maier R., Prasuhn D., Reimers K., Retzlaff M., Richert A., Simon M., Stassen R., Stockhorst H., Tölle R., Mao L., Katayama T., Dietrich J. 2 MeV electron cooler for COSY and HESR - first results [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany: MOPRI070. - P. 765-767, ISBN 978-3-95450-132-8.

[545] Reva V.B., Alinovsky N.I., Bedareva T.V., Bekhtenev E.A., Belikov O.V., Bocharov V.N., Borodich V.V., Bryzgunov M.I., Bublely A.V., Chekavinskiy V.A., Cheskidov V.G., Dovzhenko B.A., Erokhin A.I., Fedotov M.G., Goncharov A.D., Gorchakov K.M., Gosteev V.K.,

Gusev I.A., Ivanov A.V., Karpov G.V., Koisin Yu.I., Kondaurov M.N., Kozak V.R., Lisitsyn A.D., Lopatkin I.A., Mamkin V.R., Medvedko A.S., Panasyuk V.M., Parkhomchuk V.V., Poletaev I.V., Polukhin V.A., Protopopov A.Yu., Pureskin D.N., Putmakov A.A., Selivanov P.A., Semenov E.P., Senkov D.V., Skorobogatov D.N., Zapiatkin N.P., Kamerdzhiyev V., Mao L., Dietrich J. COSY 2 MeV cooler: design, diagnostic and commissioning [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany: MOPRI075, p. 777-779, ISBN 978-3-95450-132-8.

[546] Shwartz D., Berkaev D., Bocek D., Koop I., Krasnov A., Shatunov Yu., Korenev I., Sedlyarov I., Shatunov P., Zemlyansky I. Booster of electrons and positrons (BEP) upgrade to 1 GeV [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 102-104.

[547] Shwartz D., Berkaev D., Koop I., Perevedentsev E., Rogovsky Yu., Shatunov Yu., Kasaev A., Kyrpotin A., Lysenko A., Prosvetov V., Romanov A., Senchenko A., Shatunov P., Zemlyansky I., Zharinov Yu. Recent beam-beam effects and luminosity at VEPP-2000 [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 924-927.

[548] Gorda O., Dolinskii A., Litvinov S., Berkaev D., Koop I., Shatunov P., Shwartz D. Status of ion-optical design of the collector ring [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 1114-1116.

[549] Bogomyagkov, A. Levichev E., Piminov P. Low emittance lattice cell with large dynamic aperture // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 99-101. [<http://arxiv.org/abs/1405.7501>].

[550] Bogomyagkov, A. Levichev E., Piminov P. Interaction region lattice for FCC-ee (TLEP) [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 3779-3781.

[551] Hofmann A., Aulenbacher K., Bruker M.-W., Dietrich J., Weilbach W., Bryzgunov M.I., Denisov A.P., Panasyuk V.M., Parkhomchuk V.V., Reva V.B. Turbo generators for powering the HV-solenoids at the HESR electron cooler [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014: MOPME051. - P. 492-494, ISBN 978-3-95450-132-8.

[552] Bryzgunov M., Denisov A., Panasyuk V., Parkhomchuk V., Reva V., Kamerdjiev C.S., Aulenbacher K., Dietrich J. Conceptual project relativistic electron cooler for FAIR/HESR [Electronic

resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany: MOPRI074. - P. 774-776, ISBN 978-3-95450-132-8.

[553] Stirin A., Kovachev G., Korchuganov V., Odintsov D., Tarasov Yu., Zabelin A., Dorohov V., Khilchenko A., Scheglov A., Schegolev L., Zinin E., Zhuravlev A., Meshkov O. New station for optical observation of electron beam parameters at electron storage ring SIBERIA-2 [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 3611-3613.

[554] Kotelnikov A.I., Khilchenko A.D., Dorohov V.L., Korchuganov V.N., Meshkov O.I., Stirin A., Zubarev P.V., Kvashnin A.N., Ivanova A.A., Puryga E.A., Ivanenko S.V. The new optical device for turn-to-turn beam profile measurement [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 3617-3619.

[555] Eliseev A., Korepanov A., Panov A., Starostenko A. Pulse power supplies for the dipole kickers of MAX-IV and Solaris storage rings [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 535-537.

[556] Akimov A.V., Bak P.A., Barnyakov A.M., Blinov M.F., Boimelshtein Yu.M., Emanov F.A., Frolov A.R., Gusev E.A., Dikansky N.S., Kazantseva E.S., Klyushchev S.N., Kot N.Kh., Korepanov A.A., Lapik R.M., Lebedev N.N., Logachev P.V., Martyshkin P.V., Nikiforov D.A., Pavlov V.M., Petrenko A.V., Pivovarov I.L., Samoilov S.L., Rybitskaya T.V., Skarbo B.A., Starostenko A.A., Shiyankov S.V., Tsyganov A.S. Status of injection complex VEPP-5: machine commissioning and first experience of positron storage [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 538-540.

[557] Glukhov S.A., Levichev E.B., Nikitin S.A., Piminov P.A., Shatilov D.N., Sinyatkin S.V. IBS simulations with Compute Unified Device Architecture (CUDA) technology [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 436-438.

[558] Gurov S., Karnaev S., Kiselev V., Levichev E., Smaluk V., Sinyatkin S., Zhuravlev A. Commissioning of NSLS-II booster [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 295-297.

[559] Gurov S.M., Meshkov O.I., Smalyuk V.V., Yang X. Application of the optical diagnostics during the commissioning of the booster of NSLS-II [Electronic

resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 3614-3616.

[560] Litvinenko V.N., Altinbas F.Z., Belomestnykh S.A., Ben-Zvi I., Beavis D., Brown K.A., Brutus C., Curcio A.J., DeSanto L., Elizarov A., Folz C.M., Gassner D.M., Hahn H., Hao Y., Ho C., Huang Y., Hulsart R., Ilardo M., Jamilkowski J., Jing Y., Karl F.X., Kayran D., Kellermann R., Lambiase R., Laloudakis N.D., Mahler G., Mapes M., Meng W., Michnoff R., Miller T.A., Minty M., Orfin P., Pendzik A., Pinayev I., Randazzo F., Rao T., Reich J., Roser T., Sandberg J., Seda T., Sheehy B., Skaritka J., Smart L.A., Smith K., Snydstrup L., Steszyn A., Than R., Theisen C., Todd R.J., Tuozzolo J., Wang E., Wang G., Weiss D., Willinski M., Xin T., Xu W., Zaltsman A., Kholopov M.A., Vobly P., Bell G.I., Cary J.R., Paul K., Pogorelov I.V., Schwartz B.T., Sobol A., Webb S.D., Boulware C., Grimm T., Jecks R., Miller N., McIntosh P., Wheelhouse A. Present status of coherent electron cooling proof-of-principle experiment [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 87-90.

[561] Zangrando D., Bracco R., Castronovo D., Cautero M., Karantzoulis E., Krecic C., Loda G., Millo D., Pivetta L., Scalamera G., Visintini R., Khrushchev S., Mezentsev N., Shkaruba V., Syrovatin V., Tarasenko O., Tsukanov V., Volkov A. The Elettra 3.5 T superconducting wiggler refurbishment [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 2687-2689.

[562] Romanov A., Koop I., Perevedentsev E., Shwartz D. Beam phase space reconstruction for monitoring the luminosity in the VEPP-2000 collider [Electronic resource]. // IPAC2014 – Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 3623-3625.

[563] Papash A., Mueller A.-S., Levichev E., Piminov P., Sinyatkin S., Zolotarev K. An ultra-low emittance model for the ANKA synchrotron radiation source including non-linear effects [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 228-230.

[564] Levichev E.B., Meshkov O.I., Piminov P.A., Zhuravlev A.N. Turn-by-turn beam profile study at VEPP-4M [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 3620-3622.

[565] Petrenko A., Bracco C., Gschwendtner E., Lotov K., Muggli P. Electron injection studies for the AWAKE experiment at CERN [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 1537-1539.

[566] Romanov A., Kafka G., Nagaitsev S., Valishev A. Lattice correction modeling for Fermilab IOTA ring [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 1165-1167.

[567] Milardi C., Alesini D., Biagini M.E., Boscolo M., Buonomo B., Guiducci S., Cantarella S., De Santis A., Di Pirro G., Delle Monache G., Drago A., Foggetta L., Frasciello O., Gallo A., Ghigo A., Guatieri F., Iungo F., Ligi C., Mazzitelli G., Pellegrino L., Ricci R., Rotundo U., Sanelli C., Sensolini G., Serio M., Stella A., Stecchi A., Zobov M., Gargana R., Michelotti A., Shatilov D., Valishev A., Tobyama M. DAΦNE operation with the upgraded KLOE-2 detector [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 1883-1885.

[568] Ohmi K., Zhou D., Shatilov D., Zhang Y. Beam-beam simulation study for CEPC [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 3763-3765.

[569] Litvinenko V.N., Wang G., Bell G.I., Bruhwiler D.L., Elizarov A., Hao Y., Jing Y., Kayran D., Pogorelov I.V., Ratner D., Schwartz B.T., Shevchenko O., Sobol A., Webb S.D. Advances in coherent electron cooling [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 91-94.

[570] Volkov V., Getmanov Ya., Shevchenko O., Vinokurov N., Matveenko A. Energy recovering for linac RF injectors [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 356-358.

[571] Gambaryan V., Starostenko A. Fast kicker [Electronic resource]. // IPAC2014: Proc. of the 5th Intern. Particle Accelerator Conference, June 15-20 2014, Dresden, Germany. - Dresden, 2014. - P. 1280-1282.

[572] Зверева В.В., Трунова В.А., Полосьмак Н.В., Сороколетов Д.С. Исследование находок органического происхождения из курганов знати Хунну (Ноин-Ула, Монголия) методами РФА-СИ, микро-РФА-СИ и методами рентгеновской спектроскопии поглощения. // VIII Всероссийская конференция по рентгеноспектральному анализу, Иркутск, 22-26 сентября 2014: тезисы докладов. - Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2014. - С. 53.

[573] Сидорина, А. В. Трунова В.А., Золотарев К.В. Влияние поглощающих свойств разных матриц на результаты рентгенофлуоресцентного анализа. // VIII Всероссийская конференция по рентгеноспектральному анализу, Иркутск, 22-26 сентября 2014: тезисы докладов. - Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2014. - С. 116.

- [574] Pinayev I., Altinbas F.Z., Beavis D.R., Belomestnykh S., Ben-Zvi I., Brown K.A., Brutus J.C., Curcio A.L., DeSanto L., Elizarov A., Folz C.M., Gassner D.M., Hahn H., Hao Y., Ho C., Huang Y., Hulsart R., Ilardo M., Jamilkowski J., Jing Y., Karl F.X., Kayran D., Kellermann R., Laloudakis N.D., Lambiase R., Litvinenko V.N., Mahler G., Mapes M., Meng W., Michnoff R., Miller M.A., Minty M., Orfin P., Pendzik A., Randazzo F., Rao T., Reich J., Roser T., Sandberg J., Sheehy B., Skaritka J., Smith K., Snyderstrup L., Steszyn A., Than R., Theisen C., Todd R.J., Tuozzolo J., Wang E., Wang G., Weiss D., Wilinski M., Xin T., Xu W., Zaltsman A., Kholopov M.A., Vobly P., Bell G.I., Cary J.R., Paul K., Pogorelov I.V., Schwartz B.T., Sobol A., Webb S.D., Boulware C., Grimm T., Jecks R., Miller N., McIntosh P., Wheelhouse A. Present status of coherent electron cooling proof-of-principle experiment. // Proc. of the 36th Intern. Free Electron Laser Conference: FEL2014, Congress Center Basel, Switzerland 25-29 August 2014. - Villigen: Paul Scherrer Insitut, 2014. - P. 524-527.
- [575] Kim H.W., Bae S., Gudkov B., Jang K.H., Jeong Y.U., Kim Y., Lee K., Mun J., Park S.H., Park S.J., Vinokurov N., Miginsky S.V. Analysis of beam stability in the KAERI ultrashort pulse accelerator. // Proc. of the 36th Intern. Free Electron Laser Conference: FEL2014, Congress Center Basel, Switzerland 25-29 August 2014. - Villigen: Paul Scherrer Insitut, 2014. - P. 697-698.
- [576] Shevchenko O.A., Tcheskidov V.G., Vinokurov N.A., Davidyuk I. Modeling and design of the variable period and pole number undulator for the second stage of the Novosibirsk FEL. // Proc. of the 36th Intern. Free Electron Laser Conference: FEL2014, Congress Center Basel, Switzerland 25-29 August 2014. - Villigen: Paul Scherrer Insitut, 2014. - P. 96-99.
- [577] Shevchenko O.A., Vinokurov N.A. Characterization of the undulator magnetic field quality by the angle averaged radiation spectrum. // Proc. of the 36th Intern. Free Electron Laser Conference: FEL2014, Congress Center Basel, Switzerland 25-29 August 2014. - Villigen: Paul Scherrer Insitut, 2014. - P. 100-102.
- [578] Sokolov N. A. Vinokurov N. Estimating effect of undulator field errors using the radiation hodograph method. // Proc. of the 36th Intern. Free Electron Laser Conference: FEL2014, Congress Center Basel, Switzerland 25-29 August 2014. - Villigen: Paul Scherrer Insitut, 2014. - P. 93-95.
- [579] Mun J., Jeong Y.U., Vinokurov N., Lee K., Park S.H., Jang K.H., Jeon M.Y. Performance analysis of variable-period helical undulator with permanent magnet for a KAERI THz FEL. // Proc. of the 36th Intern. Free Electron Laser Conference: FEL2014, Congress Center Basel, Switzerland 25-29 August 2014. - Villigen: Paul Scherrer Insitut, 2014. - P. 84-86.
- [580] Nikolenko D.M., Arrington J., Barkov L.M., Dmitriev V.F., Gauzshtein V.V., Golovin R.A., Gramolin A.V., Holt R.J., Kaminsky V.V., Lazarenko B.A., Mishnev S.I., Muchnoi N.Yu., Neufeld V.V., Rachek I.A., Sadykov R.Sh., Shestakov Yu.V., Stibunov V.N., Toporkov D.K., De Vries H., Zevakov S.A., Zhilich V.N. Two-photon exchange contribution in elastic electron-proton scattering, experiment at the VEPP-3 storage ring. // 2013 Intern. Nuclear Physics Conference, INPC 2013; Firenze; Italy; 2 -7 June 2013; EPJ Web of Conferences. - 2014. - Vol. 66. - P. 06002. - DOI10.1051/epjconf/20146606002.
- [581] Litvinov S., Dolinskii A., Gorda O., Koop I. Nonlinear corrections in the CR storage ring at FAIR. // 20th Intern. Workshop on Beam Dynamics and Optimization, BDO 2014; St. Petersburg; Russian Federation; 30 June - 4 July 2014. - 2014. - P. 6890051. - DOI 10.1109/BDO.2014.6890051.
- [582] Kubarev V.V. Dynamics of the THz optical discharge. // 39th Intern. Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, IRMMW-THz 2014, The University of Arizona, Tucson, United States, 14-19 September 2014. - P. 6956280. - DOI 10.1109/IRMMW-THz.2014.6956280.
- [583] Shemyakin D.N., Akmetshin R.R., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.S., Bashtovoy N.S., Berkaev D.E., Bondar A.E., Bragin A.V., Eidelman S.I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G.V., Gayazov S.E., Grebenuk A.A., Grigoriev D.N., Gromov E.M., Ignatov F.V., Karpov S.V., Kazanin V.F., Khazin B.I., Koop I.A., Kovalenko O.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krovovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Lukin P.A., Mikhailov K.Y., Muchnoi N.Y., Okhapkin V.S., Pestov Y.N., Perevedentsev E.A., Popov A.S., Razuvaev G.P., Rogovsky Y.A., Romanov A.L., Ruban A.A., Ryskulov N.M., Ryzhenenkov A.E., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D.B., Sibidanov A.L., Shatunov P.Y., Shatunov Y.M., Solodov E.P., Titov V.M., Talyshev A.A., Vorobiov A.I., Yudin Y.V. Study of the processes  $e^+e^- \rightarrow K^+K^- \pi^+ \pi^-$ ,  $e^+e^- \rightarrow K^+K^- \phi \eta$  with the CMD-3 detector at the  $e^+e^-$  Collider VEPP-2000. // EPJ Web of Conferences: 13th Intern. Workshop on Meson Production, Properties and Interaction, MESON 2014; Cracow; Poland; 29 May - 3 June 2014; EPJ Web of Conferences. - Vol. 81. - P. 02019. - DOI 10.1051/epjconf/20148102019.
- [584] Lukin P.A., Akmetshin R.R., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.S., Bashtovoy N.S., Berkaev D.E., Bondar A.E., Bragin A.V., Eidelman S.I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G.V., Gayazov S.E., Grebenuk A.A., Grigoriev D.N., Gromov E.M., Ignatov F.V., Karpov S.V., Kazanin V.F., Khazin B.I., Koop I.A., Kovalenko O.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krovovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Logashenko I.B., Mikhailov K.Y., Muchnoi N.Y., Okhapkin V.S., Pestov Y.N., Perevedentsev E.A., Popov A.S., Razuvaev G.P., Rogovsky Y.A., Romanov A.L., Ruban A.A., Ryskulov N.M., Ryzhenenkov A.E., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz

D.B., Sibidanov A.L., Shatunov P.Y., Shatunov Y.M., Solodov E.P., Titov V.M., Talyshev A.A., Vorobiov A.I., Yudin Y.V. Study of the process  $e^+e^- \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)$  with the CMD-3 detector at VEPP-2000 collider. // EPJ Web of Conferences: 13th Intern. Workshop on Meson Production, Properties and Interaction, MESON 2014, Cracow, Poland, 29 May - 3 June 2014: EPJ Web of Conferences. - Vol. 81. - P. 02010. - DOI 10.1051/epjconf/20148102010.

[585] Achasov M.N., Barnyakov A.Y., Barnyakov M.Y., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Berkaev D.E., Blinov V.E., Bobrovnikov V.S., Bogdanchikov A.G., Botov A.A., Buzykaev A.R., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Kardapoltsev L.V., Kharlamov A.G., Kirpotin A.N., Kononov S.A., Koop I.A., Korol A.A., Koshuba S.V., Kovrizhin D.P., Kravchenko D.P., Kupich A.S., Lysenko A.P., Martin K.A., Obrazovsky A.E., Onuchin A.P., Pakhtusova E.V., Serednyakov S.I., Romanov A.L., Senchenko A.I., Shatunov P.Y., Shatunov Y.M., Shtol D.A., Shwartz D.B., Silagadze Z.K., Skrinsky A.N., Surin I.K., Tikhonov Y.A., Usov Y.V., Vasiljev A.V., Zemlyansky I.M. Light hadron production in experiments with the SND detector at the  $e^+e^-$  Collider VEPP-2000. // 13th Intern. Workshop on Meson Production, Properties and Interaction, MESON 2014; Cracow; Poland; 29 May - 3 June 2014: EPJ Web of Conferences, 2014. - Vol. 81. - P. 02018.

[586] Mezentsev, N. Shkaruba V., Syrovatin V. Superconducting multipole wigglers: Magnetic and cryogenic systems. // Refrigeration Science and Technology. - 2014. - 13th Intern. Institute of Refrigeration Conference on Cryogenics, CRYOGENICS 2014; Prague; Czech Republic; 7-11 April 2014. - P. 81-87.

[587] Epov V.S., Klimov A.E., Kubarev V.V., Paschin N.S., Shumsky V.N. Effect of magnetic field on the sensitivity of PbSnTe:In films to THz radiation. // 2014 IEEE 15th Intern. Conf. of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM 2014; Altai; Russian Federation; 30 June - 4 July 2014. - P. 81-84. - DOI 10.1109/EDM.2014.6882482.

[588] Knyazev B.A., Gerasimov V.V., Gorovoy V.O., Cherkassky V.S., Kulipanov G.N., Kotelnikov I.A., Nikitin A.K., Zhizhin G.N. A thorough study of terahertz surface waves travelling along metal-dielectric surfaces of different curvature and jumping through air gaps. // 39th Intern. Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, IRMMW-THz 2014; The University of Arizona, Tucson; United States; 14-19 September 2014. - 2014. - P. 6956462. - DOI 10.1109/IRMMW-THz.2014.6956462.

[589] Stirin A., Kovachev G., Korchuganov V., Odintsov D., Tarasov Y., Zabelin A., Meshkov O., Dorohov V., Khilchenko A., Scheglov A., Schegolev L., Zinin E., Zhuravlev A. New station for optical observation of electron beam parameters at electron storage ring Siberia-2. // 2014 20th Intern. Workshop on Beam Dynamics and Optimization, BDO 2014; St.

Petersburg; Russian Federation; 30 June-4 July 2014. - 2014. - P. 6890083. - ISSN 9781-4799, DOI 10.1109/BDO.2014.6890083.

[590] Kubarev V.V., Chesnokov E.N., Koshlyakov P.V. Pulse effects of terahertz radiation in molecular gas mediums. // 39th Intern. Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, IRMMW-THz 2014; The University of Arizona, Tucson; United States; 14-19 September 2014. - 2014. - P. 6956469. - DOI 10.1109/IRMMW-THz.2014.6956469.

[591] Logashenko I.B., Akhmetshin R.R., Anisenkov A.V., Aulchenko V.M., Banzarov V.S., Bashtovoy N.S., Berkaev D.E., Bragin A.V., Eidelman S.I., Epifanov D.A., Epshteyn L.B., Erofeev A.L., Fedotov G.V., Gayazov S.E., Grebenuk A.A., Grigoriev D.N., Gromov E.M., Ignatov F.V., Karpov S.V., Kazanin V.F., Khazin B.I., Kirpotin A.N., Koop I.A., Kovalenko O.A., Kozyrev A.N., Kozyrev E.A., Krokovny P.P., Kuzmenko A.E., Kuzmin A.S., Lukin P.A., Lysenko A.P., Mikhailov K.Y., Okhapkin V.S., Pestov Y.N., Perevedentsev E.A., Popov A.S., Razuvaev G.P., Rogovsky Y.A., Romanov A.L., Ruban A.A., Ryskulov N.M., Ryzhenkov A.E., Shebalin V.E., Shemyakin D.N., Shwartz B.A., Shwartz D.B., Sibidanov A.L., Shatunov P.Y., Shatunov Y.M., Solodov E.P., Titov V.M., Talyshev A.A., Vorobiov A.I., Yudin Y.V., Zharinov Y.M. Measurement of  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$  cross section at CMD-3. // Intern. Symposium Lepton and Hadron Physics at Meson-Factories, LHPMF 2013; Messina; Italy; 13-15 October 2013.- EPJ Web of Conferences: 2014. - Vol. 72. - P. 00013. - DOI 10.1051/epjconf/20147200013.

[592] Choporova Y.Y., Azarov I.A., Mitkov M.S., Kruchinina M.V., Kruchinin V.N., Shvets V.A., Knyazev B.A. Polarimetry at Novosibirsk terahertz free electron laser facility. // 39th Intern. Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, IRMMW-THz 2014; The University of Arizona, Tucson; United States; 14-19 September 2014. - 2014. - P. 6956293. - DOI 10.1109/IRMMW-THz.2014.6956293.

[593] Kotelnikov I.A., Stupakov G.V. Paraxial equation for the surface wave on a conducting cylinder. // 39th Intern. Conf. on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, IRMMW-THz 2014; The University of Arizona, Tucson; US; 14-19 Sept. 2014. - 2014. - P. 6956398. - DOI 10.1109/IRMMW-THz.2014.6956398.

[594] Ruktuev A., Golkovsky M., Samoilenko V., Komarov P., Bataev I., Bataev A. Corrosion resistance of multilayer Ti-Ta coatings obtained by electron beam cladding in the atmosphere. // Advanced Materials Research. - 2014. - Vol. 1040: Intern. Conf. for Young Scientists "High Technology: Research and Applications 2014", HTRA 2014; Tomsk; Russian Federation; 26-28 March 2014. - P. 759-763. - DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.1040.759.

[595] Mezentsev N. Shkaruba V., Syrovatin V. Superconducting Multipole Wigglers: Magnetic and Cryogenic Systems, 2014. // 13th Cryogenics IIR Intern.



Conf. (Apr 07-11, 2014, Prague, Czech Republic): 13th Cryogenics 2014 IIR Intern. Conf. - 2014. - Is. 1. - P. 81-87. - (Refrigeration Science and Technology). - ISSN 0151-1637.

[596] LHCb Collab., Bondar A., Eidelman S, Krokovny P., Poluektov A., Shekhtman L., Vorobyev V., et al. // Improved constraints on  $\gamma$ : CKM2014 update. // LHCb-CONF-2014-004: 8th Intern. Workshop on the CKM Unitarity Triangle, Univ. Tech., Vienna, Austria, 08 - 12 September 2014.

[597] A. Poluektov. Rare B(s) and CPV in B(s) physics at LHCb. // KEK Flavour Factory Workshop, 13-15 February 2014, KEK, Tsukuba, Japan.

[598] A. Poluektov. Rare decays and CP violation with Bu and Bd mesons at LHCb. // KEK Flavour Factory Workshop / Belle II Theory Interface Platform Meeting, 28-31 October 2014, KEK, Tsukuba, Japan.

[599] A. Poluektov. Model-independent  $\gamma$  measurement with  $B \rightarrow DK$ ,  $D \rightarrow Kshh$  at LHCb. // KEK Flavour Factory Workshop / Belle II Theory Interface Platform Meeting, 28-31 October 2014, KEK, Tsukuba, Japan.

[600] A.V. Arzhannikov, N.S. Ginzburg, V.Y. Zaslavsky, P.V. Kalinin, N.Y. Peskov, A.S. Sergeev, S.L. Sinitsky, V.D. Stepanov, M.K. A. Thumm. Spectral Dynamics of mm-wave Radiation from Two-Channel Planar FEM with Two Dimensional Distributed Feedback. // Proc. of 41st IEEE Intern. Conf. on Plasma Science and the 20th Intern. Conf. on High-Power Particle Beams, May 25 - 29, 2014, Washington DC.

[601] A.A. Shoshin, A.S. Arakcheev, A.V. Arzhannikov, V.A. Bataev, A.V. Burdakov, A. Huber, I.A. Ivanov, K.N. Kuklin, S.V. Polosatkin, V.V. Postupaev, S.L. Sinitsky and A.A. Vasilyev. Tungsten Surface Modification After Irradiation at the GOL-3. // 21st Intern. Conf. on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices, 26-30 May 2014, Kanazawa, Japan. [[http://psi2014.nifs.ac.jp/Files/Files/Abstracts/P3-035\\_Shoshin\\_PSI2014.pdf](http://psi2014.nifs.ac.jp/Files/Files/Abstracts/P3-035_Shoshin_PSI2014.pdf)].

[602] A. Arakcheev, A. Huber, M. Wirtz, G. Sergienko, I. Steudel, A. Burdakov, J. W. Coenen, A. Kreter, J. Linke, Ph. Mertens, V. Philipps, G. Pintsuk, M. Reinhart, U. Samm, A. Shoshin, B. Schweer, B. Unterberg, A. Vasilyev. Theoretical investigation of cracks formation in tungsten after heat loads. // 21st Intern. Conf. on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices, 26-30 May 2014, Kanazawa, Japan. [[http://psi2014.nifs.ac.jp/Files/Files/Abstracts/P2-089\\_Arakcheev\\_PSI2014.pdf](http://psi2014.nifs.ac.jp/Files/Files/Abstracts/P2-089_Arakcheev_PSI2014.pdf)].

[603] A.V. Arzhannikov, N.S. Ginzburg, V.Y. Zaslavsky, P.V. Kalinin, N.Y. Peskov, A.S. Sergeev, S.L. Sinitsky, V.D. Stepanov, M.K.A. Thumm. Spectral dynamics of mm-wave radiation from two-channel planar FEM with two dimensional distributed feedback. // Proc. of 41st IEEE Intern. Conference on Plasma Science and the 20th Intern. Conference on High-Power Particle Beams, Washington DC, May 25-29, 2014.

[604] A.A. Shoshin, A.S. Arakcheev, A.V. Arzhannikov, V.A. Bataev, A.V. Burdakov, A. Huber, I.A. Ivanov, K.N. Kuklin, S.V. Polosatkin, V.V. Postupaev, S.L. Sinitsky and A.A. Vasilyev Tungsten surface modification after irradiation at the GOL-3. // 21st Intern. Conf. on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices, 26-30 May 2014, Kanazawa, JAPAN. [[http://psi2014.nifs.ac.jp/Files/Files/Abstracts/P3-035\\_Shoshin\\_PSI2014.pdf](http://psi2014.nifs.ac.jp/Files/Files/Abstracts/P3-035_Shoshin_PSI2014.pdf)].

[605] A. Arakcheev, A. Huber, M. Wirtz, G. Sergienko, I. Steudel, A. Burdakov, J. W. Coenen, A. Kreter, J. Linke, Ph. Mertens, V. Philipps, G. Pintsuk, M. Reinhart, U. Samm, A. Shoshin, B. Schweer, B. Unterberg, A. Vasilyev. Theoretical investigation of cracks formation in tungsten after heat loads. // 21st Intern. Conf. on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices, 26-30 May 2014, Kanazawa, JAPAN. [[http://psi2014.nifs.ac.jp/Files/Files/Abstracts/P2-089\\_Arakcheev\\_PSI2014.pdf](http://psi2014.nifs.ac.jp/Files/Files/Abstracts/P2-089_Arakcheev_PSI2014.pdf)].

[606] Астрелин В.Т., Кандауров И.В., Свешников В.М. Расчет предельных токов электронного пучка при инжекции в многопробочную ловушку ГОЛ-3. // Межд. конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2014" (АПВММ-2014), июнь 8-11, 2014, Академгородок, Новосибирск, Россия. [[http://conf.nsc.ru/amca14/ru/amca14\\_status](http://conf.nsc.ru/amca14/ru/amca14_status)].

[607] A.V. Arzhannikov, M.V. Astafjev, A.V. Burdakov, V.S. Burmasov, D.E. Gavrilenko, I.A. Ivanov, A.A. Kasatov, S.A. Kuznetsov, K.I. Mekler, S.V. Polosatkin, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, S.L. Sinitsky, V.F. Sklyarov, and L.N. Vyacheslavov. Observation of the spectral and polarization dynamics of sub-THz emission from E-beam - plasma interaction area. // 41st EPS Conference on Plasma Physics, 23-27 June 2014, Berlin, Germany, P2.150. [<http://ocs.ciemat.es/EPS2014PAP/pdf/P2.150.pdf>].

[608] V.V. Postupaev, A.V. Burdakov, A.V. Sudnikov. MHD stability of plasma with supercritical current density at the axis. // 41st EPS Conference on Plasma Physics, 23-27 June 2014, Berlin. - P4.040. [<http://ocs.ciemat.es/EPS2014PAP/pdf/P4.040.pdf>].

[609] A.V. Arzhannikov, A.V. Burdakov, V.S. Burmasov, D.E. Gavrilenko, I.A. Ivanov, A.A. Kasatov, I.V. Kandaurov, V.V. Kurkuchekov, S.A. Kuznetsov, K.I. Mekler, S.S. Popov, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, V.F. Sklyarov, A.V. Sudnikov, Yu.A. Trunev and L.N. Vyacheslavov. Microwave generation in experiments on sub-relativistic electron beam relaxation in magnetized plasmas. // 41st EPS Conference on Plasma Physics, 23-27 June 2014, Berlin, Germany, P5.091. <http://ocs.ciemat.es/EPS2014PAP/pdf/P5.091.pdf>

[610] Burdakov A.V. Multimirror linear trap for fusion plasma confinement: status and future. // 26th Symposium on Plasma Physics and Technology, June 16-19, 2014, Prague. [[http://www.plasmaconference.cz/invited\\_lectures.php](http://www.plasmaconference.cz/invited_lectures.php)].

- [611] S.A. Kuznetsov, S.N. Makarov, V.N. Koshelenko, M.A. Astafev and A.V. Arzhannikov. 140 GHz Active imaging system based on FMCW radar. // Proc. of the 9th Intern. Workshop "Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications", IAP RAS, July 24-30, 2014, Nizhny Novgorod, Russia. - P. 75-76.
- [612] A.V. Arzhannikov, N.S. Ginzburg, P.V. Kalinin, N.Yu. Peskov, A.S. Sergeev, S.L. Sinitsky, V.D. Stepanov, M. Thumm, and V.Yu. Zaslavsky. MM-wave generation in two-channel planar FEM on eigen modes of resonator at various detuning of undulator synchronism. // Proc. of the 9th Intern. Workshop "Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications", IAP RAS, July 24 - 30, 2014, Nizhny Novgorod, Russia. - P. 170-171.
- [613] A.V. Arzhannikov, A.V. Burdakov, I.A. Ivanov, I.V. Kandaurov, A.A. Kasatov, V.V. Kurkuchekov, S.A. Kuznetsov, M.A. Makarov, K.I. Mekler, S.V. Polosatkin, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, S.L. Sinitsky, V.F. Sklyarov, M.K.A. Thumm, Yu.A. Trunev, L.N. Vyacheslavov. Spectrum and polarization of plasma emission at high current beam relaxation (invited talk). // Proc. of the 9th Intern. Workshop "Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications", IAP RAS, July 24 - 30, 2014, Nizhny Novgorod, Russia. - P. 197-198.
- [614] S.A. Kuznetsov, M.A. Astafjev, E.A. Lonshakov and A.V. Arzhannikov. Submillimeter-wave planar focusing devices based on holographic reflectarrays. // Proc. of the 9th Intern. Workshop "Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications", IAP RAS, July 24 - 30, 2014, Nizhny Novgorod, Russia. - P. 207-208.
- [615] N.Yu. Peskov, N.S. Ginzburg, G.G. Denisov, A.S. Sergeev, A.V. Arzhannikov, P.V. Kalinin, S.L. Sinitsky and M. Thumm. Project of two-stage planar THz-band FEL based on four-mirror Bragg ring cavity and parallel intense sheet electron beams. // Proc. of the 9th Intern. Workshop "Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications", IAP RAS, July 24 - 30, 2014, Nizhny Novgorod, Russia. - P. 229-230.
- [616] Астрелин В.Т., Кандауров И.В., Свешников В.М. Численное моделирование транспортировки электронного пучка с предельным током и начальным угловым разбросом при инжекции в многопроходную ловушку ГОЛ-3. // Труды X Международной Азиатской школы-семинара "Проблемы оптимизации сложных систем", 25 июля - 5 августа 2014, Часть 1, 2014. НИЦ НТИ. Кыргызстан. - С. 73. <http://conf.ict.nsc.ru/opcs2014/ru/reportlist>
- [617] A.V. Burdakov, A.P. Avrorov, A.V. Arzhannikov, V.T. Astrelin, V.I. Batkin, V.S. Burmasov, A.V. Bykov, D.E. Gavrilenko, I.A. Ivanov, I.V. Kandaurov, A.A. Kasatov, V.V. Kurkuchekov, K.N. Kuklin, K.I. Mekler, S.V. Polosatkin, S.S. Popov, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, A.A. Shoshin, S.L. Sinitsky, V.F. Sklyarov, N.V. Sorokina, V.D. Stepanov, A.V. Sudnikov, Yu.S. Sulyaev, Yu.A. Trunev and L.N. Vyacheslavov. Recent experiments in GOL-3 Multiple Mirror Trap. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 23 (invited talk OS1-04). <http://www.os2014.org/sub0202>
- [618] S. Polosatkin, A. Anikeev, V. Astrelin, A. Beklemishev, A. Burdakov, A. Ivanov, I. Ivanov, V. Postupaev, S. Sinitsky, N. Sorokina. Impurities and Particle Balance in GDMT Facility. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 66 (poster OS4-29). <http://www.os2014.org/sub0202>.
- [619] A. Anikeev, V. Astrelin, A. Beklemishev, A. Bragin, A. Burdakov, D. Gavrilenko, A. Ivanov, I. Ivanov, M. Ivantsivsky, E. Kolesnikov, S. Polosatkin, V. Postupaev, S. Sinitsky, V. Yarovoy. Superconducting Magnetic System of GDMT Facility. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. P. 67 (poster OS4-30). <http://www.os2014.org/sub0202>.
- [620] A.V. Sudnikov, A.V. Burdakov, D.E. Gavrilenko, I.A. Ivanov, I.V. Kandaurov, V.V. Kurkuchekov, V.V. Postupaev, S.V. Polosatkin, Yu.A. Trunev. Charge Injection by Multiple-Pulse Electron Beam in GOL-3. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. P. 69 (poster OS4-32). [<http://www.os2014.org/sub0202>].
- [621] A.V. Arzhannikov, A.V. Burdakov, V.S. Burmasov, D.E. Gavrilenko, I.A. Ivanov, I.V. Kandaurov, V.V. Kurkuchekov, S.A. Kuznetsov, K.I. Mekler, S.S. Popov, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, V.F. Sklyarov, Yu.A. Trunev and L.N. Vyacheslavov. Microwave generation from magnetized plasmas during sub-relativistic electron beam relaxation. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014 - P. 70 (poster OS4-33). <http://www.os2014.org/sub0202>.
- [622] V.V. Kurkuchekov, V.T. Astrelin, A.P. Avrorov, A.V. Burdakov, A.V. Bykov, V.I. Davydenko, G.E. Derevyankin, A.A. Ivanov, I.A. Ivanov, I.V. Kandaurov, S.V. Polosatkin, A.F. Rovenskikh, Yu.A. Trunev, V.A. Yarovoy. Twenty Megawatt Electron Injector for GOL-3 Multiple Mirror trap. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abst. Book of OS2014. - P. 73 (poster OS4-36). [<http://www.os2014.org/sub0202>].
- [623] L.N. Vyacheslavov, A.A. Kasatov, A.S. Arakcheev, I.A. Ivanov, A.A. Shoshin, A.V. Burdakov, I.V. Kandaurov, V.V. Kurkuchekov, K.I. Mekler, A.F. Rovenskikh, and Yu.A. Trunev. Observation of Metal Erosion under Transient Heat Load Produced by Long

Pulse Electron Beam. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 76 (poster OS4-39). [<http://www.os2014.org/sub0202>].

[624] A.A. Shoshin, A.S. Arakcheev, A.V. Arzhannikov, V.A. Bataev, A.V. Burdakov, I.A. Ivanov, K.N. Kuklin, S.V. Polosatkin, V.V. Postupaev, S.L. Sinitsky, A.A. Vasilyev. Preheated tungsten surface modification after irradiation at the GOL-3. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P.77 (poster OS4-40). [<http://www.os2014.org/sub0202>].

[625] A.D. Beklemishev, P.A. Bagryansky, A.V. Burdakov, V.I. Davydenko, A.I. Gorbovsky, A.A. Ivanov, I.A. Ivanov, S.V. Polosatkin, V.V. Postupaev, and S.L. Sinitsky. Development of the GDMT project in BINP: status and perspectives. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 82 (invited talk OS5-01). [<http://www.os2014.org/sub0202>].

[626] A.V. Arzhannikov, A.V. Anikeev, A.D. Beklemishev, A.V. Burdakov, W. Hortond, A.A. Ivanov. Gas-dynamic trap with  $Q \sim 0.1$  as a driver for hybrid thorium reactor. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 85 (OS5-04). [<http://www.os2014.org/sub0202>].

[627] A.A. Ivanov, A.V. Burdakov and P.A. Bagryansky. Recent progress in studies of plasma heating and stabilization in axisymmetric magnetic mirrors in Novosibirsk. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 86 (invited talk OS6-01). [<http://www.os2014.org/sub0202>].

[628] V.V. Postupaev, A.V. Burdakov, and A.A. Ivanov. Outlook for new experimental program on multiple-mirror confinement in GOL-3 with NBI-heated plasma. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 91 (OS6-06). [<http://www.os2014.org/sub0202>].

[629] A.V. Burdakov, A.P. Avrorov, A.V. Arzhannikov, V.T. Astrelin, V.I. Batkin, V.S. Burmasov, A.V. Bykov, D.E. Gavrilenko, I.A. Ivanov, M.V. Ivantsivsky, I.V. Kandaurov, A.A. Kasatov, K.N. Kuklin, V.V. Kurkuchekov, S.A. Kuznetsov, K.I. Mekler, S.V. Polosatkin, S.S. Popov, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, A.A. Shoshin, S.L. Sinitsky, V.F. Sklyarov, N.V. Sorokina, V.D. Stepanov, A.V. Sudnikov, Yu.S. Sulyaev, Yu.A. Trunev, and L.N. Vyacheslavov. Status of GOL-3 multiple mirror trap experiments. // 25th Fusion Energy Conference (IAEA FEC 2014), St. Petersburg, 13-18 October 2014, EX-P4-23. [<http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/PDFplus/2014/cn221/cn221ProvisionalProgramme.pdf>].

[630] Alexander Huber, Marius Wirtz, Gennady Sergienko, Isabel Steudel, Aleksey Arakcheev, Aleksander Burdakov, Guenter Esser, Michaele Freisinger, Arkadi Kreter, Jochen Linke, Christian Linsmeier, Philippe Mertens, Soren Moller, Volker Philipps, Gerald Pintsuk, Michael Reinhart, Bernd Schweer, Andrey Shoshin, Alexis Terra, Bernhard Unterberg, Impact on Tungsten of Transient Heat Loads on top of steady state Plasma Exposure. // Book of Abstracts 28th Symposium on Fusion Technology (SOFT 2014). - P. 338, San Sebastian, Spain, 2014. [[http://www.soft2014.eu/book\\_of\\_abstracts.pdf](http://www.soft2014.eu/book_of_abstracts.pdf), P2.089].

[631] V.T. Astrelin, V.I. Davydenko, A.V. Kolmogorov. Numerical Simulation of the Secondary Plasma Surface in the Ion Beam Formation. // Intern. Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects, Book of Abstracts, Tomsk, Russia, September 21-26, 2014. - P. 17.

[632] V.V. Kurkuchekov, I.A. Ivanov, I.V. Kandaurov, Yu.A. Trunev. Quantitative X-Ray Diagnostics for Measuring of the Electron Beam Current Density Distribution on a Metal Target. // Intern. Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects, Book of Abstracts, Tomsk, Russia, September 21-26, 2014. - P. 18.

[633] I.V. Kandaurov, V.T. Astrelin, Yu.A. Trunev, V.V. Kurkuchekov. Development and experimental characterization of an electron beam source based on a plasma emitter and multiple aperture electron optical system. // Intern. Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects, Book of Abstracts, Tomsk, Russia, September 21-26, 2014. - P. 241.

[634] I.M. Zemlyansky, D.E. Berkaev, I.A. Koop, A.V. Otboev et al. Electron and positron beams transportation channels to BINP Colliders. // Proc. of 24th All-Russian Conference on Charged Particle Accelerators (RuPAC14), 6-10 October 2014, Obninsk, Russia.

[635] B.B. Самойленко, И.А. Поляков, М.Г. Голковский, И.А. Багаев, А.А. Руктуев. Поверхностное легирование титана танталом и цирконием методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошковых материалов. // Труды 24 Международной конференции, Севастополь, 7-12 июля 2014. - Москва: Радиационная физика твердого тела. - 2014. - С. 345-351. ISBN 978-5-89671-018-9.

[636] I.A. Bataev, M.G. Golkovskii, N.K. Kuksanov, A.A. Ruktuev, V.V. Samoilenko, I.A. Polyakov, and A.A. Bataev. Surface alloying of titanium alloys with refractory elements by non-vacuum electron-beam processing. // Eleventh Intern. Conference on Electron Beam Technology, 8-10 June, Varna, Bulgaria, 2014.

[637] I.A. Bataev, M.G. Golkovskii, V.V. Samoilenko, A.A. Ruktuev, A.A. Polyakov, A.A. Bataev. Non-vacuum electron beam multilayer cladding of Ta on Ti plates. // Interfinish-Seria 2014: book abstr., Intern. Conf. on Surface Engineering for Research and Industrial

Applications, 30 June - 4 July 2014, Novosibirsk: NSTU Publ., 2014. - P. 32. ISBN 978-5-7782-2475-9.

[638] D.O. Mul, D.S. Krivezhenko, M.G. Golkovski, I.A. Bataev, O.G. Lenitseva, P.N. Komarov. Structure and properties of coatings obtained by electron-beam alloying at air atmosphere. // Interfinish-Seria 2014: book abstr., Intern. Conf. on Surface Engineering for Research and Industrial Applications, 30 June - 4 July 2014, Novosibirsk: NSTU Publ., 2014, - P. 53. ISBN 978-5-7782-2475-9.

[639] N.K. Kuksanov, A.I. Rojkh, M.N. Stepanov. Experience of 30 Years Operation of EB treatment installations at "PODOLSKKABEL" plant. // Proc. of Eleventh Intern. Conf. on Electron Beam Technologies (EBT 2014), 8 June - 12 June 2014, Bulgaria, Varna.

[640] N.K. Kuksanov, Yu.I. Golubenko, P.I. Nemytov, R.A. Salimov, S.N. Fadeev, A.I. Korchagin, D.A. Kogut, E.V. Domarov, A.V. Lavruchin, V.G. Cherepkov, A.V. Semenov. Extended scope of application of industrial ELV accelerator. // XXIV Всероссийская конференция по ускорителям заряженных частиц (RUPAC 2014), 6-10 октября 2014, Обнинск (уст. доклад).

[641] N.K. Kuksanov, R.A. Salimov, P.I. Nemytov, S.N. Fadeev, E.V. Domarov, K.A. Bryazgin, D.A. Kogut. The utilization of standard DC accelerator ELV for the tomography. // XXIV Всероссийская конференция по ускорителям заряженных частиц (RUPAC 2014), 6-10 октября 2014, Обнинск (постер).

[642] D. Kasatov, A. Koshkarev, A. Kuznetsov, A. Makarov, Yu. Ostreinov, I. Sorokin, I. Shchudlo, S. Taskaev. Problems and prospects of the tandem accelerator with vacuum insulation. // Proc. of RUPAC 2014, Obninsk, Russia, 6-10 October 2014. - P 465-466.

[643] D. Kasatov, A. Makarov, I. Shchudlo, S. Taskaev. Studying of the accompanying charged particles in the tandem accelerator with vacuum insulation. // Proc. of RUPAC 2014, Obninsk, Russia, 6-10 October 2014. - P. 189-190.

[644] A. Kuznetsov, A. Ivanov, A. Koshkarev, D. Kasatov, M. Tiunov. Development of the injector for vacuum insulation tandem accelerator. // Proc. of RUPAC 2014, Obninsk, Russia, 6-10 October 2014. - P. 191-193.

[645] A. Koshkarev, P. Zubarev, A. Sanin, U. Belchenko, A. Kvashnin. Development of automation system of the ion source. // Proc. of RUPAC 2014, Obninsk, Russia, 6-10 October 2014. - P. 380-382.

[646] D. Kasatov, A. Makarov, I. Shchudlo, S. Taskaev. Measurement of the dose rate and the radiation spectrum of the interaction of 2 MeV proton beam with a variety of structural materials. // Proc. of RUPAC 2014, Obninsk, Russia, 6-10 October 2014. - P. 113-115.

[647] I. Shchudlo, D. Kasatov, A. Makarov, S. Taskaev. Measurement of the spatial distribution of gamma radiation at tandem accelerator with vacuum

insulation. // Proc. of RUPAC 2014, Obninsk, Russia, 06-10 October 2014. - P. 116-117.

[648] A. Makarov, S. Taskaev, P. Vobly, Yu. Ostreinov. Modification of the argon stripping target of the tandem accelerator. // Proc. of RUPAC 2014, Obninsk, Russia, 06-10 October 2014. - P. 194-196.

[649] Alexander N. Karpushov, Stefano Alberti, René Chavan, Vladimir I. Davydenko, Basil P. Duval, Alexander A. Ivanov, Damien Fasel, Ambrogio Fasoli, Aleksander I. Gorbovsky, Timothy Goodman, Vyacheslav V. Kolmogorov, Yves Martin, Olivier Sauter, Aleksey V. Sorokin, Matthieu Toussaint. Upgrade of the TCV Tokamak, first phase: neutral beam heating system. // 28th Symposium on Fusion Technology SOFT 2014, Sept .29 - Oct .3 2014, San Sebastian, Spain: Book of abstracts. - P. 278.

[650] Matthieu Toussaint, Vladislav H. Amirov, Robert Bertizzolo, Edoardo Busato, René Chavan, Pascal Conti, Paolo Dallona, Vladimir I. Davydenko, Frédéric Dolizy, Basil Duval, Ambrogio Fasoli, Carlo Fusa, Aleksander I. Gorbovsky, Gavin Henstock, Christoph Hollenstein, Alexander N. Karpushov, Claude Raggi, Diego Ruaro, Aleksey V. Sorokin, Roberto Venezia. In-situ upgrade of the TCV vacuum vessel with tangential ports for the neutral beam plasma heating system. // 28th Symp. on Fusion Technology SOFT 2014, Sept 29 - Oct 3 2014, San Sebastian, Spain: Book of abstracts. - P. 282.

[651] P.A. Bagryansky, A.A. Ivanov, A.A. Lizunov, Yu.V. Kovalenko, V.V. Maximov, S.V. Murakhtin, V.V. Prikhodko, V.Ya. Savkin, E.I. Soldatkina, A.L. Solomakhin, D.V. Yakovlev, K.V. Zaytsev. Record electron temperature in the quasistationary open magnetic trap at auxiliary microwave heating mode. // Intern. Scientific Conference "Science of the Future", 17-20 Sept 2014, St-Petersburg. [<http://www.p220conf.ru/abstracts/download/15-y-phys/462-e-soldatkina>].

[652] P.A. Bagryansky, A.A. Ivanov, A.A. Lizunov, Yu.V. Kovalenko, V.V. Maximov, S.V. Murakhtin, V.V. Prikhodko, V.Ya. Savkin, E.I. Soldatkina, A.L. Solomakhin, D.V. Yakovlev, K.V. Zaytsev. Recent Achievements in the Experiments with ECR Heating in the Gas Dynamic Trap. // 25th Fusion Energy Conference (FEC 2014), Saint Petersburg, 13-18 October 2014 Conference ID: 46091 (CN-221). - Book of Abstracts. - P. 253. [<http://www-pub.iaea.org/iaeameetings/46091/25thFEC-2014>].

[653] A.V. Anikeev, P.A. Bagryansky, A.D. Beklemishev, A.A. Ivanov, O.A. Korobeinikova, Yu.V. Kovalenko, A.A. Lizunov, V.V. Maximov, S.V. Murakhtin, E.I. Pinzhenin, V.V. Prikhodko, V.Ya. Savkin, E.I. Soldatkina, A.L. Solomakhin, D.V. Yakovlev, K.V. Zaytsev. The GDT Experiment: Status and recent progress in plasma parameters. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 1. [[http://internetdisk.nfri.re.kr:8081/api.link/3d\\_baLoIErze TOcL\\_w~~.pdf](http://internetdisk.nfri.re.kr:8081/api.link/3d_baLoIErze TOcL_w~~.pdf)].

- [654] A.V. Anikeev, P.A. Bagryansky, A.D. Beklemishev, O.A. Korobeinikova, A.A. Lizunov, V.V. Maximov, S.V. Murakhtin, V.V. Prikhodko, V.Ya. Savkin, E.I. Soldatkina, A.L. Solomakhin, D.V. Yakovlev, K.V. Zaytsev. Plans and methods of experiments to study axial losses and transverse transport in the Gas Dynamic Trap. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 7.
- [655] P.A. Bagryansky, E.D. Gospodchikov, Yu.V. Kovalenko, A.A. Lizunov, V.V. Maximov, S.V. Murakhtin, E.I. Pinzhenin, V.V. Prikhodko, V.Ya. Savkin, A.G. Shalashov, E.I. Soldatkina, A.L. Solomakhin, D.V. Yakovlev. ECR Heating Experiment in the GST Magnetic Mirror: Recent Experiments and Future Plans. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 154.
- [656] A.V. Anikeev, V.V. Prikhodko, D.V. Yurov. Parameters of a fusion neutron source based on the last GDT experimental data and possible applications. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 19.
- [657] A.V. Anikeev, V.V. Kuzenov, S.V. Ryzhkov, V.V. Shumaev. Thermophysical Properties of Plasma in Open Systems in Ultrahigh Magnetic Fields. // The 10th Intern. Conf. on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26-29, 2014, Daejeon, Korea: Abstract Book of OS2014. - P. 49.
- [658] Fadin V.S. Impact factors for Reggeon-gluon transition in the next-to-leading order. // Intern. Workshop "Scattering Amplitudes and the Multi-Regge Limit 2014", February 10-14, 2014, Madrid, Spain.
- [659] V.S. Fadin. Impact Factors for Reggeon-Gluon Transitions. // The Intern. Workshop on Low x Physics, June 17-21, 2014, Kyoto, Japan.
- [660] V.S. Fadin. Discontinuities of multi-Regge amplitudes in the next-to-leading order. // Intern. Workshop on Diffraction in High-Energy Physics "DIFFRACTION 2014", September 10-16, 2014, Primosten, Croatia.
- [661] A.V. Reznichenko, M.G. Kozlov. Regge amplitudes with quark and gluon exchange. // Poster report in XII Conference "Young Scientists of Russia" of the Dynasty Foundation, April 13-16, 2014, Moscow.
- [662] Andrey Grozin, Johannes M. Henn, Gregory P. Korchemsky, Peter Marquard. The  $n_f$  terms of the three-loop cusp anomalous dimension in QCD. // Proc. of Science LL2014 (2014) 016 (8 p.). [arXiv:1406.7828 [hep-th]].
- [663] A.G. Grozin. Effective weak Lagrangians in the Standard Model and B decays. // Proc. of the Helmholtz Intern. School "Physics of Heavy Quarks and Hadrons", ed. A. Ali, Yu. Bystritskiy, M. Ivanov. - Verlag Deutsches Elektronen-Synchrotron, - 2014. - P. 78-98. [ISBN 978-3-935702-82-9, ISSN 1435-8077].
- [664] V.V. Sokolov. Invited talk: Elastic Enhancement Factor as an Indicator of Peculiarities of the Internal Dynamics of Open Chaotic quantum Systems. // ISF Research Workshop on Non-Hermitian Random Matrices: 50 Years after Ginibre". 20-27 October 2014, Israel.
- [665] R.E. Gerasimov. Approximations used in calculations of radiative corrections to electron-proton scattering cross section. // Nonlinear Dynamics and Applications: Proc. of the Twenty first Annual Seminar NPC'S'2014, Minsk, 2014. - Vol. 20. - P. 56 - 63.
- [666] R.N. Lee. Modern techniques of multiloop calculations. // Proc. of the 49th Rencontres de Moriond, ed. E. Auge, J. Dumarchez, and J. Tran Thanh Van: ARISF, 2014. - P. 297.
- [667] V.S. Fadin. Impact factors for reggeon-gluon transitions in the next-to-leading order. // Intern. Workshop "Scattering Amplitudes and the Multi-Regge Limit", February 10-14, 2014, Madrid, Spain.
- [668] V.M. Katkov. Effective mass of a photon in strong field. // 6th Intern. Conf. "Channeling 2014", October 5-10, 2014, Capri, Italy: Book of abstr. - P. 36.
- [669] В.С. Фадин. Введение в уравнение БФКЛ, импакт фактор и реджеон-глюон переход. - Межд. школа «Новые тенденции в физике высоких энергий и КХД», октябрь 21 - ноябрь 6, 2014, Натал, Бразилия.
- [670] В.С. Фадин. Скачки многочастичных амплитуд в мульти-реджевской кинематике и БДС анзац. // Межд. сессия-конференция Секции ядерной физики ОФН РАН "Физика фундаментальных взаимодействий", ноябрь 17-21, 2014, Москва, Россия.
- [671] A. Bryazgin, V. Bezuglov, K. Chernov, B. Faktorovich, V. Gorbunov, E. Kokin, M. Korobeinikov, A. Lukin, I. Makarov, S. Maximov, A. Panfilov, V. Radchenko, E. Shtarklev, A. Sidorov, V. Tarnetsky, M. Tiunov, V. Tkachenko, A. Vlasov, L. Voronin. New modular ILU RF accelerators for E-beam and X-ray. // Conference "Development of New Applications of Machine Generated Food Irradiation Technologies", 27-28 May 2014, Vienna, Austria.
- [672] V. Bezuglov, A. Bryazgin, K. Chernov, B. Faktorovich V. Gorbunov, E. Kokin, M. Korobeinikov, A. Lukin, I. Makarov, S. Maximov, A. Panfilov, V. Radchenko, E. Shtarklev, A. Sidorov, V. Tarnetsky, M. Tiunov, V. Tkachenko, A. Vlasov, L. Voronin. // High-power industrial accelerator ILU-14 for E-beam and X-ray processing. // Conference: XXVII Intern. Linear Accelerator Conference (LINAC14), Switzerland, 31 August - 5 September, 2014, Geneva.
- [673] В.В. Безуглов, А.А. Брызгин, А.Ю. Власов, Л.А. Воронин, В.А. Горбунов, Е.Н. Кокин, М.В. Коробейников, А.Н. Лукин, И.Г. Макаров, В.Е.

Нехаев, С.А. Максимов, А.Д. Панфилов, В.М. Радченко, Е.А. Штарклев, А.В. Сидоров, В.В. Тарнецкий, В.О. Ткаченко, Б.Л. Факторович, К.Н. Чернов. Промышленные ускорители ИЛУ в современных радиационно-технологических комплексах (устный доклад). // Конференция «Радиационные технологии: достижения и перспективы развития», Ялта, 21-23 октября 2014, Республика Крым.

[674] А.А. Брызгин, М.В. Коробейников. Промышленные радиочастотные ускорители ИЯФ СО РАН и технологии их применения (устный доклад). // Дни Беларуси в Сибири. Научно-практическая конференция по научно-техническому и инновационному сотрудничеству Республики Беларусь и СО РАН, 22 октября 2014, Новосибирск.

[675] M.I. Bryzgunov, A.V. Buble, V. K. Gosteev, V.M. Panasyuk, V.V. Parkhomchuk, V. B. Reva, (BINP, Novosibirsk, Russia) V. Kamerzhiev, J. Dietrich (FZJ, COSY, Juelich, Germany). Coolers with Magnetized beam for different energies: experience and future possibilities. // Proc. of the Intern. Workshop on Accelerator Science and Technology for Electron-Ion Collider (EIC2014), Thomas Jefferson National Accelerator Facility (Newport News, USA), March 17 - 21, 2014.

[676] S.A. Rastigeev, A.R. Frolov, A.D. Goncharov, V. F. Klyuev, E.S. Konstantinov, L. A. Kutnykova, V.V. Parkhomchuk, A.V. Petrozhitskii. Operation and development of the BINP AMS facility. // Proc. of 24th All-Russian Conference on Charged Particle Accelerators (RuPAC14), 6-10 October 2014, Obninsk, Russia. - P. 134-136.

[677] S.A. Zevakov, V.F. Dmitriev, R.R. Dusaev, V.V. Gauzshteyn, R.A. Golovin, A.V. Gramolin, B.A. Lazarenko, D.M. Nikolenko, S.I. Mishnev, I.A. Rachek, R.Sh. Sadykov, V.N. Stibunov, Yu.V. Shestakov, D.K. Toporkov. Measurements of the tensor analyzing power component T20 of coherent photoproduction of neutral pion on tensor-polarized deuteron at the VEPP-3 storage ring. // 64 Intern. Conference "NUCLEUS 2014". Fundamental Problems of Nuclear Physics and Atomic Power Engineering, Minsk, Belarus, July 1-4 2014: Book of Abstracts, 2014. - P.103.

[678] I.A. Rachek, J. Arrington, V.F. Dmitriev, V.V. Gauzshtein, R.J. Holt, A.V. Gramolin, V.V. Kaminsky, B.A. Lazarenko, S.I. Mishnev, N.Yu. Muchnoi, V.V. Neufeld, D.M. Nikolenko, R.Sh. Sadykov, Yu.V. Shestakov, V.N. Stibunov, D.K. Toporkov, H. De Vries, S.A. Zevakov and V.N. Zhilich. Two-photon exchange contribution in elastic electron-proton scattering: measurements at VEPP-3 storage ring. // 9th Intern. Conference on Nuclear Physics at Storage Rings, September 28 - October 3, 2014, Sankt Goar, Germany: Book of Abstracts, 2014. - P. 73.

[679] V.V. Bezuglov, A.A. Bryazgin, A.Yu. Vlasov, L.A. Voronin, V.A. Gorbunov, E.N. Kokin, M.V.

Korobeynikov, A.N. Lukin, V.E. Nekhaev, S.A. Maximov, A.D. Panfilov, V.M. Radchenko, E.A. Shtarklev, A.V. Sidorov, V.O. Tkachenko, B.L. Faktorovich. Radiation treatment development in Budker INP – new trends. // X Intern. Conf. "Radiation-Thermal Effects and Processes in the Inorganic Materials" RTEP-2014, 21-23 November 2014, Phuket, Thailand.

[680] M.V. Korobeynikov, A.A. Bryazgin, V.V. Bezuglov, E.A. Shtarklev, A.Yu. Vlasov, S.A. Kondratyev and V.I. Rostovtsev. Radiation-thermal treatment in ore dressing. // X Intern. Conference "Radiation-Thermal Effects and Processes in the Inorganic Materials" RTEP-2014, 21-23 November 2014, Phuket, Thailand.

[681] U.V. Ancharova, M.A. Mikhailenko, B.P. Tolochko, N.Z. Lyakhov, Z.S. Vinokurov, M.V. Korobeynikov, A.A. Bryazgin, V.V. Bezuglov, E.A. Shtarklev, A.Yu. Vlasov. Synthesis and staging of the phase formation for strontium ferrites in thermal and radiation-thermal reactions // X Intern. Conference "Radiation-Thermal Effects and Processes in the Inorganic Materials" RTEP-2014, November 21-23 2014, Phuket, Thailand.

[682] M.A. Mikhailenko, U.V. Ancharova, B.P. Tolochko, M.V. Korobeynikov, A.A. Bryazgin, V.V. Bezuglov, E.A. Shtarklev, A.Yu. Vlasov, L.M. Pokrovsky and K.G. Korolev. Radiation-thermal paraffin cracking. // X Intern. Conference "Radiation-Thermal Effects and Processes in the Inorganic Materials" RTEP-2014, 21-23 November 2014, Phuket, Thailand.

[683] A.G. Shamov, V.V. Anashin, V.M. Aulchenko, E.M. Baldin, A.K. Barladyan, A.Yu. Barnyakov, M.Yu. Barnyakov, S.E. Baru, I.Yu. Basok, A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.V. Bobrov, V.S. Bobrovnikov, A.V. Bogomyagkov, A.E. Bondar, A.R. Buzykaev, S.I. Eidelman, D.N. Grigoriev, Yu.M. Glukhovchenko, V.V. Gulevich, D.V. Gusev, S.E. Karnaev, G.V. Karpov, S.V. Karpov, T.A. Kharlamova, V.A. Kiselev, V.V. Kolmogorov, S.A. Kononov, K.Yu. Kotov, E.A. Kravchenko, V.F. Kulikov, G.Ya. Kurkin, E.A. Kuper, I.A. Kuyanov, E.B. Levichev, D.A. Maksimov, V.M. Malyshev, A.L. Maslennikov, A.S. Medvedko, O.I. Meshkov, S.I. Mishnev, I.I. Morozov, N.Yu. Muchnoi, V.V. Neufeld, S.A. Nikitin, I. B. Nikolaev, I V. Ovtin, I.N. Okunev, A.P. Onuchin, S.B. Oreshkin, I.O. Orlov, A.A. Osipov, S.V. Peleganchuk, S.G. Pivovarov, P.A. Piminov, V.V. Petrov, A.O. Poluektov, V.G. Prisekin, O.L. Rezanova, A.A. Ruban, V.K. Sandyrev, G.A. Savinov, D.N. Shatilov, B.A. Shwartz, E.A. Simonov, S.V. Sinyatkin, A.N. Skrinsky, V.V. Smaluk, A.V. Sokolov, E.V. Starostina, A.M. Sukharev, A.A. Talyshev, V.A. Tayursky, V.I. Telnov, Yu.A. Tikhonov, K.Yu. Todyshev, G.M. Tumaikin, Yu.V. Usov, A.I. Vorobiov, A.N. Yushkov, V.N. Zhilich, V.V. Zhulanov, A.N. Zhuravlev. Main results in the charmonium region from KEDR. // Intern. Workshop on Heavy Quarkonium 2014, CERN, November 10-14 2014.

[684] А.Г. Шамо́в, В.В. Анашин, В. М. Аульченко, Е.М. Балдин, А.К. Барладян, А.Ю. Барняков, М.Ю. Барняков, С.Е. Бару, И.Ю. Басок, А.Е. Блинов, В.Е. Блинов, А.В. Бобров, В.С. Бобровников, А.В. Богомяков, А.Е. Бондарь, А.Р. Бузыкаев, А.И. Воробьёв, Ю.М. Глуховченко, Д.Н. Григорьев, В.В. Гулевич, Д.В. Гусев, В.Н. Жилич, В.В. Жуланов, А.Н. Журавлёв, С.Е. Карнаев, Г.В. Карпов, С.В. Карпов, В.А. Киселёв, В.В. Колмогоров, С.А. Кононов, К.Ю. Котов, Е.А. Кравченко, В.Н. Кудрявцев, В.Ф. Куликов, Г.Я. Куркин, Э.А. Купер, И.А. Куянов, Е.Б. Левичев, Д.А. Максимов, В.М. Малышев, А.Л. Масленников, А.С. Медведко, О.И. Мешков, С.И. Мишнев, И.И. Морозов, Н.Ю. Мучной, В.В. Нейфельд, С.А. Никитин, И.Б. Николаев, И.В. Овтин, И.Н. Окунев, А.П. Онучин, С.Б. Орешкин, И.О. Орлов, А.А. Осипов, С. В. Пелеганчук, В.В. Петров, С.Г. Пивоваров, П.А. Пиминов, А.О. Полуэкто́в, В.Г. Присекин, О.Л. Резанова, А.А. Рубан, Г.А.Савинов, В.К. Сандырев, Е.А.Симонов, С.В. Синяткин, А.Н. Скринский, В.В. Смалюк, А.В. Соколов, Е.В. Старостина, А.М. Сухарев, А.А. Тальшев, В.А. Таюрский, В.И. Тельнов, Ю.А. Тихонов, К.Ю. Тодышев, Г.М. Тумайкин, Ю.В. Усов, Т.А. Харламова, Д.Н. Шатилов, Б.А. Шварц, С.И. Эйдельман, А.Н. Юшков. Основные результаты КЕДР по физике чармония. // Секционный доклад на межд. сессии-конференции секции ядерной физики ОФН РАН, МИФИ, 17-21 ноября 2014.

[685] И.В. Овтин, В.В. Анашин, В.М. Аульченко, Е.М. Балдин, А. К. Барладян, А.Ю. Барняков, М.Ю. Барняков, С. Е. Бару, И.Ю. Басок, А.Е. Блинов, В.Е. Блинов, А.В. Бобров, В.С. Бобровников, А.В. Богомяков, А.Е. Бондарь, А.Р. Бузыкаев, А.И. Воробьёв, Ю.М. Глуховченко, Д.Н. Григорьев, В.В. Гулевич, Д.В. Гусев, В.Н. Жилич, В.В. Жуланов, А.Н. Журавлёв, С.Е. Карнаев, Г.В. Карпов, С.В. Карпов, В.А. Киселёв, В.В. Колмогоров, С.А. Кононов, К.Ю. Котов, Е.А. Кравченко, В.Н. Кудрявцев, В.Ф. Куликов, Г.Я. Куркин, Э.А. Купер, И.А. Куянов, Е.Б. Левичев, Д.А. Максимов, В.М. Малышев, А.Л. Масленников, А.С. Медведко, О.И. Мешков, С.И. Мишнев, И.И. Морозов, Н.Ю. Мучной, В.В. Нейфельд, С.А. Никитин, И.Б. Николаев, И.Н. Окунев, А.П. Онучин, С.Б. Орешкин, И.О. Орлов, А.А. Осипов, С.В. Пелеганчук, В.В.Петров, С.Г. Пивоваров, П.А. Пиминов, А.О. Полуэкто́в, В.Г. Присекин, О.Л. Резанова, А.А. Рубан, Г.А.Савинов, В.К. Сандырев, Е.А. Симонов, С.В. Синяткин, А.Н. Скринский, В.В. Смалюк, А.В. Соколов, Е.В. Старостина, А.М. Сухарев, А.А. Тальшев, В.А. Таюрский, В.И. Тельнов, Ю.А. Тихонов, К.Ю. Тодышев, Г.М. Тумайкин, Ю.В. Усов, Т.А. Харламова, А.Г. Шамо́в, Д.Н. Шатилов, Б.А. Шварц, С.И. Эйдельман, А.Н. Юшков. Статус системы АШИФ детектора КЕДР/ / Секционный доклад на межд. сессии-конференции секции ядерной физики ОФН РАН, МИФИ, 17-21 ноября 2014.

[686] V.I. Telnov. Prospects of high energy photon colliders. // 37 Intern. Conf. on High Energy Physics (ICHEP), 2-9 July 2014, Valencia, Spain.

[687] V.I. Telnov. Effects in high energy linear colliders due to particle fields. // Intern. Conf. of Linear Colliders (LCWS2014), 6-10 October 2014, Belgrad. <http://agenda.linearcollider.org/event/6389/session/10/contribution/103/material/slides/0.pdf>.

[688] В.И. Тельнов, Будущие кольцевые протонные и  $e^+e^-$  коллайдеры высоких энергий. // Межд. сессия-конф. Секции ядерной физики ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий», ноябрь 17-21, 2014, Москва, [http://www.icssnp.mephi.ru/content/file/2014/plenar/0\\_22\\_Telnov-sessia-2014.pdf](http://www.icssnp.mephi.ru/content/file/2014/plenar/0_22_Telnov-sessia-2014.pdf).

[689] Ф.В. Игнатов. Измерение адронных сечений на ВЭПП-2000. // QCD14, 30 June - 4 July 2014, Montpellier, France.

[690] Т.В. Димова. Последние результаты по измерению сечений  $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$  с детекторов КМД-3 и СНД на коллайдере ВЭПП-2000. // 37th Intern. Conference on High Energy Physics (ICHEP2014), 2 - 9 July 2014, Valencia, Spain.

[691] П.А. Лукин. Последние результаты с детектора КМД-3 на коллайдере ВЭПП-2000. // Quark Confinement 2014, 7-12 сентября 2014, Санкт-Петербург, Россия.

[692] I.B. Logashenko, R.R. Akmetshin, A.V. Anisenkov, V.M. Aulchenko, V.Sh. Banzarov, N.S. Bashtovoy, D.E. Berkaev, A.E. Bondar, A.V. Bragin, S.I. Eidelman, D.A. Epifanov, L.B. Epshteyn, A.L. Erofeev, G.V. Fedotovitch, S.E. Gayazov, A.A. Grebenuk, D.N. Grigoriev, E.M. Gromov, F.V. Ignatov, S.V. Karpov, V.F. Kazanin, B.I. Khazin, I.A. Koop, O.A. Kovalenko, A.N. Kozyrev, E.A. Kozyrev, P.P. Krokovny, A.E. Kuzmenko, A.S. Kuzmin, P.A. Lukin, K.Yu. Mikhailov, N.Yu. Muchnoi, V.S. Okhapkin, Yu.N. Pestov, E.A. Perevedentsev, A.S. Popov, G.P. Razuvaev, Yu.A. Rogovsky, A.L. Romanov, A.A. Ruban, N.M. Ryskulov, A.E. Ryzhenenkov, V.E. Shebalin, D.N. Shemyakin, B.A. Shwartz, D.B. Shwartz, A.L. Sibidanov, P.Yu. Shatunov, Yu.M. Shatunov, E.P. Solodov, V.M. Titov, A.A. Talyshv, A.I. Vorobiov, Yu.V. Yudin. Измерение адронных сечений в Новосибирске. // Dark Matter, Hadron Physics, Fusion Physics, 24-26 September 2014, Messina, Italy.

[693] R.R. Akhmetshin, A.V. Anisenkov, V.M. Aulchenko, V.S. Banzarov, N.S. Bashtovoy, D.E. Berkaev, A.V. Bragin, S.I. Eidelman, D.A. Epifanov, L.B.Epshteyn, A.L. Erofeev, G.V. Fedotovitch, S.E. Gayazov, A.A. Grebenuk, D.N. Grigoriev, E.M. Gromov, F.V. Ignatov, S.V. Karpov, V.L. Ivanov, V.F. Kazanin, B.I. Khazin, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, O.A. Kovalenko, A.N. Kozyrev, E.A. Kozyrev, P.P. Krokovny, A.E. Kuzmenko, A.S. Kuzmin, I.B. Logashenko, P.A. Lukin, A.P. Lysenko, K.Yu. Mikhailov, V.S. Okhapkin, Yu.N. Pestov, E.A. Perevedentsev, A.S. Popov, Yu.S. Popov, G.P. Razuvaev, Yu.A. Rogovsky, A.L. Romanov, A.A.

Ruban, N.M. Ryskulov, A.E. Ryzhenenkov, V.E. Shebalin, D.N. Shemyakin, B.A. Shwartz, D.B. Shwartz, A.L. Sibidanov, P.Yu. Shatunov, Yu M. Shatunov, E.P. Solodov, V.M. Titov, A.A. Talyshev, A.I. Vorobiov, Yu.V. Yudin, Yu.M. Zharinov. Измерение светимости коллайдера ВЭПП-2000 в экспериментах с детектором КМД-3. // Физика фундаментальных взаимодействий. Сессия отделения ядерной физики, 17-21 ноября 2014, Москва, Россия.

[694] A.V. Anisenkov, V.M. Aulchenko, V.Sh. Banzarov, N.S. Bashtovoy, D.E. Berkaev, A.E. Bondar, A.V. Bragin, S.I. Eidelman, D.A. Epifanov, L.B. Epshteyn, A.L. Erofeev, G.V. Fedotovitch, S.E. Gayazov, A.A. Grebenuk, D.N. Grigoriev, E.M. Gromov, F.V. Ignatov, S.V. Karpov, V.F. Kazanin, B.I. Khazin, I.A. Koop, O.A. Kovalenko, A.N. Kozyrev, E.A. Kozyrev, P.P. Krokovny, A.E. Kuzmenko, A.S. Kuzmin, P.A. Lukin, K.Yu. Mikhailov, N.Yu. Muchnoi, V.S. Okhapkin, Yu.N. Pestov, E.A. Perevedentsev, A.S. Popov, G.P. Razuvaev, Yu.A. Rogovsky, A.L. Romanov, A.A. Ruban, N.M. Ryskulov, A.E. Ryzhenenkov, V.E. Shebalin, D.N. Shemyakin, B.A. Shwartz, D.B. Shwartz, A.L. Sibidanov, P.Yu. Shatunov, Yu.M. Shatunov, E.P. Solodov, V.M. Titov, A.A. Talyshev, A.I. Vorobiov, Yu.V. Yudin. Измерение адронных сечений в Новосибирске. // Dark Matter, Hadron Physics, Fusion Physics, 24-26 September 2014, Messina, Italy.

[695] R.R. Akhmetshin, A.V. Anisenkov, V.M. Aulchenko, V.S. Banzarov, N.S. Bashtovoy, D.E. Berkaev, A.V. Bragin, S.I. Eidelman, D.A. Epifanov, L.B. Epshteyn, A.L. Erofeev, G.V. Fedotovitch, S.E. Gayazov, A.A. Grebenuk, D.N. Grigoriev, E.M. Gromov, F.V. Ignatov, S.V. Karpov, V.L. Ivanov, V.F. Kazanin, B.I. Khazin, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, O.A. Kovalenko, A.N. Kozyrev, E.A. Kozyrev, P.P. Krokovny, A.E. Kuzmenko, A.S. Kuzmin, I.B. Logashenko, P.A. Lukin, A.P. Lysenko, K.Yu. Mikhailov, V.S. Okhapkin, Yu.N. Pestov, E.A. Perevedentsev, A.S. Popov, Yu.S. Popov, G.P. Razuvaev, Yu.A. Rogovsky, A.L. Romanov, A.A. Ruban, N.M. Ryskulov, A.E. Ryzhenenkov, V.E. Shebalin, D.N. Shemyakin, B.A. Shwartz, D.B. Shwartz, A.L. Sibidanov, P.Yu. Shatunov, Yu M. Shatunov, E.P. Solodov, V.M. Titov, A.A. Talyshev, A.I. Vorobiov, Yu.V. Yudin, Yu.M. Zharinov. Измерение светимости коллайдера ВЭПП-2000 в экспериментах с детектором КМД-3. // Физика фундаментальных взаимодействий. Сессия отделения ядерной физики, 17-21 ноября 2014, Москва, Россия.

[696] R.R. Akhmetshin, A.V. Anisenkov, V.M. Aulchenko, V.S. Banzarov, N.S. Bashtovoy, D.E. Berkaev, A.V. Bragin, S.I. Eidelman, D.A. Epifanov, L.B. Epshteyn, A.L. Erofeev, G.V. Fedotovitch, S.E. Gayazov, A.A. Grebenuk, D.N. Grigoriev, E.M. Gromov, F.V. Ignatov, S.V. Karpov, V.L. Ivanov, V.F. Kazanin, B.I. Khazin, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, O.A. Kovalenko, A.N. Kozyrev, E.A. Kozyrev, P.P. Krokovny, A.E. Kuzmenko, A.S. Kuzmin, I.B. Logashenko, P.A. Lukin, A.P. Lysenko, K.Yu. Mikhailov, V.S. Okhapkin, Yu.N.

Pestov, E.A. Perevedentsev, A.S. Popov, Yu.S. Popov, G.P. Razuvaev, Yu.A. Rogovsky, A.L. Romanov, A.A. Ruban, N.M. Ryskulov, A.E. Ryzhenenkov, V.E. Shebalin, D.N. Shemyakin, B.A. Shwartz, D.B. Shwartz, A.L. Sibidanov, P.Yu. Shatunov, Yu.M. Shatunov, E.P. Solodov, V.M. Titov, A.A. Talyshev, A.I. Vorobiov, Yu.V. Yudin, Yu.M. Zharinov. Предварительные результаты измерения сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ . // Физика фундаментальных взаимодействий. Сессия отделения ядерной физики, 17-21 ноября 2014, Москва, Россия.

[697] V.E. Shebalin, A.V. Anisenkov, N.S. Bashtovoy, D.A. Epifanov, A.L. Erofeev, A.A. Grebenuk, S.V. Karpov, B.I. Khazin, O.A. Kovalenko, A.N. Kozyrev, A.S. Kuzmin, K.Yu. Mikhailov, G.P. Razuvaev, A.A. Ruban, B.A. Shwartz, V.M. Titov, Yu.V. Yudin. Цилиндрический калориметр детектора КМД-3. // Физика фундаментальных взаимодействий. Сессия отделения ядерной физики, 17-21, ноября 2014, Москва, Россия.

[698] R.R. Akhmetshin, A.V. Anisenkov, V.M. Aulchenko, V.S. Banzarov, N.S. Bashtovoy, D.E. Berkaev, A.V. Bragin, S.I. Eidelman, D.A. Epifanov, L.B. Epshteyn, A.L. Erofeev, G.V. Fedotovitch, S.E. Gayazov, A.A. Grebenuk, D.N. Grigoriev, E.M. Gromov, F.V. Ignatov, S.V. Karpov, V.L. Ivanov, V.F. Kazanin, B.I. Khazin, A.N. Kirpotin, I.A. Koop, O.A. Kovalenko, A.N. Kozyrev, E.A. Kozyrev, P.P. Krokovny, A.E. Kuzmenko, A.S. Kuzmin, I.B. Logashenko, P.A. Lukin, A.P. Lysenko, K.Yu. Mikhailov, V.S. Okhapkin, Yu N. Pestov, E.A. Perevedentsev, A.S. Popov, Yu S. Popov, G.P. Razuvaev, Yu A. Rogovsky, A.L. Romanov, A.A. Ruban, N.M. Ryskulov, A.E. Ryzhenenkov, V.E. Shebalin, D.N. Shemyakin, B.A. Shwartz, D.B. Shwartz, A.L. Sibidanov, P.Yu. Shatunov, Yu M. Shatunov, E.P. Solodov, V.M. Titov, A.A. Talyshev, A.I. Vorobiov, Yu.V. Yudin, Yu.M. Zharinov. Предварительные результаты измерений адронных сечений с детектором КМД-3 на коллайдере ВЭПП-2000. // FPC2014, Фундаментальные физические константы, 1-5 декабря 2014, Дубна, Россия.

[699] V. Kiselev (VEPP-4 team BINP), A. Aleshaev, V. Anashin, O. Anchugov, A. Batrakov, E. Behtenev, V. Blinov, A. Bogomyagkov, D. Burenkov, S. Vasichev, S. Glukhov, Yu. Glukhovchenko, O. Gordeev, V. Erokhov, K. Zolotarev, V. Zhilich, A. Zhmaka, A. Zhuravlev, V. Kaminsky, S. Karnaev, G. Karpov, G. Kulipanov, E. Kuper, K. Kuper, G. Kurkin, O. Meshkov, S. Mishnev, I. Morozov, N. Muchnoi, V. Neifeld, I. Nikolaev, D. Nikolenko, I. Okunev, A. Onuchin, A. Pavlenko, V. Petrov, P. Piminov, O. Plotnikova, A. Poyansky, Yu. Pupkov, V. Sandyrev, V. Svistchev, I. Sedliarov, E. Simonov, S. Sinyatkin, A. Skrinisky, E. Starostina, Yu. Tikhonov, D. Toporkov, K. Todyshev, G. Tumaikin, A. Shamov, D. Shatilov, D. Shvedov (Novosibirsk State Technical University). Particle and accelerator physics at the VEPP-4M collider. // Proc. of RuPAC2014, Obninsk, Kaluga Region, Russia.



[700] V. Kiselev (VEPP-4 team BINP), A. Akimov, O. Anchugov, A. Batrakov, O. Belikov, E. Bekhtenev, P. Cheblakov, A. Chernyakin, A. Derbenev, A. Erokhin, S. Gurov, S. Karnaev, G. Karpov, R. Kadyrov, V. Kobets, V. Konstantinov, V. Kolmogorov, A. Korepanov, E. Kuper, V. Kuzminykh, E. Levichev, V. Neyfeld, I. Okunev, V. Petrov, M. Petrichenkov, A. Polyansky, D. Pureskin, A. Rakhimov, S. Ruvinskiy, T. Rybitskaya, L. Schegolev, A. Semenov, D. Senkov, S. Serednyakov, S. Shiyankov, D. Shvedov, S. Sinyatkin, A. Sukhanov, A. Zhuravlev, BNL New York, USA team: G. Bassi, A. Blednykh, E. Blum, W. Cheng, J. Choi, J. de Long, R. Fliller, F. Gao, W. Guo, Y. Hidaka, S. Kramer, S. Krinsky, Y. Li, M. Maggipinto, D. Padrazo, B. Podobedov, J. Rose, S. Seletskiy, O. Singh, V. Smaluk, T. Shaftan, W. Wahl, G. Wang, F. Willeke, L. Yang, X. Yang, L. Yu, E. Zitvogel, P. Zuhoski. The NSLS-II Booster development and commissioning. // Proc. of RuPAC2014, Obninsk, Kaluga Region, Russia.

[701] A. Bogomyagkov, E. Levichev, P. Piminov, S. Sinyatkin. Ultimate synchrotron radiation source with horizontal field wigglers. // Low Emittance Rings 2014 Workshop, 17-19 Sept 2014, INFN-LNF, Frascati, Italy.

[702] P. Piminov, A. Bogomyagkov, E. Levichev, S. Sinyatkin, K. Zolotarev. Low emittance cell with large dynamic aperture. // Low Emittance Rings 2014 Workshop, 17-19 Sept 2014, INFN-LNF, Frascati, Italy.

[703] D. Shatilov. Beam-beam effects for FCC-ee at different energies: crab waist vs. head-on. // FCC-ee/TLEP Physics Workshop (TLEP7), CERN, 19-21 June 2014.

[704] D. Shatilov. Beam-beam effects in High-energy colliders: crab waist vs. head-on. // HF2014 ICFA Workshop, Beijing, 9-12 October 2014.

[705] А.Н. Алешаев, В.Р. Козак, Г.С. Пискунов, С.В. Тарарышкин. Использование микроЭВМ Одренок в фундаментальных научных проектах ИЯФ СО АН СССР и ИЯФ СО РАН в период 80-х годов прошлого века и до наших дней. // Материалы межд. конф. (SORUCOM-2014) «Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы». Казань, 2014, 13-17 октября. - С. 30.

[706] K.Yu. Todyshev, V.V. Anashin, V.M. Aulchenko, E.M. Baldin, A.K. Barladyan, A.Yu. Barnyakov, M.Yu. Barnyakov, S.E. Baru, I.Yu. Basok, A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.V. Bobrov, V.S. Bobrovnikov, A.V. Bogomyagkov, A.E. Bondar, A.R. Buzykaev, S.I. Eidelman, D.N. Grigoriev, Yu.M. Glukhovchenko, V.V. Gulevich, D.V. Gusev, S.E. Karnaev, G.V. Karpov, S.V. Karpov, T.A. Kharlamova, V.A. Kiselev, V.V. Kolmogorov, S.A. Kononov, K.Yu. Kotov, E.A. Kravchenko, V.N. Kudryavtsev, V.F. Kulikov, G.Ya. Kurkin, E.A. Kuper, I.A. Kuyanov, E.B. Levichev, D.A. Maksimov, V.M. Malyshev, A.L. Maslennikov, A.S. Medvedko, O.I. Meshkov, S.I. Mishnev, I.I. Morozov, N.Yu. Muchnoi, V.V. Neufeld, S.A. Nikitin, I.B. Nikolaev, I.V. Ovtin, I.N. Okunev, A.P.

Onuchin, S.B. Oreshkin, I.O. Orlov, A.A. Osipov, S.V. Peleganchuk, S.G. Pivovarov, P.A. Piminov, V.V. Petrov, A.O. Poluektov, V.G. Prisekin, O.L. Rezanova, A.A. Ruban, V.K. Sandyrev, G.A. Savinov, A.G. Shamov, D.N. Shatilov, B.A. Schwartz, E.A. Simonov, S.V. Sinyatkin, A.N. Skrinisky, V.V. Smaluk, A.V. Sokolov, E.V. Starostina, A.M. Sukharev, A.A. Talyshev, V.A. Tayursky, V.I. Telnov, Yu.A. Tikhonov, G.M. Tumaikin, Yu.V. Usov, A.I. Vorobiov, A.N. Yushkov, V.N. Zhilich, V.V. Zhulanov, A.N. Zhuravlev. R-scan (KEDR). // The 13th Intern. Workshop on Tau Lepton Physics, 15-19 September, 2014, Aachen, Germany.

## Препринты 2014

1. V.S. Fadin, R. Fiore. Impact factors for Reggeon-gluon-transition in  $N = 4$  SYM with large number of colours. // Budker INP 2013-2, 17p, 2014.

2. Е.В. Быков, В.Р. Козак, С.В. Тарарышкин. Генератор временных интервалов. // Препринт ИЯФ 2014-5, 18с, Новосибирск, 2014.

3. О.М. Валов, В.М. Константинов, И.Н. Окунев, В.В. Петров. Корректирующие магниты для бустера источника СИ NSLS-II. // Препринт ИЯФ 2014-7, 39с, Новосибирск, 2014.

4. Р.Е. Герасимов, В.С. Фадин. Анализ приближений, используемых при вычислении радиационных поправок к сечению электрон-протонного рассеяния. // Препринт ИЯФ 2014-10, 47с, Новосибирск, 2014.

5. М.А. Щеглов. Генерация осциллирующих ионов именованно к реакциям синтеза; предложение, оценки, проблемы. // Препринт ИЯФ 2014-11, 30с, Новосибирск, 2014.

6. А.А. Брызгин, В.Е. Нехаев, А.Д. Панфилов, В.М. Радченко, Б.Л.Факторович, Е.А. Штарклев. Способ поворота монохроматических пучков магнитными зеркалами со спадающим полем. // Препринт ИЯФ 2014-15, 27с, Новосибирск, 2014.

\*\*\*

7. R. Assmann, R. Bingham, T. Bohl, C. Bracco, B. Buttenschon, A. Butterworth, A. Caldwell, S. Chattopadhyay, S. Cipiccia, E. Feldbaumer, R.A. Fonseca, B. Goddard, M. Gross, O. Grulke, E. Gschwendtner, J. Holloway, C. Huang, D. Jaroszynski, S. Jolly, P. Kempkes, N. Lopes, K. Lotov, J. Machacek, S.R. Mandry, J.W. McKenzie, M. Meddahi, B.L. Milityn, N. Moschuering, P. Muggli, Z. Najmudin, T.C.Q. Noakes, P.A. Norreys, E. Oz, A. Pardons, A. Petrenko, A. Pukhov, K. Rieger, O. Reimann, H. Ruhl, E. Shaposhnikova, L.O. Silva, A. Sosedkin, R. Tarkeshian, R.M.G.N. Trines, T. Tuckmantel, J. Vieira, H. Vincke, M. Wing, G. Xia. Proton-driven plasma wakefield acceleration: a path to the future of high-energy particle physics (AWAKE Collab.). // arXiv:1401.4823 [physics.acc-ph].

8. Lotov K.V. Sosedkin A.P., Petrenko A.V. Long-Term Evolution of Broken Wakefields in Finite-Radius Plasmas. // E-print: arXiv:1402.1261 [physics.plasm-ph].
9. K.V. Lotov, V.A. Minakov, A.P. Sosedkin. Parameter sensitivity of plasma wakefields driven by self-modulating proton beams. // E-print: arXiv:1405.1825 [physics.plasm-ph].
10. K.V. Lotov and I.V. Timofeev. Transition regime of the one-dimensional two-stream instability. // E-print: arXiv:1408.2349 [physics.plasm-ph].
11. K.V. Lotov, A.P. Sosedkin, A.V. Petrenko, L.D. Amorim, J. Vieira, R.A. Fonseca, L.O. Silva, E. Gschwendtner, P. Muggli. Electron trapping and acceleration by the plasma wakefield of a self-modulating proton beam. // E-print: arXiv:1408.4448 [physics.plasm-ph].
12. R. Assmann, R. Bingham, T. Bohl, C. Bracco, B. Buttenschon, A. Butterworth, A. Caldwell, S. Chattopadhyay, S. Cipiccia, E. Feldbaumer, R.A. Fonseca, B. Goddard, M. Gross, O. Grulke, E. Gschwendtner, J. Holloway, C. Huang, D. Jaroszynski, S. Jolly, P. Kempkes, N. Lopes0, K. Lotov, J. Machacek, S.R. Mandry, J.W. McKenzie, M. Meddahi, B.L. Militsyn, N. Moschuering, P. Muggli, Z. Najmudin, T.C.Q. Noakes, P.A. Norreys, E. Oz, A. Pardons, A. Petrenko, A. Pukhov, K. Rieger, O. Reimann, H. Ruhl, E. Shaposhnikova, L.O. Silva, A. Sosedkin, R. Tarkeshian, R.M.G.N. Trines, T. Tuckmantel, J. Vieira, H. Vincke, M. Wing, G. Xia. Proton-driven plasma wakefield acceleration: a path to the future of high-energy particle physics (AWAKE Collab.). AWAKE status report. // E-print: CERN-SPSC-2014-026 / SPSC-SR-143 (2014).
13. K.V. Lotov, I.V. Timofeev, E.A. Mesyats, A.V. Snytnikov, V.A. Vshivkov. Note on quantitatively correct simulations of the kinetic beam-plasma instability. // E-print: arXiv:1410.5617 [physics.plasm-ph].
14. М.Г. Козлов, А.В. Резниченко. Реджевская вершина для рождения кварка в центральной области быстрой в следующем за главным приближении. - [http://www.icssnp.mephi.ru/content/file/2014/section7/7\_03\_kozlovmg-snp-2014.pdf].
15. Andrey Grozin, Johannes M. Henn, Gregory P. Korchemsky, Peter Marquard. Three loop Cusp anomalous dimension in QCD. // arXiv:1409.0023 [hep-th].
16. Valentin.V. Sokolov, Oleg V. Zhironov. Elastic Enhancement Factor: from Mesoscopic Systems to Macroscopic Analogous Devices, Short version. // arXiv:1411.6211v2 [nucl-th] 12 Dec 2014.
17. R.N. Lee and A. I. Milstein. Coulomb corrections to electron scattering on the extended source and the proton charge radius. // arXiv: 1402.3054.
18. R.N. Lee. Reducing differential equations for multiloop master integrals. // arXiv: 1411.0911.
19. V.S. Fadin. Discontinuities of multi-Regge amplitudes. // arXiv:1412.3253 [hep-th].
20. V.M. Katkov. On effective mass of a photon in a strong magnetic field. // arXiv:1403.3983.
21. V.M. Katkov. Spectral-integral representation of the photon polarization operator in a constant uniform magnetic field. // arXiv:1411.2339.
22. I.S. Terekhov, A.V. Reznichenko, S.K. Turitsyn. Mutual information in nonlinear communication channel: Analytical results in large SNR limit. // arXiv 1411.7477v1. - P. 1-11.
23. I.A. Rachek, J. Arrington, V.F. Dmitriev, V.V. Gauzshtein, R.E. Gerasimov, A.V. Gramolin, R.J. Holt, V.V. Kaminskiy, B.A. Lazarenko, S.I. Mishnev, N.Yu. Muchnoi, V.V. Neufeld, D.M. Nikolenko, R.Sh. Sadykov, Yu.V. Shestakov, V.N. Stibunov, D.K. Toporkov, H. de Vries, S.A. Zevakov, and V.N. Zhilich. Measurement of the two-photon exchange contribution to the elastic  $e^\pm p$  scattering cross sections at the VEPP-3 storage ring. // 2014, arXiv:1411.7372v1 [nucl-ex].
24. A.D. Dolgov, A.V. Popov, and A.S. Rudenko. Shape of the inflaton potential and the efficiency of the universe heating. // arXiv:1412.0112 [astro-ph.CO].
25. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi, et al. Observation of the electromagnetic doubly OZI-suppressed decay  $J/\psi \rightarrow \phi\pi^0$ . // arXiv: 1504.03194 [hep-ex].
26. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi, et al. Measurement of the proton form factor by studying  $e^+e^- \rightarrow p \bar{p}$ . // arXiv:1504.02680 [hep-ex].
27. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi, et al. Measurements of  $\psi(3686) \rightarrow K^- \Lambda \bar{\Xi}^+ + c.c.$  and  $\psi(3686) \rightarrow \gamma K^- \Lambda \bar{\Xi}^+ + c.c.$  // arXiv:1504.02025 [hep-ex].
28. M.N. Achasov, V.M. Aulchenko, A.Yu. Barnyakov, K.I. Beloborodov, A.V. Berdyugin, D.E. Berkaev, A.G. Bogdanchikov, A.A. Botov, T.V. Dimova, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, L.V. Kardapoltsev, A.S. Kasaev, A.G. Kharlamov, A.N. Kirpotin, D.P. Kovrizhin, I.A. Koop, A.A. Korol, S.V. Koshuba, A.S. Kupich, K.A. Martin, N.Yu. Muchnoi, A.E. Obrazovsky, A.V. Otboev, E.V. Pakhtusova, A.I. Senchenko, S.I. Serednyakov, P.Yu. Shatunov, Yu.M. Shatunov, D.A. Shtol, D.B. Shwartz, Z.K. Silagadze, I.K. Surin, Yu.A. Tikhonov, Yu.V. Usov, A.V. Vasiljev (SND Collab.). Search for the  $\eta' \rightarrow e^+e^-$  decay with the SND detector. // arXiv:1504.01245 [hep-ex].
29. E.V. Abakumova, M.N. Achasov, A.A. Krasnov, N.Yu. Muchnoi, E.E. Pyata, et al. The system for delivery of IR laser radiation into high vacuum. // arXiv:1504.00130 [physics.acc-ph].
30. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi. Observation of the  $\psi(1^3D_2)$  state in  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^- \gamma \chi_{c1}$  at BESIII. // arXiv:1503.08203 [hep-ex].
31. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi. Measurement of the  $e^+e^- \rightarrow \eta J/\psi$  cross section and search for  $e^+e^- \rightarrow \pi^0 J/\psi$  at center-of-mass energies between 3.810 and 4.600 GeV. // arXiv:1503.06644 [hep-ex].

32. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi. Study of  $\chi_{c1}$  decaying into  $\phi K^*(892) \bar{K}$ . // arXiv:1503.04699 [hep-ex].

33. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi. Precision measurement of the integrated luminosity of the data taken by BESIII at center of mass energies between 3.810 GeV and 4.600 GeV. // arXiv:1503.03408 [hep-ex].

34. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi. Searches for isospin-violating transitions  $\chi_{c0,2} \rightarrow \pi^0 \eta_c$ . // arXiv:1502.02641 [hep-ex].

35. M. Ablikim (BESIII Collab.), M.N. Achasov, I.B. Nikolaev, N.Yu. Muchnoi. Evidence for  $e^+e^- \rightarrow \gamma \chi_{c1,2}$  at center-of-mass energies from 4.009 to 4.360 GeV. // arXiv:1411.6336.

36. V.V. Smaluk, E.A. Bekhtenev, S.E. KarnaeV, G.V. Karpov, O.I. Meshkov (BINP SB RAS, Novosibirsk, Russia), D. Padrazo, O. Singh, V.V. Smaluk, K. Vetter, G.M. Wang (BNL, Upton, Long Island, New York, USA). For the NSLS II third generation light source, a fullenergy Booster ring has been designed and produced by BINP. // Date: 17/02/2014 Size: 1MB. <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/IBIC2013/papers/mopc02.pdf>.

37. G. Baranov, E. Levichev, S. Sinyatkin. Simple expression for minimum emittance with linearly varied bending radius in dipole magnets. // arXiv:1504.01038.

#### Авторефераты 2014

1. ТАСКАЕВ Сергей Юрьевич. Ускорительный источник эпитепловых нейтронов. // 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики. и Автореф. дисс. на соис. учен. степ. доктора физико-математических наук: Новосибирск, 2014, ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН.

2. СОРОКИН Игорь Николаевич. Высоковольтная прочность ускорителя-тандема с вакуумной изоляцией. // 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики. Автореф. диссертации на соисю. ученой степени кандидата технических наук: Новосибирск, 2014, ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН.

3. ТИТОВ Виталий Михайлович. Быстрый однокоординатный детектор гамма-квантов. // 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики. Автореф. диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: Новосибирск, 2014, ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН.

4. СКОВОРОДИН Дмитрий Иванович. Влияние самосогласованных полей на продольные потери из открытых ловушек. Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата физико-математических наук: Новосибирск, 2014, ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН.

#### Учание в конференциях 2014

1. XLI Межд. (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, Звенигород, 10 - 14 февраля 2014.

2. Intern. Workshop "Scattering Amplitudes and the Multi-Regge Limit", Feb 10 – 14, 2014, Madrid, Spain.

3. International Conference on Instrumentation for Colliding Beam Physics "INST2014", February 24 - March 1 2014, BINP, Novosibirsk, Russia.

4. Intern. Workshop on Accelerator Science and Technology for Electron-Ion Collider (EIC2014), March 17 - 21, 2014, Thomas Jefferson National Accelerator Facility (Newport News, USA).

5. 13th Intern. Institute of Refrigeration Conference on Cryogenics CRYOGENICS 2014, 7 - 11 April 2014, Prague, Czech Republic.

6. 52-я Международная научная студенческая конференция "МНСК-2014": Квантовая физика, 11 - 18 апреля 2014, НГУ, Новосибирск.

7. XII Conference "Young Scientists of Russia" of the Dynasty Foundation, April 13-16, 2014, Moscow.

8. 41st IEEE Intern. Conference on Plasma Science and the 20th Intern. Conference on High-Power Particle Beams, May 25 - 29, 2014, Washington DC.

9. 21st Intern. Conference on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices, 26 - 30 May 2014, Kanazawa, Japan.

10. Conference "Development of New Applications of Machine Generated Food Irradiation Technologies", 27 - 28 May 2014, Vienna, Austria.

11. 13th Intern. Workshop on Meson Production, Properties and Interaction "MESON 2014", 29 May - 3 June 2014, Cracow, Poland.

12. Межд. конференция "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики 2014" (АПВПМ-2014), июнь 8 - 11, 2014, Академ-городок, Новосибирск, Россия.

13. 11th Intern. Conference on Electron Beam Technology, 8 - 10 June 2014, Varna, Bulgaria.

14. 5th Intern. Particle Accelerator Conference "IPAC-2014", June 15 - 20 2014, Dresden, Germany.

15. 26th Symposium on Plasma Physics and Technology, June 16-19, 2014, Prague.

16. FCC-ee/TLEP Physics Workshop (TLEP7), CERN, 19-21 June 2014.

17. 41st EPS Conference on Plasma Physics, 23 - 27 June 2014, Berlin.

18. QCD14, 30 June - 4 July 2014, Montpellier, France.

19. 20th Intern. Workshop on Beam Dynamics and Optimization "BDO 2014", 30 June - 4 July 2014, St. Petersburg.

20. Intern. Conference on Surface Engineering for Research and Industrial Applications, 30 June - 4 July 2014, NSTU, Novosibirsk.

21. 15th Intern. Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices "EDM 2014", 30-June - 4-July 2014, Altai, Russian Federation.

22. Термодинамика и материаловедение: 9-й семинар СО РАН-УрО РАН, посвященный памяти академика Ф.А. Кузнецова, 30 июня - 4 июля 2014, Новосибирск.
23. 64 Intern. Conference on Nuclear Physics "Nucleus 2014", July 1 - 4, 2014, Minsk, Belarus.
24. 37th Intern. Conference on High Energy Physics (ICHEP), 2 - 9 July 2014, Valencia, Spain.
25. XX Национальная конференция по использованию Синхротронного Излучения "СИ-2014", 7 - 10 июля 2014, BINP, Новосибирск, Russia.
26. 24 Международной конференции, 7 - 12 июля 2014, Севастополь.
27. 9th Intern. Workshop "Strong Microwaves and Terahertz Waves: Sources and Applications", IAP RAS, July 24 - 30, 2014, Nizhny Novgorod, Russia.
28. X Межд. Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем", 25 июля - 5 августа 2014, НИЦ НТИ. Кыргызстан.
29. 36th Intern. Free Electron Laser Conference "FEL2014", Congress Center Basel, 25 - 29 August 2014, Switzerland.
30. 10th Intern. Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, August 26 - 29, 2014, Daejeon, Korea.
31. XXVII Intern. Linear Accelerator Conference (LINAC14), 31 August - 5 September 2014, Switzerland, Geneva.
32. International Workshop on Diffraction in High-Energy Physics "DIFFRACTION 2014", September 10 - 16, 2014, Primosten, Croatia.
33. 39th Intern. Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves "IRMMW-THz 2014", 14 - 19 September 2014, The University of Arizona, Tucson; United States.
34. 13th International Workshop on Tau Lepton Physics, 15 - 19 September, 2014, Aachen, Germany.
35. International Scientific Conference "Science of the Future", 17 - 20 September 2014, St-Petersburg.
36. Low Emittance Rings 2014 Workshop, 17 - 19 September 2014, INFN-LNF, Frascati, Italy.
37. Paleolimnology of northern Eurasia: Intern. Conf., 21 - 25 September 2014, Petrozavodsk.
38. Intern. Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects, 21 - 26 September 2014, Tomsk, Russia.
39. 0VIII Всероссийская конференция по рентгеноспектральному анализу, 22 - 26 сентября 2014, Иркутск.
40. Dark Matter, Hadron Physics, Fusion Physics, 24-26 September 2014, Messina, Italy.
41. 9th Intern. Conference on Nuclear Physics at Storage Rings, September 28 - October 3, 2014, Sankt Goar, Germany.
42. 28th Symposium on Fusion Technology SOFT 2014, September 29 - October 3 2014, San Sebastian, Spain.
43. 6th Intern. Conference "Channeling 2014", October 5 - 10, 2014, Capri, Italy.
44. 24th All-Russian Conference on Charged Particle Accelerators (RuPAC14), 6 - 10 October 2014, Obninsk, Russia.
45. XXIV Всероссийская конференция по ускорителям заряженных частиц (RUPAC 2014), 6 - 10 октября 2014, Обнинск.
46. Intern. Conference of Linear Colliders (LCWS2014), 6 - 10 October 2014, Belgrad.
47. HF2014 ICFA Workshop, 9 - 12 October 2014, Beijing.
48. Международная конференция (SORUCOM-2014) «Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы», 13 - 17 октября 2014, Казань.
49. 25th Fusion Energy Conference (FEC2014), 13 - 18 October 2014, St. Petersburg.
50. ISF Research Workshop on Non-Hermitian Random Matrices: 50 Years after Ginibre", 20 - 27 October 2014, Israel.
51. Конференция «Радиационные технологии: достижения и перспективы развития», Ялта, 21 - 23 октября 2014, Республика Крым.
52. Дни Беларуси в Сибири. Научно-практическая конференция по научно-техническому и инновационному сотрудничеству Республики Беларусь и СО РАН, 22 октября 2014, Новосибирск.
53. KEK Flavour Factory Workshop; Belle II Theory Interface Platform Meeting, 28 - 31 October 2014, KEK, Tsukuba, Japan.
54. Межд. школа «Новые тенденции в физике высоких энергий и КХД», 21 октября - 6 ноября 2014, Натал, Бразилия.
55. Совещание и Молодежная конференция по использованию рассеяния нейтронов и синхротронного излучения в конденсированных средах, 27 - 31 октября 2014, Санкт-Петербург.
56. The 21st Intern. Symposium on Spin Physics (Spin2014), October 20 - 24, 2014, Beijing, China.
57. Intern. Workshop on Heavy Quarkonium 2014, November 10 - 14, 2014, CERN.
58. Международная сессия-конференция секции ядерной физики ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий». 17 - 21 ноября 2014, Москва..
59. X Intern. Conference "Radiation-Thermal Effects and Processes in the Inorganic Materials" (RTEP-2014), 21 - 23 November 2014, Phuket, Thailand.
60. Helmholtz Intern. School "Physics of Heavy Quarks and Hadrons", Germany.
61. Фундаментальные физические константы "FPC2014", 1-5 декабря 2014, Дубна, Россия.
62. X Межд. научный конгресс и выставка "Интерэкспо Гео-Сибирь-2014". Межд. научная конференция СибОптика-2014, СГГА, Новосибирск.
63. 21st Annual Seminar "NPCS'2014", Minsk, 2014.

## Соглашения о сотрудничестве между ИЯФ и зарубежными лабораториями

Название лаборатории		Область сотрудничества	Дата	Координаты
№	1	2	3	4
1	<i>Daresbury</i> <i>Англия</i>	Генерация и использование СИ.	1977	<i>Г. Кулипанов (ИЯФ);</i> <i>И. Мунро (Daresbury)</i>
2	<i>BESSY</i> <i>Германия</i>	Создание вигглеров для BESSY-2.	1993	<i>А. Скринский,</i> <i>Н. Мезенцев (ИЯФ);</i> <i>Э. Яшке (BESSY)</i>
3	<i>Иссл. центр</i> <i>Россендорф</i> <i>(Германия)</i>	Физические исследования источника нейтронов на базе магнитной ловушки.	1994	<i>А. Иванов (ИЯФ);</i> <i>К. Ноак (Германия)</i>
4	<i>Ядерный центр</i> <i>"Карлсруэ"</i> <i>(Германия)</i>	1. Разработка концептуального проекта и базы данных для нейтронного источника на основе ГДЛ. 2. Моделирование процессов в диверторе ИТЕР.	1994	<i>А. Иванов,</i> <i>А. Бурдаков (ИЯФ);</i> <i>Г. Кесслер (Германия)</i>
5	<i>GSI</i> <i>(Германия)</i>	Сотрудничество в области физики ускорителей: электронное охлаждение, электрон-ионные коллайдеры.	1995	<i>Ю. Шатунов,</i> <i>В. Пархомчук (ИЯФ);</i> <i>Х. Эйххоф (GSI)</i>
6	<i>DESY</i> <i>(Германия)</i>	Физика элементарных частиц, синхротронное излучение, физика и технология ускорителей, электроника и экспериментальное оборудование.	1995	<i>А. Скринский,</i> <i>Г. Кулипанов (ИЯФ);</i> <i>А. Вагнер,</i> <i>К. Шерф (DESY)</i>
7	<i>CIEMAT</i> <i>(Испания)</i>	Ускорительные технологии и физика плазмы.	2007	<i>Е. Левичев (ИЯФ);</i> <i>Ж. Рубио (CIEMAT)</i>
8	<i>CELLS</i> <i>(Испания)</i>	Сотрудничество в области использования нового оборудования для источников СИ.	2008	<i>Е. Левичев (ИЯФ),</i> <i>Джоан Бордас</i> <i>и Ортинелл (CELLS)</i>
9	<i>INFN</i> <i>(Италия)</i>	Разработка интенсивного источника радиоактивных ионных пучков для экспериментов по физике ядра.	1984	<i>П. Логачев (ИЯФ);</i> <i>Л. Теккио (INFN)</i>
10	<i>Унив. Милана</i> <i>(Италия)</i>	Теоретические и численные исследования динамического хаоса в классической и квантовой механике.	1991	<i>А. Скринский (ИЯФ);</i> <i>Т. Монтегацца,</i> <i>Дж. Казати (Италия)</i>
11	<i>INFN-LNF</i> <i>(Италия)</i>	Разработка проекта коллайдера DAFNE-II	2004	<i>Е. Левичев (ИЯФ);</i> <i>С. Бискари (INFN-LNF)</i>
12	<i>Унив. Падуи</i> <i>(Италия)</i>	Разработка криогенных детекторов для экспериментов по физике нейтрино.	2008	<i>Ю. Тихонов.</i> <i>А. Бондарь (ИЯФ);</i> <i>А. Гудлиелми (Италия)</i>
13	<i>Национальный</i> <i>ядерный центр.</i> <i>Парк ядерных</i> <i>технологий</i> <i>(Казахстан)</i>	Разработка и использование промышленных ускорителей, генерация и использование нейтронных пучков, разработка источников СИ, ВЧ-генераторов.	2007	<i>Г. Кулипанов (ИЯФ);</i> <i>К. Кадыржанов,</i> <i>А. Кусаинов</i> <i>(Казахстан)</i>

№	1	2	3	4
14	<i>Национальный ядерный центр. Национальный университет им. Аль-Фараби (Казахстан)</i>	Создание и развитие многоцелевого научно-исследовательского комплекса радиационных технологий и терагерцового излучения.	2009	<i>Г. Кулипанов (ИЯФ); К. Кадыржанов, Б. Жумагулов (Казахстан)</i>
15	<i>Институт современной физики, Ланчжоу (КНР)</i>	Сотрудничество в области физики ускорителей: электронное охлаждение, ВЧ-системы.	2000	<i>В. Пархомчук (ИЯФ); С. Янг (КНР)</i>
16	<i>Компания Воер, г. Шеньжень (КНР)</i>	Использование электронного ускорителя ИЛУ-10, обмен специалистами, информацией и экспериментальным оборудованием.	2005	<i>А. Брызгин (ИЯФ); Лео Ли (КНР)</i>
17	<i>SINAP (КНР)</i>	Исследования в области промышленных электронных ускорителей.	2006	<i>А. Брызгин (ИЯФ); Ху Хонкью (КНР)</i>
18	<i>ИНЕР (КНР)</i>	Работа китайских учёных на установках ИЯФ, работа учёных из ИЯФ на установках ИНЕР.	2007	<i>А. Скринский (ИЯФ); Х. Чен (ИНЕР)</i>
19	<i>Центр индуст. и техн.кооперации с Россией и Белоруссией пров. Хейлуцзян (КНР)</i>	Обмен информацией о разработках ИЯФ и потребностях китайских предприятий в технологиях и продукции.	2009	<i>Д. Григорьев (ИЯФ); Чжан Хун-Вей (КНР)</i>
20	<i>POSTECH (Корея)</i>	Создание ускорителей пучков, дополнительных устройств, эксперименты по СИ.	1992	<i>А. Скринский, Н. Мезенцев (ИЯФ); Х. Ким (POSTECH)</i>
21	<i>KAERI (Корея)</i>	Создание ЛСЭ и ускорителя-рекуператора.	1999	<i>Н. Винокуров (ИЯФ); Б.С. Ли (KAERI)</i>
22	<i>BNL, Брукхевен (США)</i>	1. Измерение магнитной аномалии мюона. 2. Совместные работы по спину.	1991	<i>Дж. Банс (BNL) Ю. Шатунов (ИЯФ); С. Озаки (BNL)</i>
23	<i>ANL, Аргонн (США)</i>	1. Эксперименты с поляризованной газовой мишенью. 2. Аппаратура для синхротронного излучения (СИ).	1988 1993	<i>Р. Холт (ANL) Г. Кулипанов, А. Скринский (ИЯФ); Шеной (США)</i>
24	<i>Унив. Питтсбурга (США)</i>	Эксперименты на ВЭПП-2М и $\phi$ -фабрика.	1989	<i>С. Эйдельман, Е. Солодов (ИЯФ); В. Савинов (США)</i>
25	<i>Унив. Дюка (США)</i>	Лазеры на свободных электронах.	1992	<i>Н. Винокуров (ИЯФ); Й. Ву (Duke)</i>
26	<i>BNL, Брукхевен (США)</i>	Сотрудничество по электрон-ионным коллайдерам.	1993	<i>В. Пархомчук (ИЯФ); И. Бен-Зви (США)</i>
27	<i>FERMILAB (США)</i>	Сотрудничество в области физики ускорителей: охлаждение, системы конверсии.	1993	<i>В. Пархомчук (ИЯФ); О. Финли (FERMILAB)</i>

№	1	2	3	4
28	<i>FERMILAB (США)</i>	Обмен учёными и инженерами для проведения исследований.	1995	<i>А. Скринский (ИЯФ); П. Оддоне (FERMILAB)</i>
29	<i>SLAC, Стэнфорд (США)</i>	Получение субмикронных пучков, получение интенсивных позитронных пучков, разработка элементов В-фабрики, детекторов, ВЧ-генераторов на базе магнитонов.	1994	<i>А. Скринский (ИЯФ); Персис Дрэл (SLAC)</i>
30	<i>Институт физики плазмы АНЧР (Чехия)</i>	Сотрудничество в области исследований по физике плазмы и диагностики плазмы.	2008	<i>А. Иванов (ИЯФ); П. Храска (ЧР)</i>
31	<i>CERN (Швейцария)</i>	1. Научно-исследовательские и конструкторские работы по детекторам для большого адронного коллайдера LHC.  2. Создание элементов комплекса LHC.	1992  1996	<i>А. Бондарь, Ю. Тихонов (ИЯФ); Т. Накада, П. Йенни (CERN) В. Анашин (ИЯФ); Л. Эванс (CERN)</i>
32	<i>Институт Поля Шерера (Швейцария)</i>	Сотрудничество в области физики частиц.	2009	<i>Д. Григорьев (ИЯФ); Д. Месот (Институт Поля Шерера)</i>
33	<i>CERN (Швейцария)</i>	Исследования и развитие технологии микроструктурных детекторов.	2009	<i>Ю. Тихонов (ИЯФ); С. Бертоллуччи (CERN)</i>
34	<i>CERN (Швейцария)</i>	Совместные работы по разработке электрон-позитронных коллайдеров со сверхвысокой светимостью.	2009	<i>Е. Левичев (ИЯФ); С. Маерс (CERN)</i>
35	<i>RIKEN Spring-8 (Япония)</i>	Сотрудничество в области физики ускорителей и синхротронного излучения.	1996	<i>Г. Кулипанов (ИЯФ); Х. Камицубо (Япония)</i>
36	<i>КЕК (Япония)</i>	Проведение исследований в области физики ускорителей и смежных областях, разработка детекторов элементарных частиц.	1995	<i>А. Скринский (ИЯФ); А. Сузуки (КЕК)</i>
37	<i>Центр плазменных исследований Унив. Цукуба (Япония)</i>	Исследования на открытых ловушках.	2007	<i>А. Иванов (ИЯФ); Т. Имай (Япония)</i>

## Состав научных сотрудников

### Члены Российской академии наук

#### Академики:

*Диканский Николай Сергеевич*  
*Кулипанов Геннадий Николаевич*  
*Скринский Александр Николаевич*

#### Члены-корреспонденты РАН:

*Бондарь Александр Евгеньевич*  
*Винокуров Николай Александрович*  
*Димов Геннадий Иванович*  
*Логачев Павел Владимирович*  
*Пархомчук Василий Васильевич*  
*Хрипович Иосиф Бенционович*  
*Шатунов Юрий Михайлович*

### Дирекция

#### И. о. директора:

*Скринский Александр Николаевич*

#### Советник РАН:

*Кулипанов Геннадий Николаевич*

#### Учёный секретарь:

*Васильев Алексей Владимирович*

#### Заместители директора по научной работе:

*Бондарь Александр Евгеньевич*  
*Бурдаков Александр Владимирович*  
*Иванов Александр Александрович*  
*Левичев Евгений Борисович*  
*Логачев Павел Владимирович*  
*Мезенцев Николай Александрович*  
*Тихонов Юрий Анатольевич*

### Ученый совет

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1. Академик, председатель                   | Скринский А.Н.  |
| 2. Член-корр. РАН, зам. председателя        | Бондарь А.Е.    |
| 3. Доктор физ.-мат. наук, зам. председателя | Бурдаков А.В.   |
| 4. Доктор физ.-мат. наук, зам. председателя | Иванов А.А.     |
| 5. Доктор физ.-мат. наук, зам. председателя | Левичев Е.Б.    |
| 6. Член-корр. РАН, зам. председателя        | Логачев П.В.    |
| 7. Доктор физ.-мат. наук, зам. председателя | Мезенцев Н.А.   |
| 8. Доктор физ.-мат. наук, профессор         | Тихонов Ю.А.    |
| 9. Кандидат физ.-мат. наук, уч. секретарь   | Васильев А.В.   |
| 10. Доктор физ.-мат. наук                   | Багрянский П.А. |
| 11. Доктор технических наук                 | Батраков А.М.   |
| 12. Кандидат физ.-мат. наук                 | Беклемишев А.Д. |
| 13. Доктор физ.-мат. наук                   | Блинов В.Е.     |
| 14. Кандидат технических наук               | Брызгин А.А.    |
| 15. Член-корр. РАН                          | Винокуров Н.А.  |



- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 16. Академик                         | Диканский Н.С.  |
| 17. Член-корр. РАН                   | Димов Г.И.  |
| 18. Доктор физ.-мат. наук            | Дружинин В.П.   |
| 19. Кандидат физ.-мат. наук          | Золотарев К.В.  |
| 20. Кандидат физ.-мат. наук          | Кардапольцев Л.В. – председатель<br>Совета молодых ученых |
| 21. Доктор технических наук          | Колмогоров В.В.   |
| 22. Доктор физ.-мат. наук            | Кооп И.А.   |
| 23. Кандидат физ.-мат. наук          | Краснов А.А.  |
| 24. Доктор технических наук          | Куксанов Н.К.   |
| 25. Академик                         | Кулипанов Г.Н.  |
| 26. Доктор физ.-мат. наук, доцент    | Лотов К.В.  |
| 27. Доктор физ.-мат. наук            | Мешков О.И.   |
| 28. Доктор физ.-мат. наук, профессор | Мильштейн А.И.  |
| 29. Член-корр. РАН                   | Пархомчук В.В.  |
| 30. Кандидат физ.-мат. наук          | Ракшун Я.В. – председатель<br>профсоюзной организации     |
| 31. Доктор физ.-мат. наук, профессор | Середняков С.И.   |
| 32. Кандидат физ.-мат. наук          | Старостенко А.А.  |
| 33. Доктор физ.-мат. наук, профессор | Фадин В.С.  |
| 34. Доктор физ.-мат. наук            | <u>Хазин Б.И.</u>   |
| 35. Член-корр. РАН                   | Хриплович И.Б.  |
| 36. Член-корр. РАН                   | Шатунов Ю.М.  |
| 37. Кандидат технических наук        | Шиянков С.В.  |
| 38. Доктор физ.-мат. наук            | Эйдельман С.И.  |

## Секции учёного совета по направлениям

### Ускорители для прикладных целей

- |                         |                 |                  |
|-------------------------|-----------------|------------------|
| Кулипанов Г.Н. (предс.) | Колмогоров В.В. | Петриченков М.В. |
| Горбунов В.А. (секр.)   | Корчагин А.И.   | Петров В.М.      |
| Анашин В.В.             | Куксанов Н.К.   | Пиндюрин В.Ф.    |
| Батраков А.М.           | Купер К.Э.      | Пята Е.Э.        |
| Брызгин А.А.            | Купер Э.А.      | Ракшун Я.В.      |
| Бондарь А.Е.            | Куркин Г.Я.     | Салимов Р.А.     |
| Винокуров Н.А.          | Левичев Е.Б.    | Скринский А.Н.   |
| Востриков В.А.          | Логачев П.В.    | Трибендис А.Г.   |
| Гольденберг Б.Г.        | Медведко А.С.   | Тумайкин Г.М.    |
| Гуров Д.С.              | Мезенцев Н.А.   | Фадеев С.Н.      |
| Диканский Н.С.          | Мишнев С.И.     | Чернякин А.Д.    |
| Ерохин А.И.             | Немытов П.И.    | Чуркин И.Н.      |
| Золотарев К.В.          | Николенко А.Д.  | Шатунов Ю.М.     |
| Иванов А.А.             | Онучин А.П.     | Шевченко О.А.    |
| Карпов Г.В.             | Пархомчук В.В.  | Шкаруба В.А.     |
| Князев Б.А.             |                 |                  |

## Физика плазмы и проблемы УТС

Иванов А.А. (предс.)	Давыденко В.И.	Санин А.Л.
Кандауров И.В. (секр.)	Иванов И.А.	Синицкий С.Л.
Аникеев А.В.	Иванцовский М.В.	Сковородин Д.И.
Аракчеев А.С.	Капитонов В.А.	Скринский А.Н.
Аржанников А.В.	Константинов С.Г.	Солдаткина Е.И.
Астрелин В.Т.	Котельников И.А.	Сорокин А.В.
Багрянский П.А.	Кулипанов Г.Н.	Судников А.В.
Беклемишев А.Д.	Лизунов А.А.	Суляев Ю.С.
Бельченко Ю.И.	Лотов К.В.	Таскаев С.Ю.
Бурдаков А.В.	Меклер К.И.	Тимофеев И.В.
Бурмасов В.С.	Полосаткин С.В.	Хильченко А.Д.
Васильев А.В.	Попов С.С.	Шиховцев И.В.
Вячеславов Л.Н.	Поступаев В.В.	Шиянков С.В.
Горбовский А.И.	Приходько В.В.	Шошин А.А.
Димов Г.И.		

## Встречные пучки

Пархомчук В.В. (предс.)	Колмогоров В.В.	Петров В.М.
Петров В.В. (секр.)	Кооп И.А.	Рева В.Б.
Анашин В.В.	Краснов А.А.	Салимов Р.А.
Батраков А.М.	Кулипанов Г.Н.	Симонов Е.А.
Беркаев Д.Е.	Куксанов Н.К.	Скринский А.Н.
Блинов В.Е.	Купер Э.А.	Солодов Е.П.
Бондарь А.Е.	Куркин Г.Я.	Старостенко А.А.
Брызгин А.А.	Левичев Е.Б.	Тихонов Ю.А.
Васильев А.В.	Логачев П.В.	Тумайкин Г.М.
Винокуров Н.А.	Медведко А.С.	Хазин Б.И.
Воблый П.Д.	Мезенцев Н.А.	Шатилов Д.Н.
Горбунов В.А.	Мешков О.И.	Шатунов Ю.М.
Гуров С.М.	Мишнев С.И.	Шатунов П.Ю.
Диканский Н.С.	Никитин С.А.	Шварц Д.Б.
Ерохин А.И.	Онучин А.П.	Шиянков С.В.
Золотарев К.В.	Переведенцев Е.А.	Шевченко О.А.
Киселев В.А.	Пестриков Д.В.	

## Физика элементарных частиц

Бондарь А.Е. (предс.)  
Таюрский В.А. (секр.)  
Аульченко В.М.  
Ачасов М.Н.  
Бару С.Е.  
Беркаев Д.Е.  
Блинов А.Е.  
Блинов В.Е.  
Бузулуцков А.Ф.  
Васильев А.В.  
Воробьев А.И.  
Гармаш А.Ю.  
Голубев В.Б.  
Гребенюк А.А.  
Григорьев Д.Н.  
Грозин А.Г.  
Грошев В.Р.  
Димова Т.В.  
Дмитриев В.Ф.  
Дружинин В.П.  
Жилич В.Н.  
Игнатов Ф.В.  
Катков В.М.  
Кононов С.А.  
Кооп И.А.

Кравченко Е.А.  
Кроковный П.П.  
Кузьмин А.С.  
Левичев Е.Б.  
Ли Р.Н.  
Логачев П.В.  
Логашенко И.Б.  
Лукин П.А.  
Мальшев В.М.  
Масленников А.Л.  
Мильштейн А.И.  
Мучной Н.Ю.  
Николаев И.Б.  
Николенко Д.М.  
Онучин А.П.  
Образовский А.Е.  
Пархомчук В.В.  
Пахтусова Е.В.  
Пелеганчук С.В.  
Пестов Ю.Н.  
Пивоваров С.Г.  
Померанский А.А.  
Попов А.С.  
Рачек И.А.  
Редин С.И.

Рыскулов Н.М.  
Середняков С.И.  
Силагадзе З.К.  
Сковпень Ю.И.  
Скринский А.Н.  
Соколов А.В.  
Соколов В.В.  
Солодов Е.П.  
Тодышев К.Ю.  
Тельнов В.И.  
Терехов И.С.  
Тихонов Ю.А.  
Топорков Д.К.  
Фадин В.С.  
Федотович Г.В.  
Хазин Б.И.  
Харламов А.Г.  
Хриплович И.Б.  
Черняк В.Л.  
Шамов А.Г.  
Шатунов Ю.М.  
Шварц Б.А.  
Шварц Д.Б.  
Шехтман Л.И.  
Эйдельман С.И.

## Автоматизация

Тихонов Ю.А. (предс.)  
Купер Э.А. (зам. предс.)  
Балдин Е.М. (секр.)  
Дубров С.В. (секр.)  
Алешаев А.Н.  
Амосов С.А.  
Аульченко В.М.  
Банзаров В.Ш.  
Батраков А.М.  
Белов С.Д.  
Беркаев Д.Е.  
Болховитянов Д.Ю.  
Бузыкаев А.Р.

Грозин А.Г.  
Васильев А.В.  
Каплин В.И.  
Карнаев С.Е.  
Квашнин А.Н.  
Коваленко Ю.В.  
Колмогоров В.В.  
Кооп И.А.  
Король А.А.  
Кузин М.В.  
Купчик В.И.  
Курилин О.Ю.  
Левичев Е.Б.

Логашенко И.Б.  
Максимова С.В.  
Медведко А.С.  
Неханевич Э.Л.  
Солодов Е.П.  
Сухарев А.М.  
Тарарышкин С.В.  
Факторович Б.П.  
Хильченко А.Д.  
Цуканов В.М.  
Шатунов Ю.М.  
Шувалов Б.Н.

## Научные работники и их публикации 2014

Абакумова Е.В.	213, 29п	Аульченко В.М.	2, 60, 74, 107, 162, 166,
Абдрашитов А.Г.	442		167, 175, 189, 190, 237,
Абдрашитов Г.Ф.	380, 442		250, 253, 259, 262, 264,
Абрамов Г.Н.	181		269, 273, 274, 277, 279,
Авербух И.И.			281, 285, 300, 303, 309,
Авrorов А.П.	617, 622, 629		317, 324, 340, 352, 373,
Акимов А.В.	42, 556, 700		392, 393, 397, 398, 419,
Алейник В.И.	28, 35, 98		421, 483, 485, 488, 583,
Алешаев А.Н.	487, 699, 705		584, 591, 683, 684, 685,
Алиновский Н.И.	544, 545		692, 693, 694, 695, 696,
Амиров В.Х.	442, 650	Ахметов Т.Д.	698, 706, 28п
Алякринский О.Н.	426, 427	Ахметшин Р.Р.	2, 60, 74, 94, 159, 166,
Анашин В.В.	190, 340, 380, 421, 527,		181, 449, 583, 584, 591,
	683, 684, 685, 699, 706		692, 693, 695, 696, 698
Андрианов А.В.		Ачасов М.Н.	2, 60, 177, 194, 213, 227,
Аникеев А.В.	5, 375, 618, 619, 626,		229, 235, 241, 249, 250,
	653, 654, 656, 657		254, 256, 258, 265, 271,
Анненков В.В.	367		272, 275, 278, 292, 305,
Анисёнков А.В.	2, 60, 63, 70, 71, 72, 73,		315, 320, 325, 346, 391,
	75, 76, 81, 82, 83, 85, 86,		397, 398, 422, 451, 585,
	87, 88, 103, 104, 106,		25п, 26п, 27п, 28п, 29п,
	108, 109, 112, 115, 117,		30п, 31п, 32п, 33п, 34п,
	118, 119, 120, 121, 124,		35п
	127, 133, 134, 135, 138,	Бабичев Е.А.	94
	139, 141, 142, 143, 147,	Багрянский П.А.	5, 55, 208, 436, 440, 625,
	150, 154, 164, 165, 166,		627, 651, 652, 653, 654,
	180, 192, 196, 206, 216,		655
	224, 225, 230, 232, 236,	Баева Н.В.	
	239, 242, 243, 244, 245,	Бак П.А.	42, 401, 556
	247, 251, 263, 270, 276,	Балдин Е.М.	190, 340, 352, 419, 421,
	282, 290, 295, 299, 306,		683, 684, 685, 706
	311, 318, 323, 330, 334,	Банзаров В.Ш.	2, 60, 166, 186, 583, 584,
	335, 336, 337, 341, 351,		591, 692, 693, 694, 695,
	353, 354, 389, 390, 394,		696, 698
	395, 583, 584, 591, 692,	Баранов Г.Н.	37п
	693, 694, 695, 696, 697,	<u>Барков Л.М.</u>	2, 20, 60, 362, 580
	698	Барладян А.К.	190, 340, 352, 419, 421,
Антохин Е.И.			683, 684, 685, 706
Анчугов О.В.	699, 700	Барняков А.М.	556
Аракчеев А.С.	61, 219, 601, 602, 604,	Барняков А.Ю.	2, 60, 168, 169, 181, 182,
	605, 623, 624, 630		190, 209, 210, 229, 250,
Арапов Л.Н.			340, 352, 397, 398, 400,
Арбузов В.С.			419, 421, 456, 585, 683,
Аржанников А.В.	34, 51, 156, 365, 600,		684, 685, 706, 28п
	601, 603, 604, 607, 609,	Барняков М.Ю.	168, 169, 181, 182, 190,
	611, 612, 613, 614, 615,		209, 210, 340, 352, 400,
	617, 621, 624, 626, 629		419, 421, 457, 585, 683,
Астрелин В.Т.	16, 156, 386, 403, 446,		684, 685, 706
	606, 616, 617, 618, 619,	Бару С.Е.	190, 340, 352, 419, 421,
	622, 629, 631, 633		426, 427, 683, 684, 685,
Астрелина К.В.			706
Атлуханов М.Г.			

Басок И.Ю.	160, 181, 190, 209, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706	Блинов В.Е.	24, 39, 74, 160, 170, 181, 190, 209, 228, 234, 246, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 340, 352, 419, 420, 421, 585, 683, 684, 685, 699, 706
Батазова М.А.	37, 42	Блинов М.Ф.	211, 556
Баткин В.И.	617, 629	Бобров А.В.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706
Батраков А.М.	42, 352, 419, 497, 500, 501, 699, 700	Бобровников В.С.	39, 70, 71, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 161, 165, 168, 169, 174, 180, 181, 182, 189, 190, 192, 196, 206, 209, 210, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 340, 341, 351, 352, 353, 354, 389, 390, 394, 395, 419, 421, 463, 585, 683, 684, 685, 706
Баштовой Н.С.	2, 60, 164, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698	Богданчиков А.Г.	2, 60, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 88, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 161, 165, 177, 180, 192, 196, 206, 216, 224, 225, 229, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 341, 351, 352, 353, 354, 389, 390, 394, 395, 397, 398, 399, 585, 28п
Бедарева Т.В.	544, 545	Богомягков А.В.	56, 190, 329, 340, 352, 419, 421, 543, 549, 550, 683, 684, 685, 699, 701, 702, 706
Безуглов В.В.	671, 672, 673, 679, 680, 681, 682	Боймельштейн Ю.М.	42, 556
Беклемишев А.Д.	444, 618, 619, 625, 626, 653, 654	Болховитянов Д.Ю.	42
Беликов О.В.	544, 545, 700	Бондаренко А.В.	
Белобородов К.И.	2, 60, 169, 182, 229, 250, 397, 398, 400, 462, 585, 28п		
Белобородова О.Л. (Резанова О.Л.)	70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 161, 165, 180, 190, 192, 196, 206, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 340, 341, 351, 352, 353, 354, 389, 390, 394, 395, 419, 421, 683, 684, 685, 706		
Белов В.П.	380, 438, 441, 442		
Белов С.Д.			
Белых В.В.			
Бельченко Ю.И.	378, 379, 380, 381, 645		
Бербасова Т.В.	447		
Бердюгин А.В.	2, 60, 229, 250, 397, 398, 585, 28п		
Беркаев Д.Е.	2, 41, 57, 60, 166, 213, 229, 397, 398, 405, 406, 407, 546, 547, 548, 583, 584, 585, 591, 634, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 28п		
Бехтенов Е.А.	420, 544, 545, 699, 700, 36п		
Блинов А.Е.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706		

Бондарь А.Е.	2, 48, 60, 69, 74, 80, 89, 90, 91, 92, 105, 107, 110, 111, 113, 114, 116, 122, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 137, 140, 144, 145, 146, 148, 151, 155, 157, 183, 184, 189, 190, 197, 201, 205, 217, 218, 223, 231, 233, 237, 238, 240, 248, 252, 253, 259, 262, 264, 266, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 283, 285, 286, 291, 294, 296, 297, 298, 300, 301, 302, 303, 304, 307, 309, 310, 313, 314, 316, 317, 319, 322, 324, 326, 331, 333, 340, 342, 343, 344, 347, 350, 352, 355, 356, 357, 358, 373, 392, 424, 419, 421, 423, 583, 584, 596, 683, 684, 685, 692, 694, 706	Буренков Д.Б.	699
		Бурмасов В.С.	365, 435, 607, 609, 617, 621, 629
		Быков А.В.	160
		Быков Е.В.	617, 622, 629, 2п
		Валов О.М.	3п
		Васильев А.А.	509, 601, 602, 604, 605, 624
		Васильев А.В.	2, 60, 229, 250, 585, 28п
		Васичев С.П.	699
		Вилькин А.И.	442
		Винокуров Н.А.	10, 327, 369, 492, 570, 575, 576, 577, 578, 579
		Винокурова А.Н.	74, 175, 191, 392, 393
		Власов А.Ю.	4, 671, 672, 673, 679, 680, 681, 682
		Воблый П.Д.	432, 496, 497, 500, 501, 560, 574, 648
		Волков А.А.	503, 561
		Волков В.Н.	570
		Воробьев А.И.	2, 60, 166, 190, 340, 352, 419, 421, 583, 584, 591, 683, 684, 685, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 706
		Воробьев В.С.	74, 80, 89, 90, 91, 92, 105, 107, 110, 111, 113, 114, 116, 122, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 137, 140, 144, 145, 146, 148, 151, 155, 157, 191, 197, 201, 205, 217, 218, 231, 233, 237, 238, 240, 248, 252, 253, 259, 262, 264, 266, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 283, 285, 286, 291, 294, 296, 297, 298, 300, 301, 302, 303, 304, 307, 309, 310, 313, 314, 316, 317, 319, 322, 324, 326, 331, 342, 343, 344, 347, 350, 355, 356, 357, 358, 373, 393, 596
		Воронин Л.А.	671, 672, 673, 679
		Воскобойников Р.В.	442
		Востриков В.А.	
		Вячеславов Л.Н.	156, 365, 435, 445, 607, 609, 613, 617, 621, 623, 629
		Габышев Н.И.	74, 107, 237, 253, 259, 262, 264, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 285, 300, 303, 309, 317, 324, 373, 392, 393
Борисов А.А.			
Бороденко А.А.	181, 209		
Бородич В.В.	544, 545		
Ботов А.А.	2, 60, 74, 229, 250, 397, 398, 585, 28п		
Бочек Д.В.	546		
Брагин А.В.	2, 60, 166, 583, 584, 591, 619, 692, 693, 694, 695, 696, 698		
Бродников А.Ф.	32, 528		
Брызгунов М.И.	544, 545, 551, 552		
Брызгин А.А.	434, 671, 672, 673, 674, 679, 680, 681, 682, бп		
Брызгин К.А.	641		
Бублей А.В.	544, 545		
Бузулуцков А.Ф.	69, 183, 184, 423, 424, 453		
Бузыкаев А.Р.	74, 168, 169, 181, 182, 190, 209, 210, 228, 234, 246, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 340, 352, 400, 419, 421, 585, 683, 684, 685, 706		
Бурдаков А.В.	14, 61, 156, 219, 365, 368, 372, 380, 435, 447, 448, 601, 602, 604, 605, 607, 608, 609, 610, 613, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630		
Бурдин П.Н.			

Гавриленко Д.Е.	365, 435, 607, 609, 617, 619, 620, 621, 629	698
Гамбарян В.В.	571	Грошев В.Р. 352, 419
Гармаш А.Ю.	74, 107, 237, 253, 259, 262, 264, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 285, 300, 303, 309, 317, 324, 373, 392, 393	Гудков Б.А. 575
Гафаров М.Р.		Гулевич В.В. 168, 169, 181, 190, 209, 210, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706
Гаязов С.Е.	2, 60, 166, 186, 459, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Гуров Д.С. 500, 501
Генцелев А.Н.	13, 481, 482, 539	Гуров С.М. 527, 558, 559, 700
Герасимов В.В.	47, 96, 510, 511, 588	Гусев Д.В. 190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706
Герасимов Р.Е.	198	Гусев Е.А. 556
Гетманов Я.В.	570	Гусев И.А. 544, 545
Глухов С.А.	557, 699	Давидюк И.В. 576
Глуховченко Ю.М.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 699, 706	Давыденко В.И. 21, 380, 381, 382, 403, 438, 441, 442, 622, 625, 631, 649, 650
Голковский М.Г.	65, 385, 409, 594, 635, 636, 637, 638	Дарьин Ф.А. 7, 8, 518, 519, 520, 521, 540, 541
Головин Р.А.	9, 20, 362, 580	Девятайкина Т.А.
Голубев В.Б.	2, 60, 74, 169, 177, 182, 187, 228, 229, 234, 246, 250, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 397, 398, 400, 585, 28п	Дейчули О.И. 492
Голубенко Ю.И.	38, 640	Дейчули П.П. 380, 438, 439, 442, 443
Гольденберг Б.Г.	54, 481, 539	Дементьев Е.Н.
Гончаров А.Д.	40, 417, 544, 545	Денисенко Р.С.
Горбовский А.И.	378, 380, 442, 625, 649, 650	Денисов А.П. 551, 552
Горбунов В.А.	671, 672, 673, 679	Дербенев А.А. 700
Гордеев О.П.	420, 699	Деревянкин Г.Е. 622
Горловой А.В.		Диканский Н.С. 426, 427, 556
Горчаков К.М.	544, 545	Димов Г.И. 15, 102, 380, 386
Господчиков Е.Д.	655	Димова Т.В. 2, 60, 187, 229, 250, 397, 398, 585, 690, 28п
Гостеев В.К.	544, 545	Дмитриев В.Ф. 9, 20, 26, 362, 580, 23п
Грабовский А.В.	123, 412	Дмитриева В.Д. 11
Грамолин А.В.	9, 33, 195, 198, 580, 23п	Довженко Б.А. 544, 545
Гребенюк А.А.	2, 60, 164, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698	Докутович В.А.
Григорьев Д.Н.	2, 60, 94, 159, 161, 166, 173, 181, 352, 583, 584, 591, 683, 684, 685, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 706	Долгов А.М. 69, 163, 183, 184
Гришняев Е.С.	69, 163, 184, 428	Домаров Е.В. 38, 640, 641
Грозин А.Г.	1, 414, 662, 663, 15п	Донин А.С. 5, 442
Громов Е.М.	2, 60, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696,	Дорохов В.Л. 56, 553, 554, 589
		Дорохов Д.В.
		Драничников А.Н. 380, 438, 442
		Дружинин В.П. 2, 60, 68, 74, 177, 228, 229, 234, 246, 250, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 397, 398, 399, 585, 28п
		Дырдин В.М.
		Елисеев А.А. 42, 555
		Еманов Ф.А. 556
		Емелёв И.С. 15, 387
		Ерофеев А.Л. 2, 60, 164, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698

Ерохин А.И.	544, 545, 700		623, 624, 625, 629, 632
Ерохов В.Н.	699	Иванов Игорь А.	156
Жаринов Ю.М.	2, 41, 60, 405, 406, 407, 547, 591, 693, 695, 696, 698	Иванова А.А.	554
Жилич В.Н.	74, 107, 161, 181, 188, 189, 190, 195, 237, 253, 259, 262, 264, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 285, 300, 303, 309, 317, 324, 340, 352, 373, 392, 393, 419, 421, 580, 683, 684, 685, 699, 706, 23п	Иванцовский М.В.	445, 447, 448, 619, 629
Жиров О.В.	415, 16п	Ивлешкин Д.В.	
Жмака А.И.	420, 699	Игнатов Ф.В.	2, 60, 166, 186, 583, 584, 591, 689, 692, 693, 694, 695, 696, 698
Жмуриков Е.И.	542	Ильин И.В.	497, 501
Жуланов В.В.	74, 107, 167, 175, 189, 190, 237, 253, 259, 262, 264, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 285, 300, 303, 309, 317, 324, 340, 352, 373, 392, 393, 419, 421, 478, 488, 683, 684, 685, 706	Кадыров Р.А.	700
Журавлев А.А.	699	Казанин В.Ф.	2, 60, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 94, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 159, 165, 166, 180, 192, 196, 206, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 241, 351, 353, 354, 389, 390, 394, 395, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698
Журавлев А.Н.	190, 340, 352, 419, 421, 553, 558, 564, 589, 683, 684, 685, 700, 706	Казанцева Э.С.	556
Заверткин П.С.		Калинин П.В.	34, 156, 600, 603, 612, 615
Зайцев К.Ф.	5, 436, 651, 652, 653, 654	Каминский В.В.	161, 170, 188, 195, 213, 461, 699, 23п
Запрягаев И.А.		Кандауров И.В.	16, 156, 386, 404, 446, 606, 609, 613, 616, 617, 620, 621, 622, 623, 629, 632, 633
Запяткин Н.П.	544, 545	Каныгин В.В.	433
Затримайлов К.В.	529	Капитонов В.А.	380, 441, 442
Зеваков С.А.	9, 20, 33, 362, 580, 23п	Кардапольцев Л.В.	2, 60, 68, 229, 250, 397, 398, 585, 28п
Землянский И.М.	2, 41, 60, 397, 398, 405, 546, 547, 585, 634, 28п	Карнаев С.Е.	190, 340, 352, 419, 421, 558, 683, 684, 685, 699, 700, 706, 36п
Зинин Э.И.	203, 503, 553, 589	Карпов Г.В.	190, 340, 352, 419, 421, 544, 545, 683, 684, 685, 699, 700, 706
Золотарев К.В.	39, 483, 522, 523, 563, 573, 699, 702	Карпов С.В.	2, 60, 164, 166, 190, 340, 352, 419, 421, 583, 584, 591, 683, 684, 685, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 706, 36п
Золотухина Н.А.	447	Карюкина К.Ю.	543
Зорин А.В.	498, 499, 503	Касаев А.С.	41, 229, 397, 398, 405, 547, 28п
Зубарев П.В.	554, 645		
Зуев В.В.	497, 500, 501		
Иваненко С.В.	554		
Иванов А.А.	12, 21, 380, 381, 382, 383, 438, 441, 442, 618, 619, 622, 625, 626, 627, 628, 644, 649, 651, 652, 653		
Иванов А.В.	544		
Иванов В.Л.	166, 693, 695, 696, 698		
Иванов Иван А.	365, 381, 404, 435, 601, 604, 607, 609, 613, 617, 618, 619, 620, 621, 622,		



Касатов А.А.	365, 435, 445, 607, 609, 613, 617, 623, 629	Кондратьев В.И.	13, 374, 481, 482, 539
Касатов Д.А.	28, 35, 98, 411, 642, 643, 644, 646, 647	Кононов С.А.	39, 168, 169, 181, 182, 190, 209, 210, 340, 352, 400, 419, 421, 455, 585, 683, 684, 685, 706
Касьяненко П.В.		Константинов В.М.	700, 3п
Катков В.М.	668, 20п, 21п	Константинов Е.С.	40, 417
Квашнин А.Н.	554, 645	Константинов С.Г.	
Кенжебулатов Е.К.		Кооп И.А.	2, 22, 41, 57, 60, 166, 213, 229, 250, 397, 398, 405, 406, 407, 408, 546, 547, 548, 562, 581, 583, 584, 585, 591, 634, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 28п
Ким Д.О.		Корда Д.В.	209
Кирпотин А.Н.	2, 41, 60, 166, 229, 397, 398, 405, 406, 407, 547, 585, 591, 693, 695, 696, 698, 28п	Коренев И.Е.	546
Киселев В.А.	39, 190, 340, 352, 419, 421, 420, 558, 683, 684, 685, 699, 700, 706	Корепанов А.А.	42, 555, 556, 700
Клименко А.С..	497, 501	Коржавина М.С.	5, 436
Клюев В.Ф.	40, 417	Коробейников М.В.	4, 434, 493, 671, 672, 673, 679, 680, 682
Клющев С.Н.	556	Коробейникова О.А.	653, 654
Князев Б.А.	47, 49, 96, 484, 508, 510, 511, 512, 513, 516, 517, 526, 588, 592	Коробов А.А.	532
Кобец В.В.	43, 380, 500, 700	Король А.А.	2, 60, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 165, 180, 192, 196, 206, 213, 216, 224, 225, 229, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 250, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 351, 353, 354, 389, 390, 394, 395, 397, 398, 399, 472, 477, 585, 28п
Коваленко О.А.	2, 60, 164, 166, 193, 530, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698	Корчагин А.И.	38, 640
Коваленко Ю.В.	5, 45, 55, 97, 208, 440, 651, 652, 653, 655	Косов А.В.	483
Коврижин Д.П.	2, 60, 177, 229, 250, 397, 398, 585, 28п	Кот Н.Х.	556
Когут Д.А.	38, 640, 641	Котельников А.И.	554
Козак В.Р.	544, 545, 705, 2п	Котельников И.А.	363, 510, 588, 593
Козлов М.Г.	19, 661, 14п	Котов К.Ю.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706
Козырев А.Н.	2, 60, 162, 164, 166, 172, 185, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698	Кошуба С.В.	2, 60, 177, 187, 213, 229, 250, 397, 398, 399, 400, 585, 28п
Козырев Е.А.	2, 60, 166, 583, 584, 591, 698	Кошкарев А.М.	642, 644, 645
Козырев Е.В.	531, 692, 693, 694, 695, 696	Кравченко Е.А.	74, 168, 169, 181, 182, 190, 209, 210, 228, 234, 246, 255, 257, 260, 261,
Койсин Ю.И.	544, 545		
Колесников Е.Ю.	437, 619		
Колмогоров А.В.	21, 382, 403, 631		
Колмогоров В.В.	352, 380, 381, 419, 442, 649, 683, 684, 685, 700, 706		
Колобанов Е.И. .			
Колокольников Ю.М.	496, 497, 501		
Кондаков А.А.	380		
Кондауров М.Н.	544, 545		

	267, 268, 280, 284, 293, 308, 340, 352, 397, 398, 400, 419, 421, 683, 684, 685, 706	Куленко Я.В.	42
Краснов А.А.	213, 527, 546, 29п	Куликов В.Ф.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685
Крачков П.А.	220	Кулипанов Г.Н.	6, 484, 494, 514, 588, 699
Кривашин Д.С.		Купер К.Э.	495, 699
Кроковный П.П.	2, 60, 74, 80, 89, 90, 91, 92, 105, 107, 110, 111, 113, 114, 116, 122, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 137, 140, 144, 145, 146, 148, 151, 155, 157, 166, 197, 201, 205, 217, 218, 231, 233, 237, 238, 240, 248, 252, 253, 259, 262, 264, 266, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 283, 285, 286, 291, 294, 296, 297, 298, 300, 301, 302, 303, 304, 307, 309, 310, 313, 314, 316, 317, 319, 322, 324, 326, 331, 342, 343, 344, 347, 350, 355, 356, 357, 358, 373, 392, 393, 583, 584, 591, 596, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Купер Э.А.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 699, 700, 706
Крутихин С.А.	420	·	
Крючков Я.Г.		Купич А.С.	2, 60, 229, 585, 28п
Кубарев В.В.	64, 489, 491, 509, 582, 587, 590	Куркин Г.Я.	39, 190, 340, 352, 419, 421, 420, 683, 684, 685, 699, 706
Кудрявцев В.Н.	20, 80, 89, 90, 91, 92, 131, 161, 170, 174, 181, 189, 201, 218, 209, 344, 352, 362, 419, 471, 684, 685, 706	·	
Кузин М.В.		Куркучеков В.В.	156, 404, 446, 609, 613, 617, 620, 621, 622, 623, 629, 632, 633
Кузнецов А.С.	28, 411, 642, 644	Куянов И.А.	168, 181, 209, 210, 352, 419, 683, 684, 685, 706
Кузнецов Г.И.	37, 42, 94	Лаврухин А.В.	38, 640
Кузнецов С.А.	156, 365, 607, 609, 611, 613, 614, 621, 629	Лазаренко Б.А.	9, 20, 362, 580, 23п
Кузьменко А.Е.	2, 60, 159, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Лапик Р.М.	556
Кузьмин А.С.	2, 60, 74, 107, 164, 166, 167, 175, 191, 223, 237, 253, 259, 262, 264, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 285, 300, 303, 309, 317, 324, 333, 373, 392, 393, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698	Лебедев Н.Н.	556
Кузьминых В.С.	700	Лев В.Х.	502, 503
Куклин К.Н.	601, 604, 617, 624, 629	Левичев А.Е.	425
Куксанов Н.К.	38, 636, 639, 640, 641	Левичев Е.Б.	3, 39, 57, 190, 329, 340, 352, 370, 419, 421, 420, 543, 549, 550, 557, 558, 563, 564, 683, 684, 685, 700, 701, 702, 706, 37п
		Легкодымов А.А.	25, 29
		Лемзяков А.Г.	54, 481, 482, 539
		Леонов В.В.	426, 427
		Ли Р.Н.	62, 220, 361, 666, 17п, 18п
		Лизунов А.А.	5, 375, 436, 651, 652, 653, 654, 655
		Лисицын А.Д.	544, 545
		Листопад А.А.	381, 383
		Логачев П.В.	42, 211, 556
		Логашенко И.Б.	2, 60, 166, 186, 583, 584, 591, 692, 693, 695, 696, 698
		Лопаткин И.А.	544, 545
		Лотов К.В.	312, 364, 366, 371, 384, 402, 565, 7п, 8п, 9п, 10п, 11п, 12п, 13п
		Лукин А.Н.	671, 672, 673, 679
		Лукин П.А.	2, 46, 60, 74, 166, 392, 393, 583, 584, 591, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 698
		Лысенко А.П.	2, 41, 60, 166, 250, 405, 406, 407, 547, 585, 591, 693, 695, 696, 698

Макаров А.Г.	28	135, 138, 139, 141, 142,
Макаров А.Н.	35, 98, 411, 432, 642,	143, 147, 150, 154, 165,
	643, 646, 647, 648	180, 192, 196, 206, 216,
Макаров И.Г.	671, 672, 673	224, 225, 230, 232, 236,
Макаров М.А.	156, 613	239, 242, 243, 244, 245,
Макеев А.В.		247, 251, 263, 270, 276,
Максимов В.В.	5, 651, 652, 653, 654, 655	282, 290, 295, 299, 306,
Максимов Д.А.	70, 71, 72, 73, 75, 76, 81,	311, 318, 323, 330, 334,
	82, 83, 85, 86, 87, 88,	335, 336, 337, 340, 341,
	103, 104, 106, 108, 109,	351, 352, 353, 354, 389,
	112, 115, 117, 118, 119,	390, 394, 395, 419, 421,
	120, 121, 124, 127, 133,	683, 684, 685, 706
	134, 135, 138, 139, 141,	Матвеевко А.Н.
	142, 143, 147, 150, 154,	Матвиенко Д.В.
	165, 180, 190, 192, 196,	74, 107, 167, 175, 191,
	206, 216, 224, 225, 230,	237, 253, 259, 262, 264,
	232, 236, 239, 242, 243,	269, 273, 274, 277, 279,
	244, 245, 247, 251, 263,	281, 285, 300, 303, 309,
	270, 276, 282, 290, 295,	317, 324, 373, 460
	299, 306, 311, 318, 323,	Машковцев М.Р.
	330, 334, 335, 336, 337,	Медведко А.С.
	340, 341, 351, 352, 353,	190, 340, 544, 545, 683,
	354, 389, 390, 394, 395,	684, 685, 706
	419, 421, 683, 684, 685,	Мезенцев Н.А.
	706	483, 498, 499, 502, 503,
Максимов С.А.	671, 672, 673, 679	561, 586, 595
Мальшев В.М.	70, 71, 72, 73, 75, 76, 81,	Меклер К.И.
	82, 83, 85, 86, 88, 103,	14, 156, 365, 372, 435,
	104, 106, 108, 109, 112,	607, 609, 613, 617, 621,
	115, 117, 118, 119, 120,	623, 629
	121, 124, 127, 133, 134,	Мешков О.И.
	135, 138, 139, 141, 142,	11, 39, 56, 190, 203, 340,
	143, 147, 150, 154, 165,	352, 419, 421, 420, 553,
	180, 190, 192, 196, 206,	554, 559, 564, 589, 683,
	216, 224, 225, 230, 232,	684, 685, 699, 706, 36п
	236, 239, 242, 243, 244,	Мигинский С.В.
	245, 247, 251, 263, 270,	490, 575
	276, 282, 290, 295, 299,	Микайылов А.И.
	306, 311, 318, 323, 330,	420
	334, 335, 336, 337, 340,	Мильштейн А.И.
	341, 351, 352, 353, 354,	26, 220, 221, 361, 17п
	389, 390, 394, 395, 419,	Минаков В.А.
	421, 683, 684, 685, 706	9п
Мальцев Т.В.	174, 189, 533	Мироненко Л.А.
Мальцева Ю.И.		Митянина Н.В.
Мамкин В.Р.	544, 545	Михайлов К.Ю.
Мартин К.А.	2, 60, 169, 182, 229, 250,	2, 60, 164, 166, 466, 583,
	397, 398, 400, 465, 585,	584, 591, 692, 693, 694,
	28п	695, 696, 697, 698
Мартышкин П.В.	556	Михайлов М.И.
Масленников А.Л.	70, 71, 73, 75, 76, 81, 82,	Мишагин В.В.
	83, 85, 86, 87, 88, 103,	381, 438, 441, 442
	104, 106, 108, 109, 112,	Мишнев С.И.
	115, 117, 118, 119, 120,	9, 20, 190, 195, 340, 352,
	121, 124, 127, 133, 134,	362, 419, 421, 487, 580,
		683, 684, 685, 699, 706,
		23п
		Морозов И.А.
		Морозов И.И.
		190, 340, 352, 419, 421,
		683, 684, 685, 699, 706
		Мурасев А.А.
		Мурахтин С.В.
		437, 651, 652, 653, 654,
		655
		Мучной Н.Ю.
		39, 161, 170, 181, 188,
		190, 194, 195, 213, 227,
		235, 241, 249, 254, 256,
		258, 265, 271, 272, 275,

	278, 292, 305, 315, 320, 325, 340, 346, 352, 391, 419, 421, 422, 580, 583, 584, 683, 684, 685, 692, 694, 699, 706, 23п, 25п, 26п, 27п, 28п, 29п, 30п, 31п, 32п, 33п, 34п, 35п		
Назьмов В.П.	480, 483, 486, 506, 539		
Нейфельд В.В.	190, 195, 340, 352, 419, 420, 421, 580, 683, 684, 685, 699, 700, 706, 23п		
Немытов П.И.	38, 410, 640, 641		
Нестеренко И.Н.			
Нехаев В.Е.	673, 679, 6п		
Никитин С.А.	39, 170, 190, 340, 352, 419, 421, 420, 557, 683, 684, 685, 706		
Никифоров Д.А.	556		
Николаев И.Б.	42, 170, 189, 190, 227, 235, 241, 249, 254, 256, 258, 265, 271, 272, 275, 278, 292, 305, 315, 320, 325, 340, 346, 352, 391, 419, 420, 421, 468, 683, 684, 685, 699, 706, 25п, 26п, 27п, 30п, 31п, 32п, 33п, 34п, 35п		
Николенко А.Д.			
Николенко Д.М.	9, 20, 33, 39, 174, 189, 195, 198, 362, 580, 699, 23п		
Образовский А.Е.	2, 23, 60, 229, 250, 397, 398, 585, 28п		
Овтин И.В.	168, 181, 209, 210, 352, 419, 683, 684, 685, 706		
Овчар В.К.	47, 96, 511		
Огурцов А.Б.	497, 500, 501		
Окунев И.Н.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 699, 700, 706, 3п		
Олейников В.П.	187, 534		
Онучин А.П.	6, 74, 168, 169, 181, 182, 190, 209, 210, 228, 234, 246, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 340, 352, 400, 419, 421, 585, 683, 684, 685, 699, 706		
Орешкин С.Б.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706		
Орешонок В.В..			
Орлов И.О.	683, 684, 685, 706		
Осипов А.А.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706		
Осипов В.Н.			
Остреинов Ю.М.	642, 648		
Отбоев А.В.	22, 60, 634, 28п		
Оттмар А.В.	42, 401		
Охалкин В.С.	2, 60, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698		
Павленко А.В.	42, 500, 699		
Павлов В.М.	43, 556		
Павлов О.А.	42		
Панасюк В.М.	544, 545, 551, 552		
Панов А.Н.	42, 555		
Панфилов А.Д.	671, 672, 673, 679, 6п		
Панченко В.Е.	483		
Папушев П.А.			
Пархомчук В.В.	40, 417, 544, 545, 551, 552		
Пахтусова Е.В.	2, 60, 229, 250, 397, 398, 585, 28п		
Пачков А.А.	42		
Пелеганчук С.В.	70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 165, 180, 190, 192, 196, 206, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 340, 341, 351, 352, 353, 354, 389, 390, 394, 395, 419, 421, 683, 684, 685, 706		
Переведенцев Е.А.	2, 41, 57, 60, 166, 213, 250, 405, 406, 407, 547, 562, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698		
Пестов Ю.Н.	2, 59, 60, 78, 79, 84, 100, 149, 152, 158, 166, 199, 200, 222, 226, 287, 288, 332, 338, 339, 345, 348, 359, 360, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698		
Пестриков Д.В.	212, 214, 215		
Петренко А.В.	312, 364, 371, 556, 565, 7п, 8п, 11п, 12п		
Петриченков М.В.	700		
Петров В.В.	6, 190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 699,		

	700, 706, 3п		
Петров В.М.		Поросев В.В.	210, 424, 426, 427
Петрожицкий А.В.	40, 417	Поступаев В.В.	14, 156, 365, 368, 372, 435, 601, 604, 607, 608, 609, 613, 617, 618, 619, 620, 621, 624, 625, 628, 629
Пивоваров И.Л.	556		
Пивоваров С.Г.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706	Присекин В.Г.	160, 181, 190, 209, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706
Пиминов П.А.	190, 340, 352, 419, 421, 549, 550, 557, 563, 564, 683, 684, 685, 699, 701, 702, 706	Приходько В.В.	5, 50, 396, 436, 651, 652, 653, 654, 655, 656
Пиндюрин В.Ф.	54, 505, 539		
Пинженин Е.И.	5, 653, 655	Просветов В.П.	41, 405, 547
Пирогов К.А.	442	Протопопов А.Ю.	544, 545
Пирогов С.А.	186	Пупков Ю.А.	699
Пищенко С.М.	487	Пурескин Д.Н.	544, 545, 700
Пищинский К.В.	448	Пурьга Е.А.	445, 554
Плотникова О.А.	699	Путьмаков А.А.	544, 545
Подгорнов Н.А.	209, 210	Пята Е.Э.	213, 29п
Подобаев В.С.		Рабусов А.В.	535
Полетаев И.В.	544, 545	Радченко В.М.	671, 672, 673, 679, 6п
Полосаткин С.В.	14, 69, 156, 163, 184, 365, 372, 383, 428, 435, 601, 604, 607, 613, 617, 618, 619, 620, 622, 624, 625, 629	Разуваев Г.П.	2, 60, 164, 166, 536, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698
Полухин В.А.	544, 545	Ракшун Я.В.	7, 518, 519, 520, 521, 524, 525, 540, 541
Полуэктов А.О.	74, 80, 89, 90, 91, 92, 105, 110, 111, 113, 114, 116, 122, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 137, 140, 144, 145, 146, 148, 151, 155, 157, 190, 197, 201, 205, 217, 218, 231, 233, 238, 240, 248, 252, 266, 283, 286, 291, 294, 296, 297, 298, 301, 302, 304, 307, 310, 313, 314, 316, 319, 322, 326, 331, 340, 342, 343, 344, 347, 350, 352, 355, 356, 357, 358, 419, 421, 596, 597, 598, 599, 683, 684, 685, 706	Растигеев С.А.	40, 417
Полянский А.В.	699, 700	Рахимов А.Р.	700
Померанский А.А.	126	Рачек И.А.	9, 20, 33, 174, 189, 195, 198, 362, 580, 23п
Попик В.М.	30, 515	Ращенко В.В.	202
Попов А.С.	2, 60, 162, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Рева В.Б.	544, 545, 551, 552
Попов С.С.	156, 380, 435, 445, 609, 617, 621, 629	Редин С.И.	
Попов Ю.С.	2, 60, 166, 693, 695, 696, 698	Резанова О.Л.	70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 161, 165, 180, 190, 192, 196, 206, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 340, 341, 351, 352, 353, 354, 389, 390, 394, 395, 419, 421, 683, 684, 685, 706
Попова Н.И.		Резникова Е.Ф.	506
		Резниченко А.В.	19, 661, 14п, 22п
		Репков А.В.	492
		Репков В.В.	
		Ровенских А.Ф.	156, 365, 435, 445, 487,

	607, 609, 613, 17, 621, 622, 623, 629	Сеньков Д.В.	544, 545, 700
Роговский Ю.А.	2, 41, 57, 60, 166, 229, 397, 398, 405, 406, 407, 547, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Сердобинцев Г.В.	
Рогозина Е.В.	187	Середняков С.И.	2, 6, 23, 60, 74, 169, 177, 182, 228, 229, 234, 246, 250, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 397, 398, 400, 585, 28п
Родионов Д.Г.	47, 96	Середняков С.С.	491, 700
Родякин В.А.	160, 168, 181	Сидоров А.В.	74, 671, 672, 673, 679
Романов А.Л.	2, 41, 57, 60, 74, 166, 250, 405, 406, 407, 547, 562, 566, 583, 584, 585, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Сидоров И.В.	
Ротов Е.А.		Силагадзе З.К.	2, 60, 66, 229, 250, 397, 398, 585, 28п
Рубан А.А.	2, 60, 162, 164, 166, 172, 185, 190, 340, 352, 419, 421, 479, 583, 584, 591, 683, 684, 685, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 706	Симонов Е.А.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 699, 706
Рувинский Е.С.	700	Сингатулин Ш.Р. .	
Руденко А.С.	17, 95, 24п	Синицкий С.Л.	34, 156, 352, 365, 435, 600, 601, 603, 604, 607, 612, 613, 615, 617, 618, 619, 624, 625, 629
Рыбицкая Т.В.	556, 700	Синяткин С.В.	419, 421, 557, 558, 563, 683, 684, 685, 699, 700, 701, 702, 706, 37п
Рыжененков А.Е.	2, 60, 166, 172, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Скарбо Б.А.	556
Рыскулов Н.М.	2, 60, 166, 172, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Скляров В.Ф.	156, 365, 607, 609, 613, 617, 621, 629
Савинов Г.А.	160, 190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706	Сковородин Д.И..	444, 4А
Савкин В.Я.	5, 55, 208, 378, 440, 651, 652, 653, 654, 655	Сковпень К.Ю.	70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 212, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 165, 180, 190, 192, 196, 206, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 341, 351, 353, 354, 389, 390, 394, 395
Садыков Р.Ш.	9, 20, 362, 580, 23п	Сковпень Ю.И.	74, 228, 234, 246, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 421
Саликова Т.В.	492	Скоробогатов Д.Н.	544, 545
Салимов Р.А.	38, 640, 641	Скринский А.Н.	3, 6, 41, 190, 229, 250, 340, 352, 370, 397, 398, 419, 421, 585, 683, 684, 685, 699, 706
Сальников С.Г.	26	Смалюк В.В.	190, 340, 421, 558, 559, 683, 684, 685, 706, 36п
Самойлов С.Л.	556	Соколов А.В.	69, 183, 184, 190, 340, 352, 419, 421, 423, 683,
Сандырев В.К.	340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 699, 706		
Санин А.Л.	378, 379, 380, 645		
Свищёв В.В.	699		
Седяров И.К.	546, 699		
Селиванов А.Н.	162, 487		
Селиванов П.А.	487, 544, 545		
Семенов А.В.	38, 640		
Семенов А.И.	700		
Семёнов А.М.	527		
Семенов Е.П.	544, 545		
Семенов Ю.И.	211		
Сенченко А.И.	41, 229, 397, 398, 405, 547, 585, 28п		

	684, 685, 706		353, 354, 389, 390, 394, 395, 419, 421, 476, 683, 684, 685, 706
Соколов В.В.			
Солдаткина Е.И.	5, 651, 652, 653, 654, 655		
Солдатов А.Е..		Сухина Б.Н.	
Солодов Е.П.	2, 60, 74, 166, 228, 234, 246, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Сыроватин В.М.	503, 561, 586, 595
		Тальшев А.А.	2, 60, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 97, 88, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 162, 164, 165, 166, 180, 190, 192, 196, 206, 209, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 340, 341, 351, 352, 353, 354, 389, 390, 394, 395, 419, 421, 583, 584, 591, 683, 684, 685, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 706
Соломахин А.Л.	5, 55, 208, 440, 651, 652, 653, 654, 655		
Сорокин А.Валерьевич	380, 437, 438, 649, 650		
Сорокин А.Васильевич	441, 442		
Сорокин И.Н.	28, 36, 99, 411, 430, 642, 2А		
Сорокина Н.В.	617, 618, 629		
Сороколетов Д.С.	8, 518, 519, 521, 524, 525, 540, 541, 572		
Соседкин А.П.	312, 364, 366, 371, 384, 7п, 8п, 9п, 11п, 12п		
Сотников О.З.	379		
Спицын Р.И.	11		
Станкевич А.С.		Тарарышкин С.В.	705, 2п
Старостенко А.А..	211, 555, 556, 571	Тарасенко О.А..	503, 561
Старостенко Д.А.А.	42, 401	Тарнецкий В.В.	671, 672, 673
Старостина Е.В.	190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 699, 706	Таскаев С.Ю.	28, 35, 36, 98, 99, 411, 429, 430, 431, 432, 433, 642, 643, 646, 647, 648, 1А
Степанов В.Д.	156, 435, 600, 603, 612, 617, 629	Таюрский В.А.	68, 190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706
Стрельников Н.О..	328, 377	Текутьев А.И.	177, 399
Ступишин Н.В.	380, 382, 438, 439, 442	Тельнов В.И.	74, 153, 176, 178, 179, 190, 340, 352, 419, 421, 452, 469, 470, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 706
Судников А.В.	368, 435, 608, 609, 617, 620, 629		
		Терехов И.С.	289, 22п
Суляев Ю.С.	447, 617, 629	Тимофеев И.В.	156, 367, 10п, 13п
Сурин И.К.	2, 60, 177, 229, 250, 397, 398, 475, 585, 28п	Титов В.М.	2, 60, 162, 164, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 3А
Суханов А.В.	700	Тиунов М.А.	28, 52, 380, 644, 671, 672
Суханов Д.П.	39	Тихонов Ю.А.	3, 39, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 165, 180, 190, 192, 196, 206, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 340, 341, 351, 352,
Сухарев А.М.	70, 71, 72, 73, 75, 76, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 103, 104, 106, 108, 109, 112, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 127, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 143, 147, 150, 154, 165, 180, 186, 190, 192, 196, 206, 216, 224, 225, 230, 232, 236, 239, 242, 243, 244, 245, 247, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 340, 341, 351, 352,		

	250, 251, 263, 270, 276, 282, 290, 295, 299, 306, 311, 318, 323, 330, 334, 335, 336, 337, 340, 341, 351, 352, 353, 354, 370, 389, 390, 394, 395, 397, 398, 419, 421, 585, 683, 684, 685, 699, 706, 28п		696, 697, 698
Тихонюк И.И.		Харламов А.Г.	2, 60, 229, 250, 397, 398, 585, 28п
Ткачев А.А.	376, 438, 442	Харламова Т.А.	160, 190, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 706
Ткаченко В.О.	671, 672, 673, 679	Хацимовский В.М.	204, 416
Тодышев К.Ю.	3, 74, 160, 190, 228, 234, 246, 255, 257, 260, 261, 267, 268, 280, 284, 293, 308, 340, 352, 419, 421, 683, 684, 685, 699, 706	Хильченко А.Д.	445, 553, 554, 589
Толмачев С.С.	172	Холопов М.А.	560, 574
Толочко Б.П.	4, 39, 93, 434, 483, 485, 488, 493, 495, 681, 682	Хрестолобов В.С.	443
Топорков Д.К.	9, 20, 33, 195, 198, 362, 580, 699, 23п	Хриплович И.Б.	17, 44, 95, 101
Трибендис А.Г.	16, 156, 386, 404, 446, 609, 613, 617, 620, 621, 622, 623, 629, 632, 633	Хрущев С.В.	499, 502, 503, 561
Трунев Ю.А.	16, 156, 386, 404, 446, 609, 613, 617, 620, 621, 622, 623, 629, 632, 633	Цидулко Ю.А.	53, 207, 321
Тумайкин Г.М.	6, 39, 190, 340, 352, 419, 420, 421, 683, 684, 685, 699, 706	Цуканов В.М.	498, 499, 502, 503, 561
Усов П.В.	448	Цыганов А.С.	556
Усов Ю.В.	74, 167, 175, 177, 190, 229, 340, 352, 393, 397, 398, 399, 419, 421, 442, 585, 683, 684, 685, 706, 28п	Чабанов А.П.	420
Уткин А.В.	497, 500, 501	Чакин И.К.	418
Фадеев С.Н.	38, 640, 641	Чеблаков П.Б.	700
Фадин В.С.	19, 198, 349, 658, 659, 660, 667, 669, 670, 1п, 4п, 19п	Чекавинский В.А.	544, 545
Факторович Б.Л.	671, 672, 673, 679, 6п	Черепанов В.П.	
Фатькин Г.А.	42	Черепков В.Г.	640
Федотов М.Г.	487, 507, 544, 545	Чернов К.Н.	671, 672, 673
Федотович Г.В.	2, 60, 166, 172, 185, 189, 458, 467, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Черноштанов И.С.	53
Фельдман А.Л.	126, 198	Черняк В.Л.	413
Филипченко А.В.	500	Чернякин А.Д.	700
Фролов А.Р.	40, 417, 556	Ческидов В.Г.	544, 545, 576
Хавин Н.Г.	497, 501	Чопорова Ю.Ю.	47, 49, 96, 511, 512, 513, 516, 517, 592
Хазин Б.И.	2, 60, 164, 166, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695,	Чудаев В.Я.	
		Чупыра А.Г.	
		Чуркин И.Н.	
		Шалашов А.Г.	655
		Шамов А.Г.	39, 160, 190, 340, 352, 419, 421, 557, 683, 684, 685, 699, 706
		Шатилов Д.Н.	39, 57, 190, 329, 340, 352, 419, 420, 421, 567, 568, 683, 684, 685, 699, 703, 704, 706
		Шатунов П.Ю.	2, 22, 41, 57, 60, 166, 213, 250, 405, 406, 407, 546, 547, 548, 583, 584, 585, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 28п
		Шатунов Ю.М.	2, 22, 41, 57, 60, 166, 213, 229, 250, 397, 398, 405, 406, 407, 546, 547, 583, 584, 585, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 28п
		Шварц Б.А.	2, 60, 74, 164, 166, 175, 190, 213, 333, 340, 352, 392, 393, 419, 421, 583, 584, 591, 683, 684, 685,



	692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 706	Шукаев А.Н.			
Шварц Д.Б.	41, 57, 60, 166, 213, 229, 397, 398, 405, 406, 407, 546, 547, 548, 562, 583, 584, 585, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 28п	Шульженко Г.И.	18, 381, 388		
Шведов Д.А.	699, 700	Шушаро А.И.			
Шебалин В.Е.	2, 60, 74, 107, 164, 166, 167, 175, 237, 253, 259, 262, 264, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 285, 300, 303, 309, 317, 324, 373, 392, 393, 450, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698	Щеглов М.А.	492, 515, 5п		
Шевченко О.А.	492, 569, 570, 576, 577	Щеголев Л.М.	553, 589, 700		
Шемякин Д.Н.	2, 60, 166, 172, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698	Щудло И.М.	28, 411, 642, 643, 646, 647		
Шемякина Е.О.	69, 183, 184	Эйдельман С.И.	2, 58, 60, 67, 74, 77, 80, 89, 90, 91, 92, 105, 107, 110, 111, 113, 114, 116, 122, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 137, 140, 144, 145, 146, 148, 151, 155, 157, 166, 190, 197, 201, 205, 217, 218, 231, 233, 237, 238, 240, 248, 252, 253, 259, 262, 264, 266, 269, 273, 274, 277, 279, 281, 283, 285, 286, 291, 294, 296, 297, 298, 300, 301, 302, 303, 304, 307, 309, 310, 313, 314, 316, 317, 319, 322, 324, 326, 331, 340, 342, 343, 344, 347, 350, 352, 355, 356, 357, 358, 373, 392, 393, 413, 419, 421, 583, 584, 591, 596, 683, 684, 685, 692, 693, 694, 695, 696, 698, 706	Эйдельман Ю.И.	
Шеромов М.А.	483	Эпштейн Л.Б.	2, 60, 162, 166, 171, 464, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 698		
Шестаков Ю.В.	9, 20, 362, 580, 23п	Юдин Ю.В.	2, 60, 159, 162, 164, 166, 171, 181, 583, 584, 591, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698		
Шехтман Л.И.	20, 69, 80, 89, 90, 91, 92, 105, 110, 111, 113, 114, 116, 122, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 137, 140, 144, 145, 146, 148, 151, 155, 157, 161, 170, 174, 176, 181, 183, 185, 189, 197, 201, 205, 209, 217, 218, 231, 233, 238, 240, 248, 252, 266, 283, 286, 291, 294, 296, 297, 298, 301, 302, 304, 307, 310, 313, 314, 316, 319, 322, 326, 331, 342, 343, 344, 347, 350, 355, 356, 357, 358, 362, 423, 454, 474, 483, 488, 596	Юров Д.В.	50, 396, 656		
Шиховцев И.В.	380, 383	Юшков А.Н.	190, 234, 340, 421, 683, 684, 685, 706		
Шиянков С.В.	556, 700	Яковлев Д.В.	5, 45, 55, 97, 208, 440, 651, 652, 653, 654, 655		
Шкаруба В.А.	499, 502, 503, 561, 586, 595	Яровой В.А.	619, 622		
Шошин А.А.	61, 219, 447, 601, 602, 604, 605, 617, 623, 624, 629, 630				
Штарклев Е.А.	4, 671, 672, 673, 679, 680, 681, 682, 6п				
Штоль Д.А.	2, 60, 187, 229, 250, 397, 398, 473, 585, 28п				
Шубин Е.И.	202				



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. БУДКЕРА  
Сибирского отделения Российской академии наук

ЕЖЕГОДНЫЙ ОТЧЕТ

2014

Обложка Е.Д. Бендер

Ответственный за выпуск А.В. Васильев

Работа поступила 26.02. 2015 г.

---

Сдано в набор 28.04. 2015 г.

Подписано в печать 29.05. 2015 г.

Формат 60x90 1/16 Объем 14,0 печ.л., 11.2 уч.-изд.л.

Тираж 200 экз. Бесплатно. Заказ № 5

---

Обработано на РС и отпечатано  
на ротапринте «ИЯФ им. Г.И. Будкера» СО РАН,  
Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева, 11