

Российская Академия наук
Ордена Ленина Сибирское отделение
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г.И. Будкера

ЕЖЕГОДНЫЙ ОТЧЕТ

2005

НОВОСИБИРСК

2006

Оглавление

Введение	7
1 Физика элементарных частиц	13
1.1 Детектор КМД-3	15
1.2 Состояние дел на детекторе СНД	16
1.3 Детектор КЕДР	21
1.4 Детекторы для ФВЭ	31
1.5 Рентгеновские детекторы	31
1.6 Прочие работы:	32
1.7 Газовые микроструктурные детекторы	32
1.8 Участие в коллаборации BELLE.	34
1.9 Фотонный коллайдер	36
2 Электро- и фотоядерная физика	37
2.1 Эксперименты с внутренними мишенями	39
3 Теоретическая физика	43
3.1 Сильное взаимодействие	45
3.2 Квантовая электродинамика	48
3.3 Электрослабая теория	53
3.4 Гравитация	54
3.5 Нелинейная динамика и хаос	56
4 Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез	59
4.1 Эксперименты с компактным пробкотроном на установке ГДЛ	61
4.2 Формирование $e\hbar$ - структур при пучковой неустойчивости	67
4.3 Многослойная рентгеновская оптика	67
4.4 Расширение исследований плазменной турбулентности, возникающей в плазме, нагреваемой с помощью РЭП	68
4.5 Установка ГОЛ-3	71
4.5.1 Модернизация входного пробочного узла	72
4.5.2 Быстрый нагрев ионов и движение плазмы в многопробочной системе	73
4.5.3 Описание нейтронной диагностики на основе локальных детекторов	75
4.5.4 Результаты	76
4.5.5 Модель неустойчивости баунс-колебаний	78
4.5.6 Заключение	79

5	Установки со встречными электрон - позитронными пучками	81
5.1	Предложение по ускорению поляризованного протонного пучка на ускорителе У-70	83
5.2	Протонный синхротрон У-70 и спиновые резонансы	86
5.3	Комплекс ВЭПП-2000	90
5.4	Запуск инжекционного комплекса ВЭПП-2000	97
5.5	ВЭПП-4М	98
5.5.1	Эксперименты по ФВЭ	99
5.5.2	Калибровка энергии пучков	100
5.5.3	Модернизация и улучшение работы комплекса	103
5.5.4	Международное сотрудничество и контрактные работы	108
5.6	Инжекционный комплекс ВЭПП-5	109
5.7	Электронное охлаждение	110
5.8	Прототип нейтронной мишени	112
5.9	Прототип жидкой свинцовой мишени для производства позитронов	113
5.10	Работы группы электронных пушек	113
5.11	Вакуумные исследования	115
5.11.1	Измерения коэффициента вторичной электронной эмиссии для НЭГ TiZrV	115
5.11.2	Экспериментальные исследования активационных и газопоглощающих свойств нераспыляемого геттера системы Zr-V-Fe	116
5.11.3	Изготовление вакуумных фототриодов	117
5.11.4	Изготовление электровакуумных компонентов Большого Адронного Коллайдера (БАК)	118
6	Синхротронное излучение и лазеры на свободных электронах	121
6.1	Работы на пучках СИ из ВЭПП-3	123
6.1.1	Экстремальные состояния вещества	123
6.1.2	LIGA-технология и глубокая рентгеновская литография	127
6.1.3	Аномальное рассеяние и прецизионная дифрактометрия	129
6.1.4	Рентгенофлуоресцентный элементный анализ	130
6.1.5	Дифрактометрия при энергии квантов 33.7 кэВ	134
6.1.6	“Дифракционное кино”	137
6.1.7	EXAFS-спектроскопия	138
6.1.8	Метрология и EXAFS-спектроскопия в мягком рентгеновском диапазоне	141
6.1.9	Рентгеновская томография и микроскопия	143
6.2	Работа с пучками терагерцового излучения	144
6.2.1	О терагерцовом излучении	144
6.2.2	Общая информация об источниках терагерцового излучения на основе электронных пучков и параметры Новосибирского ЛСЭ	145
6.2.3	Канал вывода терагерцового излучения лазера на свободных электронах	148
6.2.4	Экспериментальные станции	149
6.2.5	Разработка и создание специализированной аппаратуры	150
6.2.6	Некоторые результаты, полученные в 2005 году	153
6.2.7	Развитие Центра фотохимических исследований на базе ускорителя - рекуператора и ЛСЭ второй очереди на область 3-10 ТГц.	155
6.2.8	Рабочее совещание по терагерцовому излучению	157

6.3	Разработка и создание специализированных генераторов СИ	160
6.3.1	Сверхпроводящие вигглеры	160
6.3.2	Несверхпроводящие магнитные системы для источников СИ . . .	161
6.3.3	Проект компактного накопителя-источника СИ	164
7	Радиофизика и электроника	167
7.1	Разработка систем, обеспечивающих питание электрофизических установок	169
7.2	Разработка систем и устройств автоматизации физических экспериментов	173
7.3	Разработки для Экспериментального Производства ИЯФ	179
7.4	Исследования, связанные с моделированием и решением электростатических и электродинамических задач	180
7.5	Линейный ускоритель-инжектор технологического накопительного комплекса	181
7.6	Резонатор 700 МГц для источника рентгеновского излучения “НЕСТОР”	183
7.7	Ускоряющие структуры для проекта SPL, CERN	183
7.8	Создание промышленного линейного ускорителя 5МэВ, 300кВт	184
7.9	ВЧ системы накопителя-охладителя	185
7.10	ВЧ система технологического накопителя ТНК-1	188
7.11	Высокочастотная пушка для инжектора микротрона-рекуператора . . .	192
7.12	ВЧ система накопителя ВЭПП-2000	195
8	Мощные электронные ускорители	197
8.1	Радиационные технологии и ускорители электронов ЭЛВ	199
8.2	Ускорители электронов типа ИЛУ и их применение	201
8.2.1	Поставки ускорителей	201
8.2.2	Модернизация ускорителя ИЛУ-8 в соответствии с требованиями применения в пищевой промышленности и поставка головного образца в Японии	202
8.2.3	Работы по созданию нового ускорителя и систем облучения изделий	203
8.2.4	Работы по созданию прототипов магнитов для конверсионных систем	203
9	Физика для медицины	205
9.1	Детекторы рентгеновского излучения для медицины и досмотра людей	207
9.1.1	Малодозовая Цифровая Рентгенографическая Установка (МЦРУ) “Сибирь”	207
9.1.2	Система Рентгеновского Контроля (СРК) “Сибскан” для досмотра людей	207
9.1.3	Маммография	208
9.1.4	Работы по созданию основанного на ускорителе источника нейтронов для нейтронозахватной терапии и терапии быстрыми нейтронами	209

Библиография	213
Список публикаций	213
Препринты	255
Авторефераты	267
Участие в конференциях	268
Соглашение о сотрудничестве	271
Состав научных сотрудников	273
Члены Российской академии наук	273
Дирекция	273
Ученый совет	273
Секции ученого совета по направлениям	274
Научные сотрудники и их публикации	277

Введение

Институт ядерной физики СО АН СССР был создан в 1958 году на базе руководимой Г.И. Будкером Лаборатории новых методов ускорения Института атомной энергии, возглавляемого И.В. Курчатовым.

Академик Г.И. Будкер был основателем и первым директором института. Со дня его смерти в 1977 году директором института, который называется теперь "Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН", является академик А.Н. Скринский.

Руководство научной и производственной деятельностью института осуществляется через "Круглый стол" — Учёный Совет института.

Общее число сотрудников института составляет примерно 3000 человек. Среди них около 420 научных сотрудников, более 50 аспирантов, 760 инженеров и техников, около 350 лаборантов и 1300 рабочих. Среди научных сотрудников института 5 действительных членов Российской академии наук, 6 членов-корреспондентов РАН, около 50 докторов наук, 160 кандидатов наук.

Институт является одним из ведущих мировых центров в нескольких важных областях физики высоких энергий, управляемого термоядерного синтеза и прикладной физики. По большинству своих направлений Институт является единственным в России.

Основные направления деятельности Института

I. Проведение фундаментальных исследований.

1. Исследования в области физики элементарных частиц на основе функционирующих и создаваемых комплексов с электрон-позитронными встречными пучками.

2. Исследования в области электро- и фотоядерной физики на основе использования накопителей заряженных частиц.

3. Исследования по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу на основе систем открытого типа.

II. Разработка и создание новых уникальных установок для фундаментальных научных исследований и высоких технологий.

1. Установки со встречными электрон-позитронными пучками на сверхвысокую светимость (e^+e^- фабрики).

2. Разработка концепции и технологии линейных электрон-позитронных коллайдеров.

3. Источники синхротронного излучения.

4. Мощные лазеры на основе электронных пучков высокой энергии (лазеры на свободных электронах).

5. Высокоинтенсивный генератор термоядерных нейтронов на основе плазменной "газодинамической" ловушки.

6. Создание мощных электронных ускорителей и разработка электронно-лучевых, в том числе экологических, технологий на их основе.

7. Создание оборудования и приборов для медицинских приложений на базе ускорительных и детекторных разработок Института.

III. Участие в выполнении обязательств, предусмотренных межгосударственными, межправительственными, межведомственными соглашениями, договорами и другими документами о международном научно-техническом сотрудничестве.

IV. Подготовка и переподготовка высококвалифицированных научных кадров по специальностям:

- физика ядра и элементарных частиц;
- физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника;
- теоретическая физика;
- физика и химия плазмы;
- техника физического эксперимента;
- физика приборов;
- автоматизация физических исследований.

Ежегодно в лабораториях Института проходят практику более 200 студентов 3 - 6 курсов из НГУ и НГТУ, защищается около 90 дипломных работ на степень магистра и бакалавра.

Институт осуществляет широкое взаимовыгодное сотрудничество со многими лабораториями и промышленными предприятиями:

- более 100 экспериментальных групп из различных научных учреждений России и многих стран мира использовали и используют установки института;

- Институт тесно и активно сотрудничает с национальными лабораториями и университетами США, Германии, Англии, Франции, Италии, Китая, Японии, Нидерландов, Финляндии, Швеции, Кореи, Индии, с международным научным центром ЦЕРН; Кроме совместных научных работ Институтом выполняются и контракты на разработку передового научного оборудования для этих лабораторий;

- ИЯФ осуществляет совместные конструкторские и промышленные разработки со многими российскими предприятиями, оснащенными передовой технологией;

- более 140 созданных в ИЯФ мощных электронных ускорителей работают на различных технологических линиях в России, на Украине, в Белоруссии, Германии, Японии, Китае, Польше, Чехии, Венгрии, Румынии, Южной Кореи, Италии, Индии.

Институт является надежным партнером в проведении совместных исследований и разработок в области физики и пользуется во всем мире хорошей репутацией как поставщик высокотехнологичного оборудования для научных и производственных целей.

К числу основных достижений ИЯФ в науке и технике относятся следующие:

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, (1970 год);

- исследование характеристик векторных мезонов на установках со встречными электрон-позитронными пучками ВЭПП-2, ВЭПП-2М и ВЭПП-4, (с 1967 года);
- открытие явления множественного рождения адронов в электрон-позитронной аннигиляции, (1970 г.);
- 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 K^- , ρ^- , ω^- , φ^- , ψ^- - мезонов и Υ^- - 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, НД, СНД, КЕДР), с 1974 года;
- 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 (1979 - 1984 гг.);
- предсказание большого усиления эффектов несохранения чётности в нейтронных резонансах в тяжёлых ядрах (1980 – 1985 гг.);
- разработка теории жёстких эксклюзивных реакций в КХД (1977 -1984 гг.);
- развитие операторного подхода к квантовой электродинамике во внешних полях (1974 – 1976 гг.);
- 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; изготовление и установка эффективных “охлаждателей” на ускорительные комплексы тяжелых ионов в Германии, Китае, ЦЕРНе (1965– 2005 гг.),
- изобретение и разработка новых типов мощных ВЧ генераторов (гирокон, релятивистский клистрон, магникон), 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 сильнополевой 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, (1969 -1981 - 2002);
- 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 суб-термоядерными 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 года).
- 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.

Лучшими работами 2005 года Ученый Совет признал

Прецизионные измерения адронных сечений с детекторами СНД и КМД-2 на коллайдере ВЭПП-2М

Измерения формфактора протона в области энергий $2E = 1.88 - 4$ ГэВ методом ISR на детекторе ВаВаг

Создание системы электронного охлаждения нового поколения и ее запуск на накопительном кольце LEIR в ЦЕРНе

Эффект быстрого нагрева ионов при релаксации электронного пучка в плазме многопробочной магнитной ловушки (установка ГОЛ-3)

Начало систематических экспериментов с использованием терагерцового излучения из ЛСЭ в Сибирском центре фотохимических исследований

Разработка и освоение промышленного производства микродозовых систем рентгеновского контроля для досмотра пассажиров

Глава 1

Физика элементарных частиц

1.1 Детектор КМД-3

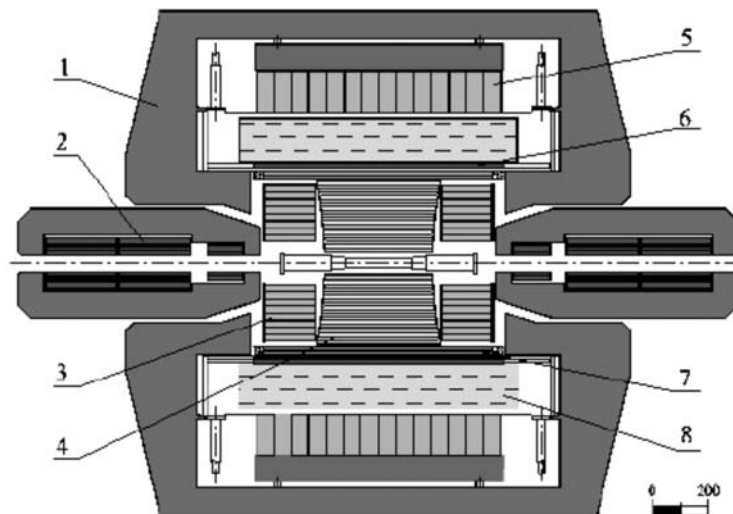


Рис. 1: Детектор КМД-3. 1 — ярмо магнита; 2 — сверхпроводящие соленоиды ВЭПП-2000; 3 — электромагнитный калориметр на основе кристаллов ВGO; 4 — дрейфовая камера; 5 — электромагнитный калориметр на основе кристаллов CsI; 6 — сверхпроводящий соленоид КМД-3; 7 — Z-камера; 8 — электромагнитный калориметр на основе жидкого ксенона.

Схематический продольный разрез детектора КМД-3 показан на рис. 1. Основными задачами, над которыми работала коллаборация в 2005 году, были изготовление систем детектора КМД-3, подготовка их к установке в детектор в зале ВЭПП-2000, разработка электроники, предназначенной для считывания и оцифровки поставляемой ими информации, а также создание программного обеспечения системы сбора данных, их обработки и моделирования.

В течение 2005 года дрейфовая камера детектора была полностью собрана. Все проволочки натянуты. Изготовлены и испытаны опытные образцы предварительной и оцифровывающей электроники (32 канала). Начато измерение параметров камеры и электроники с использованием событий с космическими частицами.

Z-камера переносится в детектор КМД-3 практически без изменений — изменилась только схема разбивки сигнальных проволочек на сектора, в соответствии с топологией расположения ячеек в новой дрейфовой камере. Необходимость такого изменения связана с использованием обеих камер в системе триггера. Дальнейшие испытания Z-камеры планируется проводить уже после ее установки в детектор весной 2006 года.

В 2005 году калориметр на основе жидкого ксенона был перевезен в зал ВЭПП-2000 и установлен в экспериментальный промежуток. Была создана необходимая инфраструктура, обеспечивающая его работу на новом месте. Проведены два захода с использованием событий с космическими частицами. По результатам этих заходов была доработана электроника калориметра и начато ее производство в полном количестве.

В прошедшем году были выполнены следующие работы по электромагнитному калориметру на основе кристаллов CsI: разработана технология механической сборки и электрического монтажа линейки калориметра, организован стенд по измерению

характеристик линейки, изготовлено и проверено 10 линеек. Собран первый октант, который уже установлен на детектор в зале ВЭПП-2000.

В 2005 году собраны все блоки электромагнитного калориметра на основе кристаллов ВГО. Все они укомплектованы зарядочувствительными усилителями и протестированы на стенде с помощью событий с космическими частицами и с помощью радиоактивного источника ^{241}Am . Система крепления калориметра установлена в детектор. Проведена пробная сборка/разборка калориметра. Система полностью готова к постановке на детектор в зале ВЭПП-2000.

Разработан проект системы термостабилизации ВГО калориметра, выполнена сборка ее первичного контура. Начата сборка вторичного контура.

Полным ходом идет создание мюонной системы. Сцинтилляторы для системы изготовлены полностью, 6 счетчиков собрано, установлено на детектор КМД-3 и проверено в работе. Выполнена проверка половины необходимого количества фотомножителей для мюонной системы.

В рамках работ по созданию системы сбора данных детектора КМД-3 в 2005 был создан первый вариант, который прошел проверку в физических заходах с жидкок-сеноновым калориметром и при испытаниях сверхпроводящего магнита детектора. Все основные элементы системы продемонстрировали успешную работу в условиях эксперимента.

В 2005 году продолжалась обработка данных, набранных с детектором КМД-2 на коллайдере ВЭПП-2М. Были измерены относительные вероятности распадов легких векторных мезонов (ρ , ω) на π^0 -мезон и электрон-позитронную пару. Также было выполнено измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ в области энергий 1.04 – 1.38 ГэВ в системе центра масс.

В работе принимали участие:

Анисенков А.В., Аульченко В.М., Ахметшин Р.Р., Баштовой Н.С., Барков Л.М., Банзаров В.Ш., Бондарь А.Е., Брагин А.В., Воробьев А.И., Горбачев Д.А., Гребенюк А.А., Григорьев Д.Н., Епифанов Д.А., Зайцев А.С., Зверев С.Г., Зинченко А.В., Игнатов Ф.В., Казанин В.Ф., Карпов С.В., Кахута К.И., Козырев А.Н., Кроковный П.П., Кузьмин А.С., Логашенко И.Б., Лукин П.А., Михайлов К.Ю., Никулин М.А., Охалкин В.С., Пестов Ю.Н., Пирогов С.А., Попов А.С., Попов Ю.С., Приймак Л.А., Рыскулов Н.М., Рубан А.А., Редин С.И., Сибидапов А.Л., Снопков И.Г., Солодов Е.П., Талышев А.А., Титов В.М., Федотович Г.В., Хазин Б.И., Шварц Б.А., Эйдельман С.И., Юдин Ю.В.

Институт Ядерной Физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск

Робертс Б.Л. (Бостонский Университет, Бостон, США)

Ф. Гранканьоло Университет Лечче, Лечче, Италия

Публикации: [5], [6].

1.2 Состояние дел на детекторе СНД

1. Модернизация СНД для ВЭПП-2000.

В 2005 году завершен второй этап экспериментов с прототипом трековой системы. На первом этапе измерений, выполненном в 2004 году, была обнаружена высокая

интенсивность шумовых срабатываний чувствительных проволок. В тестах на специальном макете были выявлены два основных механизма, приводящих к наблюдаемому эффекту: обратная фотонная связь и холодная эмиссия с поверхности полеформирующих проволок. По результатам тестирования имеющихся образцов проволоки был выбран вариант с наименьшим уровнем шумовых срабатываний и проведен ремонт прототипа с полной заменой проволочной структуры. Испытания 2005 года показали, что интенсивность шумовых срабатываний удалось понизить до приемлемого в условиях эксперимента СНД уровня. На основе анализа новых данных были подтверждены основные параметры трековой системы, полученные в измерениях 2004 года, результаты опубликованы в препринте ИЯФ по статусу модернизации детектора СНД. В 2006 году планируется завершить обработку данных с прототипа и опубликовать окончательные результаты.

В этом году выполнена основная часть работ по изготовлению основной трековой системы детектора СНД, включающая сборку корпуса системы и прецизионную установку 1300 проволок. В настоящее время завершается монтаж элементов регистрирующей и высоковольтной электроники, расположенных непосредственно на корпусе трековой системы и выполняются проверки качества сборки. Проверки включают: контроль натяжения проволочной структуры, проверку корпуса на герметичность, высоковольтные испытания, проверки на обрыв, короткое замыкание и др.

В 2005 году были продолжены работы по изготовлению системы идентификации детектора СНД на основе аэрогеля высокой плотности. В начале года было изготовлено необходимое количество предусилителей, разработаны и изготовлены компактные делители высокого напряжения, разработана схема компоновки электроники в корпусе системы. Были изготовлены все детали корпуса системы и собран первый полноразмерный сегмент системы. Система состоит из трех одинаковых сегментов, в каждом из которых находится по 3 независимых счетчика. Для проведения тестирования, один из счетчиков был заполнен аэрогелем с показателем преломления $n = 1.13$. Измерения проводились на космических мюонах с импульсом $p > 1$ ГэВ/с, что позволило отобрать мюоны с величиной черенковского излучения более 95% от максимальной. В ходе тестов была измерена величина сигнала со счетчика и неоднородность светосбора, для чего снимались спектры в 5 различных точках счетчика. Средняя величина сигнала во всех измеренных точках превышает 10 фотоэлектронов. На рис. 1 приведен один из полученных спектров.

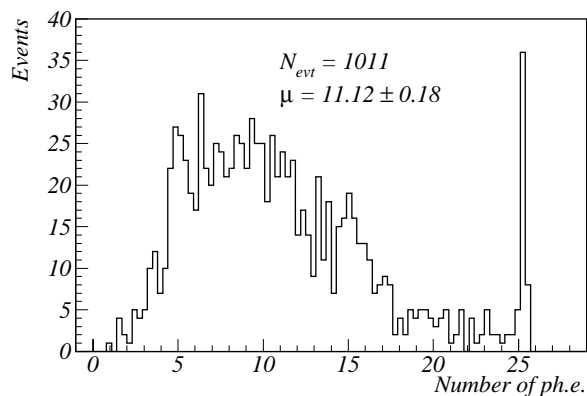


Рис. 1: Распределение сигналов с черенковского счетчика детектора СНД по числу фотоэлектронов от космических мюонов с импульсом $p > 1$ ГэВ/с.

Для контроля стабильности параметров счетчика через 8 месяцев были проведе-

ны повторные измерения величины сигнала. За это время величина сигнала упала в среднем примерно на 20%, что может быть связано с присутствием влаги в аэрогеле. Для уменьшения эффекта деградации параметров системы, связанного с присутствием влаги, принято решение использовать систему прокачки чистого аргона, что позволит предотвратить проникновение влажного воздуха внутрь системы. В конце года были разработаны и сданы в производство новые детали корпуса, в которых учтен накопленный опыт и устранены замеченные конструктивные недостатки.

В этом году завершено изготовление модулей газовых пропорциональных счетчиков для наружной системы СНД. Проведена проверка герметичности и силы натяжения проволочек. Изготовлена система для смешивания компонент газовой смеси в потоке. Начато тестирование сцинтилляционных счетчиков наружной системы.

Проведено измерение временного разрешения сцинтилляционного счетчика третьего слоя калориметра СНД с вакуумным фототриодом на космических частицах с использованием флэш-АЦП, разработанного в лаб.6. Достигнуто разрешение около 2 нс при энерговыделении в счетчике 50 МэВ.

В 2005 году произведены платы Т2А и ПА24 для оцифровки информации с дрейфовой камеры для будущих экспериментов с СНД2000. Закончена разработка и произведена опытная партия процессоров ввода-вывода (ПВВ), используемых для считывания информации из электроники в стандарте КЛЮКВА.

В этом же году была продолжена разработка программного обеспечения (ПО) системы сбора данных для нового эксперимента:

- Закончено создание интерфейса к информационным модулям в формате КЛЮКВА, работающего по протоколу Ethernet. Получена и протестирована пилотная партия (5 штук). Получены также интерфейс (PCI) к управляющим модулям САМАС и новые АЦП для калориметра (А24).
- Реализована инфраструктура подключения процедур третичного триггера, процедур калибровки и контроля детектора по событиям. Реализован веб-интерфейс для динамического отображения статистики срабатываний подсистем детектора в виде диаграмм и графиков.
- Создана база данных калибровок. Реализовано разграничение полномочий к базам данных детектора, основанное на механизме ролей. База данных конфигурации пополнилась более реалистичным описанием каналов детектора, создана схема данных для конфигурации первичного триггера.
- Программное обеспечение модернизировано с учетом новой аппаратуры (интерфейсы КЛЮКВА, САМАС). Это, в частности, потребовало дополнительной разработки нетривиального синхронного построителя событий.
- Программное обеспечение системы сбора данных протестировано на тестовой конфигурации (модули оцифровки сигнала калориметра, шумовой сигнал, триггер от генератора). Получена проектная производительность 1кГц событий.

Испытания электроники и нового программного обеспечения были проведены в эксперименте с калориметром на космических частицах: подготовлены к работе и установлены в кейсы платы электроники калориметра и триггерной электроники, связанной с калориметром: формирователи, амплитудно-цифровые преобразователи, процессоры ввода вывода, интерфейсы первичного триггера, сумматоры энерговыделений в башнях калориметра. С помощью нового программного обеспечения системы

сбора данных СНД были считаны и записаны события, связанные с прохождением космических мюонов через калориметр.

В течение 2005 г. для программного обеспечения СНД, определяющего режим обработки "off-line", были проведены следующие работы:

- Разработана следующая версия системы сборки ПО (более гибкая и производительная);
- Уделено внимание повторяемости результатов обработки, в частности, пересмотрены процедуры записи/чтения объектов в экспериментальные файлы, решено отказаться от использования компиляции кода с оптимизацией в обработке;
- Налажено взаимодействие с ПО "on-line" СНД, что позволило провести тестовый заход на космических событиях;
- Завершено описание геометрии калориметра и мюонной системы в моделировании с использованием Geant4;
- Разработан (пока не реализован) алгоритм генерации кластеров ионизации для расширения программы Geant4;
- Продолжена работа по реконструкции трековой системы.

2. Обработка данных с ВЭПП-2М.

Завершена обработка процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$. Измерено сечение этого процесса в области энергий \sqrt{s} от 390 до 980 МэВ. Точность измерения составила 1.3 % для $\sqrt{s} \geq 420$ МэВ и 3.2 % при $\sqrt{s} < 420$ МэВ. В рамках Модели векторной доминантности проведен анализ энергетической зависимости измеренного сечения. Определены параметры ρ -мезона:

$$\begin{aligned} m_\rho &= (774.9 \pm 0.4 \pm 0.5) \text{ МэВ}, \\ \Gamma_\rho &= (146.5 \pm 0.8 \pm 1.5) \text{ МэВ}, \\ \sigma(\rho \rightarrow \pi^+\pi^-) &= (1220 \pm 7 \pm 16) \text{ нб}. \end{aligned} \tag{1.1}$$

С высокой точностью измерено сечение запрещенного по G -четности распада $\sigma(\omega \rightarrow \pi^+\pi^-) = (29.9 \pm 1.4 \pm 1.0)$ нб, что соответствует относительной вероятности распада $B(\omega \rightarrow \pi^+\pi^-) = (1.75 \pm 0.11)\%$. Определена относительная фаза между ρ и ω мезонами $\phi_{\rho\omega} = (113.5 \pm 1.3 \pm 1.7)$ град, что противоречит величине 101° , ожидаемой из $\rho - \omega$ смешивания. Измеренное сечение согласуется в пределах совместной систематической ошибки измерений 1.6 % с сечением, вычисленным в рамках Модели сохранения векторного тока, используя спектральную функцию в распаде τ лептона.

Используя измеренное сечение, был рассчитан вклад в аномальный магнитный момент мюона $(g - 2)/2$ от $\pi^+\pi^-\gamma$ промежуточного состояния в поляризации вакуума: $a_\mu(\pi\pi, 390 \text{ МэВ} \leq \sqrt{s} \leq 970 \text{ МэВ}) = (488.7 \pm 2.6 \pm 6.6) \times 10^{-10}$. На рис.2 показано отношение $\sigma_{exp}/\sigma_{fit}$ сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$, измеренного в различных экспериментах, к значению аппроксимирующей экспериментальные данные кривой, полученной в работе СНД.

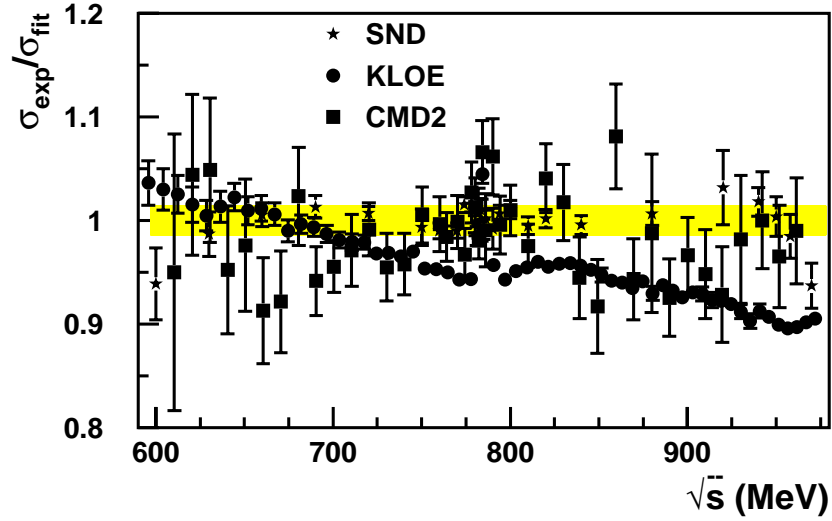


Рис. 2: Отношение $\sigma_{exp}/\sigma_{fit}$ сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$, измеренного в различных экспериментах, к значению подгоночной кривой, полученной в работе СНД. Заштрихованная область показывает систематическую ошибку измерения СНД. Показаны данные СНД и результаты КМД-2 и КЛОЕ.

3. Участие в международных проектах.

Завершен анализ данных по инклюзивным бесшармовым распадам В-мезонов. На основе экспериментальной статистики, соответствующей интегральной светимости около 90 обратных фемтобарн, получено значение матричного элемента $|V_{ub}|$ матрицы Кабиббо-Кобаяши-Маскавы с точностью около 10%, что является одним из наиболее точных измерений этого фундаментального параметра слабого взаимодействия.

С использованием метода ISR, основанного на регистрации событий с излучением жесткого фотона начальными частицами, было проведено измерение электромагнитного формфактора протона в области от порога до 4 ГэВ. Данное измерение в настоящее время является наиболее точным. На рис.3 приведены результаты измерения сечения процесса $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$.

В 2005 году продолжены работы по созданию системы пропорциональных камер для экспериментов по измерению вклада двух-фотонного обмена в упругое рассеяние электрона на протоне на ускорителе ВЭПП-3 в ИЯФ СО РАН. Изготовлен тестовый вариант пропорциональной камеры с проволочными катодами, измерены его счетная характеристика и временное разрешение. Ширина плато счетной характеристики при экспозиции изотопом Fe^{55} составила 200 вольт; временное разрешение, измеренное на космических частицах, составило 6 наносекунд (P.M.C.) при эффективности регистрации более 90 %. В 3-4 кварталах 2005 года изготовлены две пропорциональные камеры, предназначенные непосредственно для использования в эксперименте на ВЭПП-3, начата подготовка к их испытаниям.

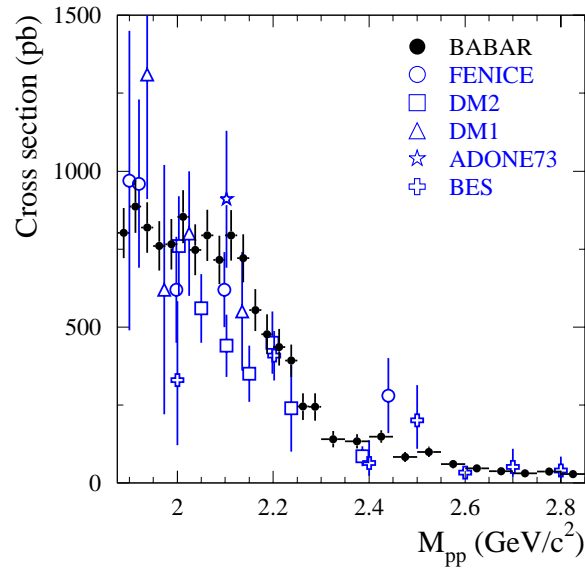


Рис. 3: Сечение процесса $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$ вблизи порога, измеренное в данной работе и e^+e^- экспериментах: FENICE, DM2, DM1, ADONE73, BES.

4. Развитие экспериментальной методики.

Совместно с лабораторией 3-12 в отчетном году завершено выполнение контракта на поставку расширенного комплекта детектора рентгеновского излучения ОДЗ в Курчатовский центр синхротронного излучения (КИСИ, г. Москва). Заказчиком работ выступил Институт теоретической и экспериментальной биологии (г. Пущино Московская обл.), детектор будет использоваться для изучения биологических механизмов сокращения мышц и широкого спектра других биохимических исследований. В 2005 году заключен контракт с Институтом кристаллографии РАН на поставку детектора ОДЗ с асимметричным катодом для работы на пучке СИ в КИСИ. Детектор изготовлен в полном объеме, протестирован и паспортизован. Срок поставки в Москву – 1-й квартал 2006 г.

1.3 Детектор КЕДР

Детектор КЕДР – это универсальный магнитный детектор, ведущий эксперименты на e^-e^+ -коллайдере ВЭПП-4М в области энергий от 3 до 11 ГэВ в системе центра масс. Детектор КЕДР состоит из следующих основных систем (рис. 1): вершинный детектор, дрейфовая камера, аэрогелевые черенковские счетчики, времяпролетные сцинтилляционные счетчики, электромагнитный калориметр на основе жидкого криптона в барели, торцевой электромагнитный калориметр на основе кристаллов CsI, сверхпроводящая магнитная катушка, мюонная система, система регистрации рассеянных электронов и монитор светимости.

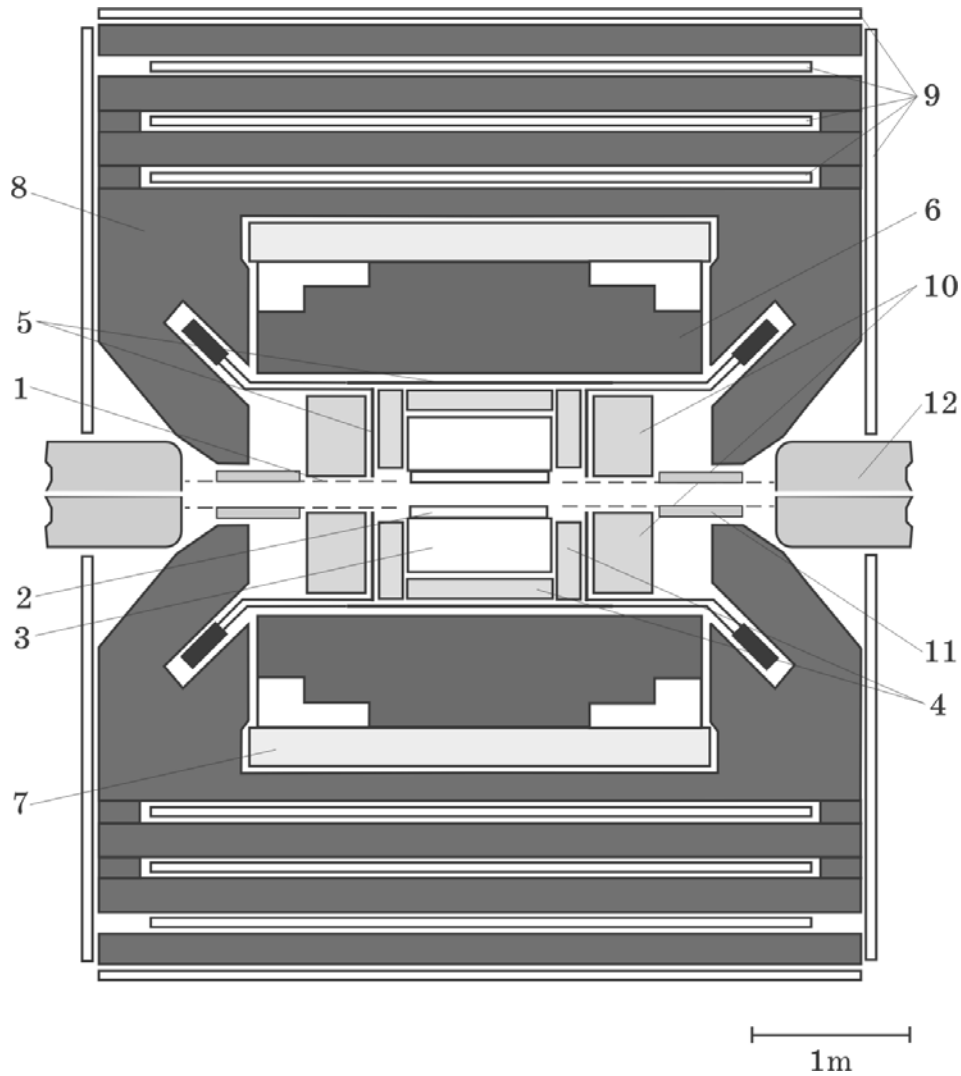


Рис. 1: Детектор КЕДР. 1 - вакуумная труба ускорителя, 2 - вершинный детектор, 3 - дрейфовая камера, 4 - аэрогелевые пороговые счетчики, 5 - времяпролетные счетчики, 6 - барельный жидкокриптоновый калориметр, 7 - сверхпроводящая катушка, 8 - ярмо, 9 - мюонные камеры, 10 - торцевой CsI калориметр, 11 - компенсирующая катушка, 12 - квадруполь.

Вершинный детектор. Вершинная камера детектора КЕДР (или вершинный детектор, ВД) расположена между дрейфовой камерой и вакуумной трубой накопителя и увеличивает перекрываемый координатной системой телесный угол до 98%. ВД состоит из 312 цилиндрических дрейфовых трубок длиной 670 мм и диаметром 10 мм, установленных в 6 концентрических слоях вокруг вакуумной камеры. Дрейфовая трубка представляет собой цилиндрический катод из однослойного алюминизированного лавсана толщиной 20 мкм, заполненный газовой смесью, и центральную проволочку — анод. Трубки работают в режиме пропорционального усиления и позволяют измерять расстояние трека заряженной частицы до центра трубки по времени дрейфа ионизации к аноду. Особенностью такой конструкции камеры является малое количество вещества на пути частицы (около 0.2% радиационной длины). Амплитуда аналогового сигнала и координата вдоль проволочки в используемой схеме не измеряется.

В качестве рабочей газовой смеси для ВД в настоящее время используется аргон с добавлением 30% углекислоты под избыточным давлением около 0.1 атм. Для снабжения ВД газом используется газовая система со смешиванием компонент в потоке.

При работе в составе детектора информация с ВД обрабатывается совместно с данными дрейфовой камеры для восстановления треков заряженных частиц. Кроме того, срабатывание трубочек ВД используется для формирования решения вторичного триггера, что позволяет уменьшить вклад фоновых событий в потоке данных с детектора.

Пространственное разрешение, полученное в дрейфовой трубке на прототипе ВД со смесью аргона и углекислоты составляет около 100 мкм. При работе с космическими треками на ВД было получено разрешение около 170 мкм. Дальнейшее улучшение разрешения возможно при увеличении газового усиления в дрейфовых трубках (которое на настоящий момент составляет около 10^5). Однако, это ограничивается ростом ложных срабатываний, вызванных наводками между каналами электроники. В настоящее время разработан проект модернизации предварительных усилителей с целью подавления наводок.

Дрейфовая камера. Дрейфовая камера детектора КЕДР имеет цилиндрическую форму, ее длина равна 1100 мм, внутренний радиус — 125 мм, внешний радиус — 535 мм. В дрейфовой камере детектора используется ячейка джетового типа с шестью анодными проволочками. Расстояние дрейфа около 30 мм. В качестве рабочего газа используется чистый диметиловый эфир (ДМЭ). Использование ДМЭ в ячейке нашего типа с большой длиной дрейфа, в которой координатное разрешение ограничено диффузией, позволило получать среднее по ячейке пространственное разрешение лучше 100 мкм.

Камера содержит около 32000 проволочек из них 1512 анодных. Длина проволочек 970 мм. Проволочки образуют семь суперслоев ячеек — четыре аксиальных с проволочками параллельными оси пучков и три стерео с углом наклона проволочек с осью камеры ± 100 мрад для измерения координаты вдоль проволочки. Всего производится 42 измерения координаты и ионизационных потерь для частицы, пересекающей всю камеру. Телесный угол для частиц, проходящих через три суперслоя, составляет 87% и уменьшается до 70% при пересечении всех семи суперслоев.

Проектное импульсное разрешение при измерении только по ДК при напряженности магнитного поля 1 Тл, 42 измерениях координаты с точностью 100 мкм и измерительной базе 370 мм равно:

$$(dPt/Pt)^2 = (0.004)^2 + (0.01 \times P)^2,$$

где Pt — поперечный импульс частицы в ГэВ/с. При установленном в этом сезоне магнитном поле 0.65 Тл и отключенном из-за короток седьмом суперслое, что существенно уменьшило измерительную базу, достигнуто разрешение

$$(dPt/Pt)^2 = (0.034 \times P)^2.$$

При 42 измерениях ионизационных потерь проектное разрешение по dE/dx составляет 10.3%, что обеспечивает π/K разделение до 600 МэВ/с и K/p разделение до 1200 МэВ/с на уровне 2 сигма.

В 2005 все системы работали в штатном режиме, за время эксперимента не появилось новых нерабочих каналов электроники. Газовая система работала в режиме стабилизации давления. Во время эксперимента все параметры ДК контролируются, записываются в базу данных и используются при обработке статистики. Произошел

один обрыв проволоочки во втором суперслое (отключено 2/3 слоя), образовался проводящий мусор в 5 суперслое (отключен весь слой).

Существует программа реконструкции событий в ДК. Среднее пространственное разрешение составило 115 мкм в аксиальных слоях и 210 мкм в стерео слоях. Нестабильность чистоты ДМЭ, синтезируемого институтом катализа РАН, периодически приводит к проблемам при эксплуатации ДК. Ведутся совместные работы по доводке технологии синтеза и очистки ДМЭ.

Продолжается работа по совершенствованию программного обеспечения ДК. Написано моделирование, учитывающее состояние параметров ДК в течение заходов, данные моделирования и эксперимента согласуются. Продолжается работа по идентификации частиц по ионизационным потерям.

Ведутся работы по изготовлению новой ДК - начато производство прототипа, идет производство элементов ДК в цехе.

Аэрогелевые черенковские счетчики. Пороговые черенковские счетчики детектора КЕДР используют аэрогель с показателем преломления 1.05 в качестве радиатора излучения. Сбор черенковского света происходит на пластины с переизлучателями спектра, где переизлученный свет захватывается в угол полного внутреннего отражения и транспортируется до фотоумножителя. Для регистрации света используются ФЭУ с микроканальными пластинами. Система состоит из 160 счетчиков, расположенных в двух слоях. Счетчики первого и второго слоя ориентированы таким образом, чтобы при пролете частицы через шифтер в одном из слоев в другом она пролетала только через аэрогель. Большинство частиц пролетает через аэрогель в обоих слоях, в этом случае качество идентификации частиц будет лучше.

Система аэрогелевых счетчиков позволяет разделять π и К мезоны в диапазоне импульсов от 600 до 1500 МэВ/с. В 2003 году в детектор был установлен один слой системы. С 2004 года система участвует в наборе статистики детектора КЕДР.

За 2005 год была отлажена процедура калибровки амплитуды одного фотоэлектрона в счетчиках. Параметры калибровок записываются в базу данных. Написана и работает программа медленного контроля счетчиков по экспериментальным данным. Измерена амплитуда сигналов в счетчиках от космических частиц и от событий электрон-позитронного рассеяния. Амплитуда сигнала в счетчиках уменьшилась в 2-3 раза по сравнению с первоначальной. Основной причиной падения является нарушение оптического контакта вследствие подвижек ФЭУ в магнитном поле. В настоящее время неисправны 15 счетчиков.

В течении 2005 года была закончена резка аэрогеля для счетчиков второго слоя системы, была разработана конструкция крепления ФЭУ в корпусе детектора, исключая движение ФЭУ в магнитном поле. Ведутся работы по калибровке допороговой эффективности счетчиков и по созданию программного пакета реконструкции и идентификации частиц в составе общей реконструкции детектора.

Времяпролетные сцинтилляционные счетчики. Времяпролетная система детектора КЕДР состоит из 32 продольных счетчиков и 64 торцевых, покрывая 95% от полного телесного угла. Каждый из продольных счетчиков просматривается двумя фотоумножителями (ФЭУ), что обеспечивает высокую эффективность регистрации: более 99% для заряженных частиц. Проведенные в полном объеме калибровки параметров системы позволили реконструировать время пролета для частиц с точностью близкой к проектной. Так, для продольных счетчиков среднее разрешение по времени пролета составляет 350 пкс, для торцевых — 320 пкс. Такое временное разрешение соответствует разделению π /К до импульсов 680 МэВ/с.

В рамках общей реконструкции событий был написан пакет прикладных про-

грамм для идентификации частиц по времени пролета. С помощью этого пакета были получены первые результаты по инклюзивному выходу адронов, выделение которых без использования информации с времяпролетной системы невозможно.

Барельный электромагнитный калориметр на основе жидкого криптона. LKг калориметр представляет собой набор цилиндрических ионизационных камер с жидким криптоном в качестве рабочего вещества. Внутренний радиус калориметра 75 см, толщина 68 см или 14.8 радиационных длин. Масса жидкого криптона равна 27 тоннам. Электроды ионизационных камер изготовлены из фольгированного стеклотекстолита толщиной 0.5 мм. Зазор анод-катод в камерах равен 19.5 мм, рабочее напряжение — 1 кВ. Высоковольтные электроды ионизационных камер калориметра разбиты на прямоугольники, соединенные между собой по радиусу так, что образуют ячейки ("башни") калориметра, ориентированные на место встречи. По радиусу калориметр имеет три слоя таких ячеек. Заземленные электроды первого слоя разбиты на полоски для измерения координат. Общее число каналов регистрирующей электроники калориметра равно 7240, из них 2304 канала предназначены для измерения энергии и 4936 — для измерения координат.

С начала 2004 года калориметр заполнен жидким криптоном и, в составе детектора КЕДР, участвует в физических экспериментах на ускорителе. На экспериментальных событиях были измерены некоторые физические параметры калориметра. Энергетическое разрешение для больших энергий было получено на событиях электрон-позитронного рассеяния и составило 3.0 ± 0.1 %. Ожидаемое разрешение для этих энергий — 2.3 %. В спектре инвариантных масс для двух фотонов четко виден пик от распадов нейтрального π -мезона. Измеренное разрешение калориметра по инвариантной массе π^0 -мезона равно 9.5 ± 0.5 МэВ (в моделировании — 8.5 МэВ). На космических событиях получено пространственное разрешение для минимально ионизирующих частиц, которое составило (0.7 - 0.8) мрад, что хорошо согласуется с ожидаемым разрешением.

В 2005 году в реконструкцию событий в LKг калориметре была добавлена реконструкция в торцевом калориметре. Таким образом, реконструкция в обоих калориметрах сейчас происходит единообразно в рамках одной процедуры. Оформлен соответствующий пакет программ для использования в общей процедуре реконструкции детектора. С помощью координатной системы LKг калориметра на записанных космических событиях определено его реальное положение относительно дрейфовой камеры детектора, а так же положение модулей торцевого калориметра относительно LKг калориметра. Реализован альтернативный алгоритм космической калибровки каналов торцевого калориметра с использованием координатной информации из LKг калориметра. Написана предварительная процедура e/π разделения по информации из дрейфовой камеры и калориметров.

Торцевой электромагнитный калориметр на основе кристаллов CsI. Торцевой калориметр детектора КЕДР изготовлен на основе кристаллов CsI(Na). Толщина калориметра составляет 300 мм или 16.2 радиационных длин. Он охватывает область полярного угла от 6° до 38° , что соответствует $0.21 \times 4\pi$ телесного угла. Калориметр включает 1232 кристалла, из них 1184 кристалла имеют размеры $60 \times 60 \times 150$ мм³, и 48 кристаллов имеют размеры $60 \times 60 \times 300$ мм³. Сцинтилляционный свет регистрируется при помощи вакуумных фототриодов, снабженных зарядо-чувствительными предусилителями. Сигнал с предусилителей поступает на усилители-формирователи Ф15, а затем, оцифровывается при помощи АЦП А32.

Для контроля работы калориметра ежедневно проводилось измерение пьедесталов АЦП и калибровка электроники при помощи тестового генератора. Также, два

раза в неделю проводился набор статистики на космических частицах. Нестабильность пьедесталов между калибровками составляла около 0.5 канала АЦП. Стабильность электроники калориметра для большинства каналов была не хуже 1%. В то же время имеется заметное число каналов ($\simeq 64$), параметры которых значительно хуже проектных. Такое поведение объясняется нестабильной работой фототриодов в магнитном поле.

Полные шумы электронного тракта калориметра на уровне 400 кэВ. В общей сложности в 2005 году вышло из строя 83 канала (6.7% от общего числа каналов). Основная причина поломки — выход из строя фототриодов при работе в магнитном поле.

Мюонная система.

Система состоит из 88 блоков стриммерных трубок, объединенных в три слоя и расположенных внутри магнитного ярма детектора. Полное число каналов 544.

В настоящий момент в системе неисправны 9 каналов, распределенных по 8 блокам, и 21 канал в 3 блоках. Два малых блока не работают полностью. Эти неисправности планируется устранить при следующей частичной разборке системы.

Полученное координатное разрешение по продольной координате в среднем по системе составляет около 4 см. Это разрешение не превышает погрешности, вносимой многократным рассеянием в веществе детектора для мюона, выходящего из места встречи с энергией 1.5 ГэВ. Эффективность регистрации слоя системы в среднем по системе составляет около 95%, что позволяет надежно регистрировать и идентифицировать частицы, выходящие из места встречи, по пробегу.

Для стабилизации соотношения компонентов газовой смеси управление потоками газов было автоматизировано с помощью блока управления контроллерами потоков, закончена доработка соответствующего программного обеспечения, его надежность не вызывает нареканий. Из-за недостаточной надежности камерной электроники была начата разработка нового варианта усилителей-формирователей и экспандеров на современной элементной базе. В настоящий момент ведется обработка записанных экспериментальных данных для отработки методики идентификации заряженных частиц по пробегу и получения, с её помощью, физических результатов.

Мюонная система принимает участие в наборе статистики в составе детектора КЕДР во всех экспериментах. Регулярная проверка состояния системы проводится с помощью калибровок по генератору и космическим событиям, мониторинг системы осуществляется по набранным в эксперименте данным.

Система рассеянных электронов. Система Регистрации Рассеянных Электронов (СРРЭ) предназначена для изучения процессов $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma \rightarrow e^+e^-X$. Измерение энергии рассеянных частиц e^+ и e^- позволяет восстановить параметры рожденной системы X . Энергию рассеянных частиц можно определить, измеряя их отклонение от оси основного пучка в поперечных полях магнитной структуры коллайдера ВЭПП-4М.

СРРЭ детектора КЕДР состоит из двух комплектов по четыре блока регистрации, расположенных по обе стороны от места встречи на расстоянии от 4 до 16 метров. Каждый блок содержит шесть двойных плоскостей из дрейфовых трубок диаметром 6 мм, которые используются для регистрации рассеянных электронов и позитронов.

СРРЭ позволяет определять энергию квази-реального фотона с точностью (0.2–0.5)% в интервале 50–1000 МэВ и инвариантную массу рожденной системы с точностью 5–10 МэВ при энергии 1 ГэВ. Разрешение по энергии определяется, в основном, угловым и энергетическим разбросом в пучке. Вклад от координатного разрешения трубок не является определяющим при пространственном разрешении лучше 0.5 мм.

В течении 2005 года было сделано:

Шесть блоков из восьми укомплектованы новой камерной электроникой. Полный комплект будет готов к лету 2006 года. Количество неработающих каналов составляет 5-7%, большей частью в старых усилителях. Все Т-платы для электроники в стандарте КЛЮКВА заменены новыми. Было сделано две итерации в схеме Т-плат для улучшения параметров. Надежность плат заметно возросла. За полгода эксплуатации только две платы из ста потребовали небольшого ремонта. Проведена настройка напряжений на трубочках и порогов электроники для выбора оптимальной рабочей точки. Координатное разрешение трубочек составляет 0.3–0.4 мм. Собрана схема запуска от рассеянных электронов для первичного и вторичного триггеров детектора КЕДР. Это позволит существенно поднять эффективность для процессов $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0$ и $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-$. Написана программа реконструкции треков и калибровки $r(t)$ для всей системы. Проводится совместная обработка данных СРРЭ и монитора светимости. Использование информации из СРРЭ помогает проводить калибровку монитора светимости.

Монитор светимости. Оперативное измерение светимости на детекторе КЕДР производится системой LM (Luminosity Monitor) по частоте Однократного Тормозного Излучения (ОТИ) ($ee \rightarrow e^+e^-\gamma$). Фотоны ОТИ от электронного и позитронного пучков с энергией больше 300 МэВ регистрируются при помощи двух сэндвичей (свинец-сцинтиллятор, $18X_0$). Каждый сэндвич состоит из 4 блоков, которые просматриваются 16 ФЭУ. Всего система имеет 40 амплитудных каналов. Для измерения положения пучка в месте встречи используются две двухкоординатные индукционные камеры, расположенные перед сэндвичами. Фотоны ОТИ конвертируют в свинце толщиной 2 мм, а электроны и позитроны регистрируются камерой.

Проектное разрешение сэндвичей около 4% на энергии 1 ГэВ. Достигнутое разрешение 6–7%. Однако при работе в области Ψ -резонансов данный факт слабо влияет на физические результаты. Относительная точность измерения светимости 3–4%, абсолютная точность около 5%.

Регулярные измерения и коррекции орбиты обеспечивают стабильность измерения светимости с уходами меньше 5%. Начата совместная обработка информации LM и системы регистрации рассеянных электронов для улучшения калибровки сэндвичей. Мониторы светимости мешали измерению энергии ВЭППа по комптоновскому рассеянию. Для измерения приходилось прерывать набор светимости и отодвигать сэндвич. Была найдена схема одновременной работы обеих систем. Сейчас энергия ВЭППа измеряется постоянно – 1 измерение в течении 20 минут с точностью 50 кэВ.

Триггер. Целью триггера является on-line отбор событий, интересных для физики, при приемлемой загрузке от событий фона. Триггер детектора КЕДР состоит из двух уровней, первичного триггера (ПТ) и вторичного триггера (ВТ). Для ПТ используется информация от сцинтилляционных счетчиков и барельного и торцевого калориметров. Для ВТ в дополнение к этим системам используются сигналы с дрейфовой камеры, вершинного детектора и мюонной системы, а также с системы регистрации рассеянных электронов. По сигналам от систем вырабатываются логические "аргументы" триггера. Условия на ПТ и ВТ представляют собой логическую сумму логических произведений этих аргументов. ПТ вырабатывает решение за время 450 нс, ВТ – за время 18 мкс.

Условия отбора триггера нацелены на запуск от двух заряженных частиц с $P_{\perp} > 50$ МэВ и от двух или трех нейтральных частиц с условием, что у одной из них энергия больше 500 МэВ. При этом впервые в 2005 году стали запускаться от нейтральных частиц в барельном калориметре независимо от наличия частиц в тор-

цевом калориметре.

Основной фон в детекторе обусловлен попаданием частиц из гало пучка в узкую часть вакуумной камеры внутри детектора. Характерные загрузки в первой половине 2005 года составляли 2-7 кГц и 50-80 Гц для ПТ и ВТ соответственно, во второй половине года загрузки были несколько больше (изменили условие на триггер для увеличения эффективности регистрации).

В 2005 году добавлен триггер от системы регистрации рассеянных электронов — для изучения двухфотонных процессов. Это позволило ослабить условие на запуск от двух заряженных частиц при наличии одного рассеянного электрона, и также запускаться от одного фотона и одного рассеянного электрона. Реализована запись да-нет информации о срабатывании тех блоков LKr и CsI калориметров, которые используются для выработки аргументов триггера. Эта информация поможет при проверке работы триггера от калориметра. В ПТ появился специальный аргумент для тестирования монитора светимости.

Система криогенного обеспечения детектора КЕДР.

В 2005 году криогенная система детектора КЕДР работала в полном объёме, обеспечивая функциональность криогенных компонент детектора КЕДР в экспериментах на накопителе ВЭПП-4М. Её основные элементы — жидкокриптоновый калориметр и сверхпроводящие соленоиды.

Центральный электромагнитный калориметр заполнен 27 тоннами жидкого криптона и термостатируется на уровне 119–120 К постоянно в течение более двух лет. В качестве хладагента используется жидкий азот, периодически прокачиваемый через трубку теплообменника, встроенного в корпус криостата калориметра.

Хранение и выдача жидкого азота осуществляется при помощи двух резервуаров суммарной вместимостью свыше 100 тонн. Один из них используется дополнительно в качестве газификатора для обдува теплым азотом дрейфовой камеры детектора, что существенно улучшает её физические параметры.

Основанная на жидком гелии сверхпроводящая магнитная система состоит из центрального основного и двух компенсирующих соленоидов. В основном соленоиде получено магнитное поле 0.65 Тл. Неудача в изготовлении сверхпроводника с высоким критическим током для источника питания соленоида не позволила достичь проектного поля 1.83 Тл. Темп подъёма поля остался прежним: 0.086 Тл в сутки.

Охлаждаемые токовводы, рассчитанные на ток до 300 А, позволяют получить проектное поле 6,55 Тл в компенсирующих магнитах. В рабочем сезоне 2005 года поле в компенсирующих магнитах выставлялось на уровне 2,35 Тл.

Гелиевый рефрижератор обеспечивает расход жидкого гелия до 1100 литров в сутки в дроссельном режиме. За счёт включения поршневого детандера суточный расход жидкого гелия снижается до 600 литров. Проведённая в 2005 году модернизация вакуумной системы гелиепроводов и замена изношенных элементов детандера позволили добиться рекордно низкого потребления жидкого гелия - до 400 литров в сутки.

Основные результаты детектора КЕДР за 2005 год.

В 2005 детектор КЕДР производил набор статистики вблизи порога рождения τ -лептона, а также в области резонансов J/ψ , ψ' и $\psi(3770)$ (рис. 2).

Записанный интеграл светимости составил 3.6 пбн^{-1} , средняя "записываемая" светимость составила $0.63 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$. Распределение затрат времени и поломки по системам представлены на рисунках 3 и 4 соответственно.

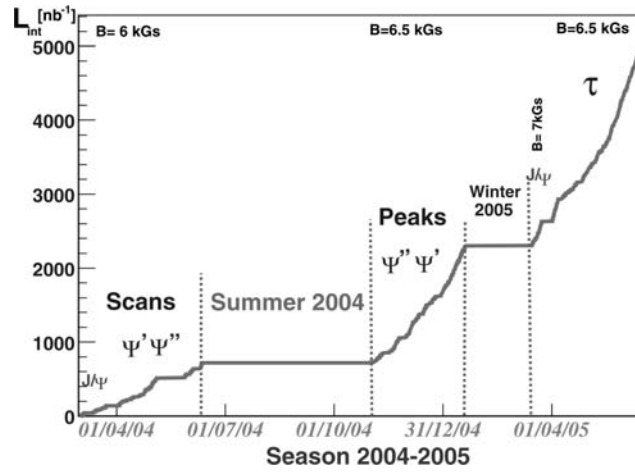


Рис. 2: Темп набора интеграла светимости.

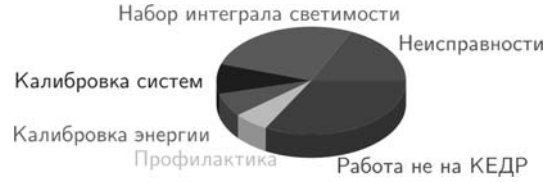


Рис. 3: Распределение по затратам времени

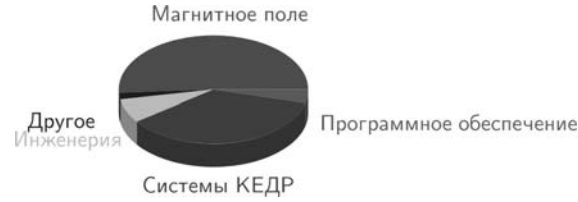


Рис. 4: Доля поломок по системам.

Основными целями эксперимента являлись точное измерение массы τ -лептона, уточнение массы D -мезонов, изучение распадов ψ' , в частности, измерение вероятности его распада на $\tau^+\tau^-$ -пару.

Точное измерение массы τ -лептона при известных значениях его времени жизни и вероятности распада на электрон, нейтрино и антинейтрино позволяет произвести проверку гипотезы лептонной универсальности, одного из основных постулатов теории электрослабого взаимодействия. К настоящему моменту масса τ -лептона была измерена с нужной точностью лишь в одном эксперименте [1], к которому имеется ряд вопросов [2].

Набор статистики в области J/ψ -мезона требовался для экспериментального определения энергетического разброса коллайдера ВЭПП-4М, существенного для измерения массы τ . Набранная статистка позволит также уточнить значение лептонной шириной J/ψ .

Предварительные результаты по сечению рождения τ -лептона вблизи порога представлены на рис. 5.

Были получены следующие предварительные значения массы τ и вероятности распада $\psi' \rightarrow \tau\tau$:

$$M_\tau = 1776.77_{-0.35}^{+0.45} \pm 0.10 \text{ MeV},$$

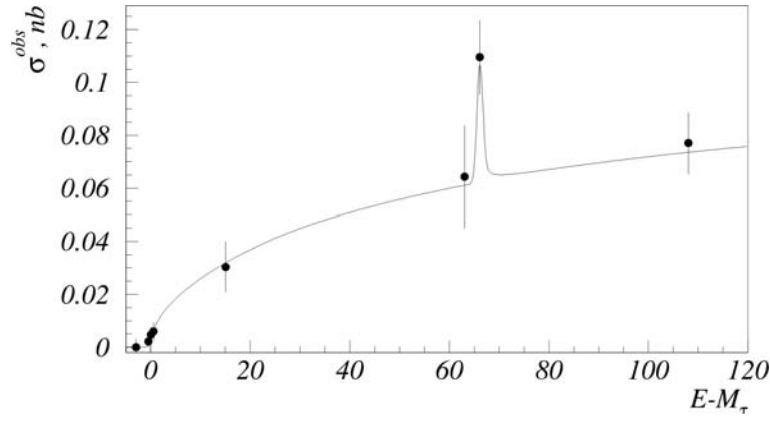


Рис. 5: Наблюдаемое сечение рождения τ -лептона вблизи порога (предварительные данные).

$$\begin{aligned}
 B(\psi' \rightarrow \tau\tau) &= (2.0 \pm 0.85) 10^{-3}, \\
 M_{\tau}^{PDG} &= 1776.99^{+0.29}_{-0.26} \text{ MeV}, \\
 B^{PDG}(\psi' \rightarrow \tau\tau) &= (2.8 \pm 0.7) 10^{-3}, \\
 M_{\tau}^{KEDR} - M_{\tau}^{PDG} &= -0.22^{+0.45}_{-0.35} \pm 0.10 \text{ MeV}.
 \end{aligned}$$

Планируемое увеличение эффективности выделения $\tau\tau$ -событий позволит на набранной статистике поднять точность измерения массы до среднемировой. Дальнейшее повышение точности потребует дополнительного набора статистики в 2006 году.

Продолжалась обработка данных набранных в 2004 году в области ψ' - и $\psi(3770)$ -резонансов (Рис. 6). На европейской конференции по физике высоких энергий в Лиссабоне были представлены предварительные результаты по массам ψ' и $\psi(3770)$ и по полной ширине $\psi(3770)$ [3].

$$M_{\psi(2S)} = 3686.117 \pm 0.012 \pm 0.015 \text{ МэВ}$$

$$M_{\psi(3770)} = 3773.5 \pm 0.9 \pm 0.6 \text{ МэВ}$$

$$\Gamma_{\psi(3770)} = 29.0 \pm 6.7 \pm 3.0 \text{ МэВ}$$

$$M_{\psi(2S)}^{PDG} = 3686.093 \pm 0.034 \text{ МэВ}$$

$$M_{\psi(3770)}^{PDG} = 3770.0 \pm 2.4 \text{ МэВ}$$

$$\Gamma_{\psi(3770)}^{PDG} = 23.6 \pm 2.7 \text{ МэВ}$$

Точность измерения массы ψ' повышена на 40% по сравнению с нашим предыдущим результатом [4]. Точность измерения массы $\psi(3770)$ вдвое превосходит точность текущего среднемирового значения. Окончательные результаты по массам этих резонансов, а так же результаты по лептонным ширинам J/ψ , ψ' и $\psi(3770)$ предполагается опубликовать в следующем году.

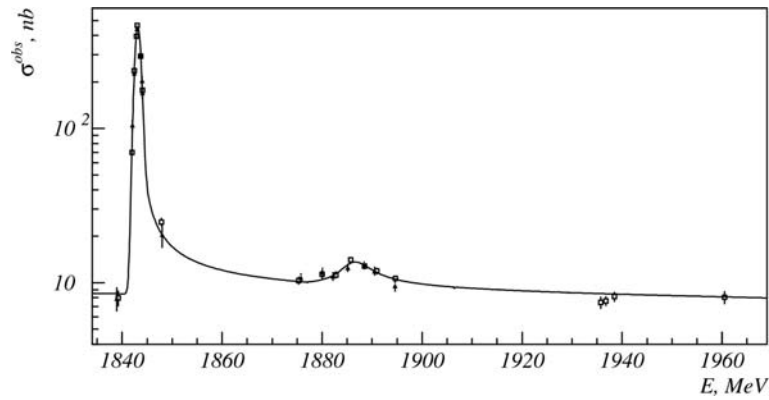


Рис. 6: Наблюдаемое сечение рождения ψ' - и $\psi(3770)$ -мезонов (предварительные данные).

Литература:

1. J. Z. Bai *et al.* [BES Collaboration], Phys. Rev. D **53** (1996) 20.
2. A. G. Shamov *et al.* [KEDR/VEPP-4M], Nucl. Phys B(Proc. Symp.) **144** (2005) 113.
3. V. V. Anashin *et al.* [KEDR/VEPP-4M], Proc. of International Europhysics Conference of High Energy Physics, Lisboa, Portugal, 2005 (to be published).
4. V. M. Aulchenko *et al.* [KEDR/VEPP-4M], Pysh. Lett. B **573** (2003) 63.

1.4 Детекторы для ФВЭ

По детектору СНД продолжались работы по производству и настройке электроники для различных систем. В том числе:

- изготовлено 80 шт. пиковых детекторов для информационных плат;
- изготовлено 6 плат интерфейса первичного триггера дрейфовой камеры (ИПТ ДК);
- завершается производство 20-ти процессоров ввода-вывода (ПВВ), 11 шт. уже готовы;
- изготовлены и настроены 60 информационных плат Т2А(М).

Продолжается изготовление электроники для системы регистрации рассеянных электронов (СРРЭ) детектора КЕДР.

В рамках программы развития электроники общего назначения разработаны и изготовлены ряд КАМАК блоков.

Проведены испытания в реальных условиях 32-х канального модуля формирования и оцифровки сигналов для калориметров детектора КМД-3, сделана коррекция принципиальной схемы и печатной платы модуля. Подготовлен заказ в РМ на производство опытной партии (6 шт.).

1.5 Рентгеновские детекторы

В 2005 г. продолжались интенсивные работы с однокоординатным детектором DIMEX на 256 каналов (DIMEX-256). Подобраны режимы работы детектора, обес-

печивающие стабильность параметров. С детектором проводились реальные эксперименты по изучению динамики взрывов.

Во втором экземпляре детектора на 384 канала (DIMEX-384), проведена замена чипов электроники. Детектор готовится для использования в реальных экспериментах вместо DIMEX-256, с которым планируется провести ряд методических работ.

В 2005 году продолжались работы над детектором ОД-4 для экспериментов по широко - угловому рассеянию на СИ. В ОД-4 вместо проволочной структуры, как, например, в ОД-3, используется многокаскадный газовый электронный умножитель (ГЭУ), что позволяет, наряду с высоким газовым усилением (более 10000), построить детектор в виде дуги с произвольной угловой апертурой.

В 2005 году были подготовлены чертежи корпуса детектора ОД-4 и сдан заказ на его изготовление в ЗАО "Научприбор" (г.Орел).

Разработан и изготовлен прототип электроники на 32 канала.

В 2005 году в Курчатовском центре синхротронного излучения (КЦСИ, г.Москва) был установлен и запущен детектор ОД-3 с элементами транспортного канала, изготовленный по договору с Институтом теоретической и экспериментальной биологии (г.Пуццино).

Аналогичный детектор с асимметричной камерой изготовлен по договору с Институтом кристаллографии (г. Москва). Монтаж детектора в КЦСИ планируется в марте 2006 года.

Начаты работы по модернизации детекторов серии ОД-3 с целью повышения их надежности и улучшения параметров.

1.6 Прочие работы:

В рамках международных проектов сотрудники сектора активно участвуют в работах по детектору BELLE (КЕК, Япония). В плане работ по модернизации детектора сотрудниками сектора разрабатываются прототипы новой электроники для баррельной части калориметра на кристаллах CsI(Tl), и торцевой - на кристаллах чистого CsI, части калориметра.

В течение 2005 года была проведена большая работа по подготовке материалов для производства электроники для баррельной части калориметра на предприятии в Японии.

Работа отражена в:[109]

1.7 Газовые микроструктурные детекторы

Развитие детекторов на основе каскадных Газовых Электронных Умножителей (ГЭУ) было продолжено в 2005 г. Работа проводилась в нескольких направлениях:

- I. Развитие криогенных лавинных детекторов на основе ГЭУ.
- II. Модернизация системы рассеянных электронов в эксперименте КЕДР.
- III. Участие в исследованиях по ТРС для International Linear Collider.

I. Основной целью проекта является развитие методов регистрации нейтрино и темной материи и медицинской визуализации с помощью разработки специальных

детекторов на основе газовых электронных умножителей (ГЭУ), работающих в плотных благородных газах при криогенных температурах в режиме лавинного усиления. Уникальным свойством каскадных ГЭУ является то, что они могут работать в плотных благородных газах с большими усилениями. Кроме того, большое число применений ГЭУ, рассмотренных выше, основано на уникальном свойстве работать в благородных газах при криогенных температурах в газовой и двухфазной моде. Криогенные лавинные детекторы на основе ГЭУ могут применяться для регистрации когерентного рассеяния нейтрино на ядрах с использованием двухфазных Ne и Ar, регистрации солнечных нейтрино с использованием двухфазных или сжатых Ne и Ne, регистрации темной материи с использованием двухфазных Ar и Xe, в позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ) с использованием двухфазного Xe и в цифровой радиографии с использованием двухфазных Ar и Kr.

В 2005 г. были продолжены работы с криостатом с тестовой камерой объемом 2 л для работы в температурном диапазоне 77-300К, в котором был смонтирован 3-х каскадный ГЭУ (Фаза 1). Параллельно в сотрудничестве с группой Колумбийского университета (Nevis лаборатория) были начаты работы на гелиевом криостате с тестовой камерой объемом 1 л для работы в температурном диапазоне 2-300К, в котором был смонтирован 3-х каскадный ГЭУ (Фаза 2).

Результаты, полученные к концу 2005 г., суммированы ниже:

Фаза 1:

Криогенные двухфазные Ar, Kr и Xe детекторы на основе ГЭУ для когерентного рассеяния нейтрино, ПЭТ и поиска темной материи. Для этой фазы была разработана специализированная криогенная (на жидком азоте) установка. Впервые была продемонстрирована успешная работа газового и двухфазного лавинного детектора на основе ГЭУ при криогенных температурах - в двухфазной моде в Ar, Kr и Xe и в газовой моде Ц в Ne, Ar, Kr и Xe. Наблюдалась стабильная работа в течении нескольких часов в двухфазном Ar лавинном детекторе на основе ГЭУ с усилениями, достигающими 10000, и в двухфазных Kr и Xe лавинных детекторах при умеренных усилениях, достигающих нескольких сотен.

Фаза 2:

Криогенные Ne и Ne детекторы на основе ГЭУ для регистрации солнечных нейтрино. Для этой фазы в Колумбийском университете (Nevis лаборатории) была разработана специализированная криогенная (на жидком гелии) установка. Впервые была продемонстрирована работа ГЭУ в газовых Ne и Ne при низких температурах, вплоть до 2 К в Ne и около 50 К в Ne. Работа ГЭУ в Пеннинговских смесях Ne+H₂ and Ne+H₂ обеспечила очень высокие усиления, свыше 10000, при криогенных температурах.

Закончено проектирование нового двухфазного детектора на основе ГЭУ объемом 10 л для работы с аргоном и ксеноном; начато изготовление его деталей. Исследования криогенных лавинных детекторов будут продолжены в 2006 г.

II. Система регистрации рассеянных электронов является существенной частью эксперимента КЕДР и позволяет регистрировать электроны, рассеянные из места встречи под малыми углами. Такие электроны являются характерным признаком фотон-фотонного взаимодействия, и их регистрация и точное измерение импульса представляется важной физической задачей. Существующая система регистрации рассеянных электронов на основе дрейфовых трубок обладает ограниченным пространственным разрешением, а также измеряет координату частиц только в одном направлении, что существенно сокращает возможность разделения полезного сигнала

ла от частиц фона. Для того чтобы получить предельное разрешение по импульсу рассеянных электронов, обусловленное параметрами пучка в ускорителе, а также улучшить разделение сигнала и фона, было предложено перед каждой из 8 станций системы поставить детектор на основе тройного ГЭУ с двух-координатным съемом. Детекторы позволят измерять координату в плоскости орбиты с разрешением ~ 0.1 мм. В направлении перпендикулярном плоскости орбиты пространственное разрешение составит ~ 0.25 мм в области ± 1 см от орбиты и 1 мм на большем расстоянии от плоскости орбиты. Для получения требуемых параметров была разработана специальная конструкция считывающей плоскости с переменным углом стерео-полосок. Размеры детекторов составляют от 125×100 мм до 250×100 мм в зависимости от типа станции.

В 2005 году были смонтированы детекторы в электронном плече системы. 4 детектора были полностью проверены с помощью радиоактивного источника и смонтированы на ВЭПП-4м. В настоящее время ведется запуск детекторов в реальных условиях.

III. В 2005 году продолжалось участие сотрудников группы микроструктурных детекторов в разработке ТРС для Международного Линейного Коллайдера (ILC). В настоящее время каскадный ГЭУ рассматривается в качестве наиболее вероятного кандидата в качестве торцевого регистрирующего детектора ТРС.

В работе участвовали сотрудники : лаб. 3: В. М. Аульченко, А. Е. Бондарь, А. Ф. Бузулуцков, А. А. Васильев, А. А. Гребенюк (лаб. 2), В. В. Жуланов, Д. В. Павлюченко, Р. Г. Снопков, Ю. А. Тихонов, Л. И. Шехтман.

Проделанная работа отражена в следующих публикациях: [80], [81], [288].

1.8 Участие в коллаборации BELLE.

В настоящее время одной из наиболее актуальных задач в физике элементарных частиц является исследование нарушения CP-симметрии в распадах B-мезонов. Для этой цели в национальной лаборатории по физике высоких энергий КЕК (Япония) был построен e^+e^- коллайдер (так называемая B-фабрика) КЕКВ. С 1999 года на этом коллайдере идут эксперименты с детектором BELLE, созданным коллективом физиков более 50 институтов из 10 стран. В этом году на установке КЕКВ была достигнута светимость $1.63 \times 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$, которая на сегодняшний день на установках такого типа является самой большой в мире.

Начиная с 1994 года Институт является членом коллаборации BELLE. Команда физиков ИЯФ внесла существенный вклад в разработку и создание электромагнитного калориметра. Калориметр в детекторе BELLE состоит из 8736 сцинтилляционных счетчиков CsI(Tl) длиной $16 X_0$ и позволяет регистрировать с высоким разрешением фотоны в диапазоне энергий от нескольких десятков МэВ до 10 ГэВ.

В настоящее время команда нашего Института участвует в эксплуатации калориметра. Основными задачами нашей команды являются калибровка калориметра и измерение светимости по скорости счета событий упругого e^+e^- рассеяния и двух-фотоной аннигиляции $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$, зарегистрированной торцевыми калориметрами.

В течение четырех с половиной лет детектор BELLE ведет набор экспериментальных событий. На конец 2005 г. года был записан интеграл светимости около 500 фбн^{-1} . Вместе с другими участниками коллаборации команда нашего Института участвует в анализе экспериментальных данных.

Одной из основных задач эксперимента является измерение параметров CP-нарушения, к которым относятся углы треугольника унитарности (ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3) . Наиболее простым как с экспериментальной так и с теоретической точки зрения является измерение угла ϕ_1 , который в стандартной модели выражается через элементы матрицы Кобаяши-Маскава $\phi_1 = \text{Arg}\left(\frac{V_{cd}V_{cb}^*}{V_{td}V_{tb}^*}\right)$. Угол измеряется по временной асимметрии распадов $B\bar{B}$ -мезонов, возникающей благодаря их интерференции при распаде в конечное состояние, имеющее определенную CP четность:

$$\mathcal{A}(t) = \frac{N_{\bar{B}}(t) - N_B(t)}{N_{\bar{B}}(t) + N_B(t)} = S \sin(\Delta m_d t) + A \cos(\Delta m_d t),$$

где коэффициенты A и S зависят от углов ϕ_i . Для распада B в чармоний $(J/\psi, \psi', \eta_c)$ и нейтральный каон K_S, K_L величина S выражается через угол ϕ_1 и четность конечного состояния f_{CP} : $S = \sin(2\phi_1)f_{CP}$. По интегралу светимости около 140 фбн^{-1} летом 2003 года была получена, а после нового анализа в 2004 году улучшена точность величины $\sin 2\phi_1$: $\sin 2\phi_1 = 0.728 \pm 0.056(\text{stat.}) \pm 0.023(\text{syst.})$.

Продолжался анализ данных по предложенному физиками команды ИЯФ методу определения угла ϕ_3 в распадах $B^+ \rightarrow D(\bar{D})K^+$. Идея метода состоит в следующем. При регистрации D -мезона в моде, являющейся общей для D и \bar{D} в распаде B^+ мезона наблюдается рождение комбинации $D + ae^{i\phi}\bar{D}$, фаза смешивания ϕ зависит от угла ϕ_3 . Эта фаза извлекается из анализа Далиц-распределения трехчастичных мод распада D .

Участниками коллаборации из ИЯФ были проведены работы по изучению новых каналов распадов. Так, например, впервые был наблюден распад B -мезона в пару Λ_c, Λ_c гиперонов, и K -мезон и измерены соответствующие вероятности: $Br(\bar{B}^+ \rightarrow \Lambda_c \Lambda_c K^+) = (6.5 \pm 1.0 \pm 1.1 \pm 3.4)10^{-4}$, $Br(\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c \Lambda_c K^0) = (7.9_{-2.3}^{+2.9} \pm 1.2 \pm 4.2)10^{-4}$.

Кроме задач непосредственно связанных с измерением нарушения CP четности, команда нашего института активно участвует в анализе трех- и четырехчастичных распадов B -мезонов, а так же процессов с рождением очарованных частиц.

За счет увеличения статистики были улучшены точности в измерениях распадов B -мезонов в состояние содержащие \bar{D} и возбужденные состояния очарованного странного мезона $D_{sJ}(2317), D_{sJ}(2457)$. $D_{sJ}(2317)$ регистрировался по его распаду в $D_s\pi^0$, а $D_{sJ}(2457)$ по распадам $D_s^*\pi^0$ и $D_s\gamma$.

Высокая светимость установки позволяет изучать радиационное рождение адронов и распады τ . Команда нашего института активно участвует в этих работах.

По данным перечисленных работ сделаны доклады на конференциях и опубликованы статьи.

В настоящее время эксперимент BELLE вышел на стадию получения очень интересных и важных физических результатов. В течение последующих лет этот эксперимент будет обеспечивать новые и более точные данные, которые позволят более глубоко понять физику B -мезонов и природу нарушения CP-четности.

Несмотря на высокую светимость существующей B -фабрики сейчас идет обсуждение модернизации детектора и коллайдера для дальнейшего увеличения светимости установки до уровня $10^{35} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, что позволит измерить все углы треугольника унитарности с точностью несколько процентов и, возможно, позволит выйти за пределы Стандартной модели.

Команда ИЯФ СО РАН участвует в работах по модернизации калориметрической системы детектора. Заканчивается разработка новой электроники для считывания информации.

В работе принимают участие:

Д.А. Анипко, К.Э.Аринштэйн, В.М. Аульченко, И.В. Бедный, А.Е. Бондарь, Н.И. Габышев, А.Ю. Гармаш, Д.А.Епифанов, В.Н. Жилич, П.П. Кроковный, А.С. Кузьмин, А.А. Пак, Н.И. Роот, А.О. Полуэктов, В.А. Сидоров, Ю.В. Усов, Б.А. Шварц, С.И. Эйдельман.

1.9 Фотонный коллайдер

В конце 2004 года было принято решение о разработке проекта Международного линейного коллайдера ILC (вместо TESLA, NLC и JLC), основанного на сверхпроводящей технологии (как TESLA) [1]. Кроме e^+e^- столкновений на ILC планируются встречные $\gamma\gamma$ и γe пучки основанные на лазерной конверсии электронов в высокоэнергичные фотоны. Прошедший 2005 год был посвящен выбору базового варианта ILC. Фотонный коллайдер является второй очередью ILC, однако все необходимое должно быть заложено в проект с самого начала. Наше участие в разработке и продвижении проекта фотонного коллайдера в 2005 году отражено в списке докладов на международных конференциях:

Interaction region for the photon collider [277].

Comparison of photon colliders based on e^-e^- and e^+e^- beams [278].

Crossing angle at the photon collider [279].

Photon collider at ILC [280].

Physics options at the ILC. GG6 summary at Snowmass2005 [281].

The Photon Colliders: first 25 years [282].

The Photon Colliders at ILC [283].

Technical Problems of Photon Colliders [284].

Stabilization of luminosity at the photon collider [285].

Crab crossing angle at the photon collider [286].

Прототип лазерной системы для фотонного коллайдера включен в программу работ на ускорительном испытательном стенде ATF2 в КЕК [препринты 128, 129].

Глава 2

Электро- и фотоядерная физика

2.1 Эксперименты с внутренними мишенями

I. В 2005 году продолжалась обработка статистики эксперимента по измерению тензорных анализирующих способностей T_{20} , T_{21} и T_{22} в реакции фотодезинтеграции поляризованного дейтрона. В текущем году были завершены несколько стадий анализа этих данных. Сравнение предварительных результатов с теоретическими предсказаниями, в ряде случаев (T_{20} при малых углах, T_{22} при больших углах), обнаруживает значительные различия между ними (см. рис. 1). На рис.2 приведены результаты настоящего эксперимента и проведенного ранее на ВЭПП-3.

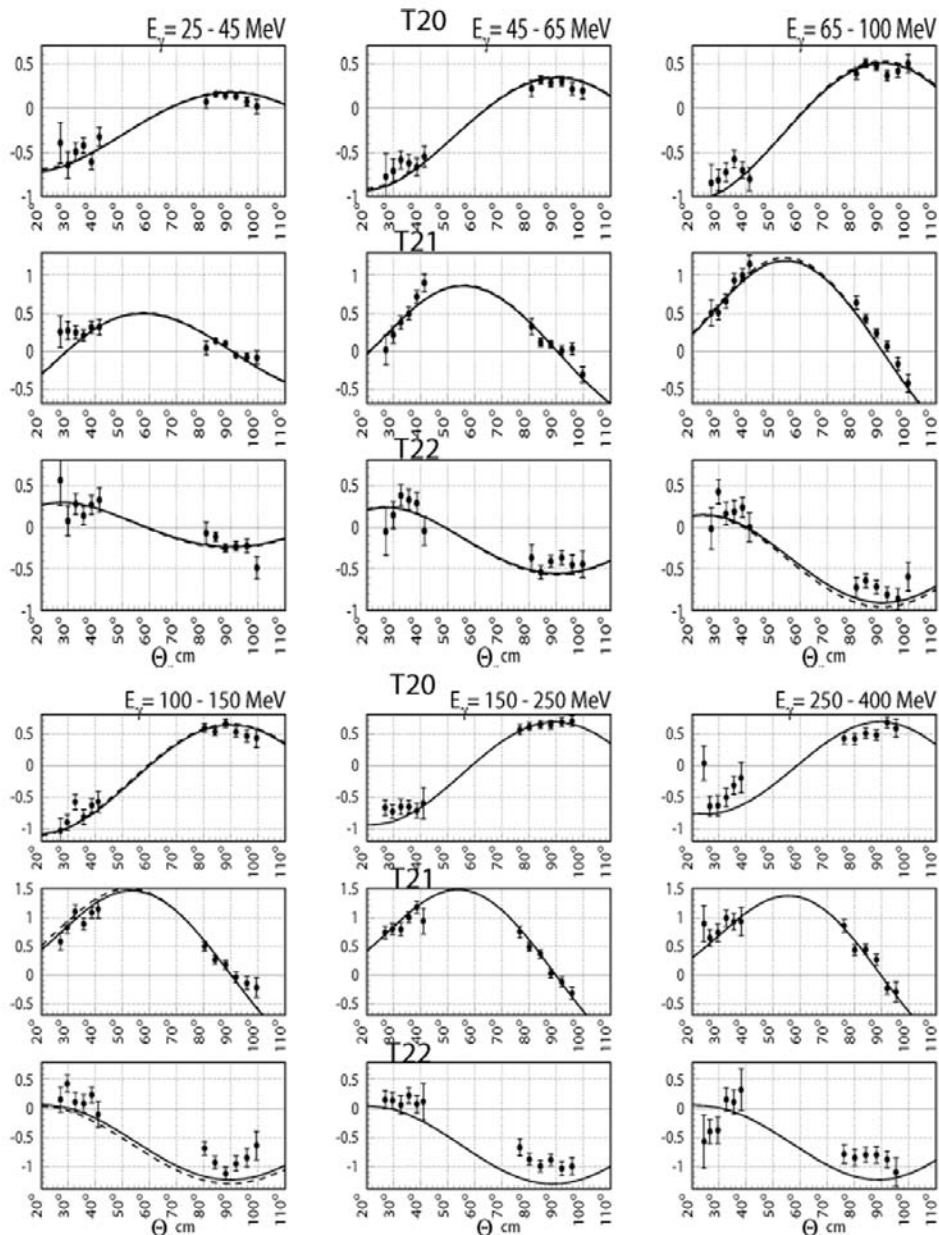


Рис. 1: Предварительные результаты эксперимента по фотодезинтеграции дейтрона для T_{20} , T_{21} , T_{22} и в зависимости от угла вылета протона (точки) в интервалах энергии фотона 25-45, 45-65, 65-100 МэВ (верхние рисунки), 100-150, 150-250, 250-400 МэВ (нижние рисунки) и теоретические предсказания К.-М. Schmitt and H. Arenhovel, - сплошные кривые, М.И. Levchuk - пунктир.

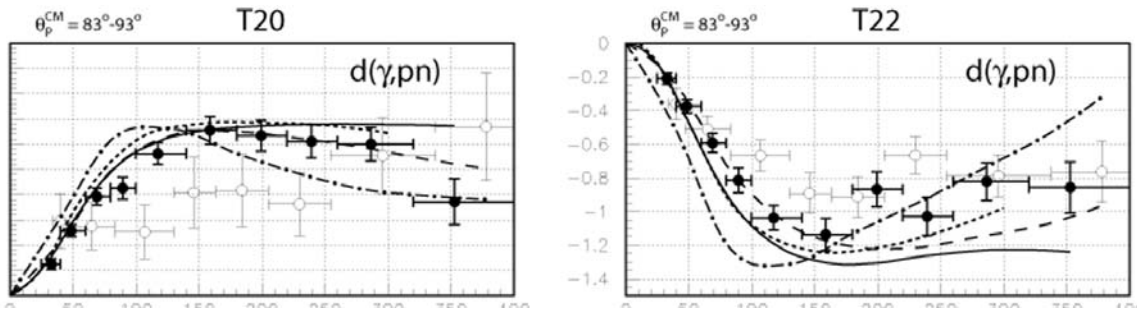


Рис. 2: Предварительные результаты эксперимента по фотодезинтеграции дейтрона для T_{20} и T_{22} в зависимости от энергии фотона. Настоящий эксперимент - заполненные кружки, данные S.I. Mishnev et al. - полые кружки. Теоретические предсказания: сплошные линии - К.-М. Schmitt and Н. Arenhovel, точечные линии - М.И. Levchuk, пунктирные и штрих-пунктирные - Yu.P.Melnik and A.V.Shebeko, при $\Lambda=1.2$ ГэВ и $\Lambda=4m_\pi$ соответственно.

II. Исследование электромагнитных форм факторов протона, важнейших характеристик этой частицы, позволяет глубже понять природу протона, также как и природу взаимодействия составляющих его кварков. До сравнительно недавнего времени форм факторы протона (электрической и магнитный) определялись с помощью разделения продольных и поперечных вкладов в упругое электрон – протонное рассеяние (т.н. техника Розенблюта). Однако, недавние измерения отношения этих форм факторов, выполненные с поляризационной методикой в TJNAF, США (Т. Джефферсон Национальная Лаборатория) дали результат, сильно отличающийся от предыдущих измерений. Эта ситуация сейчас широко обсуждается. Как предполагают, наиболее вероятной причиной этих разногласий является неправомочность применения однофотонного приближения при интерпретации результатов неполяризованных измерений.

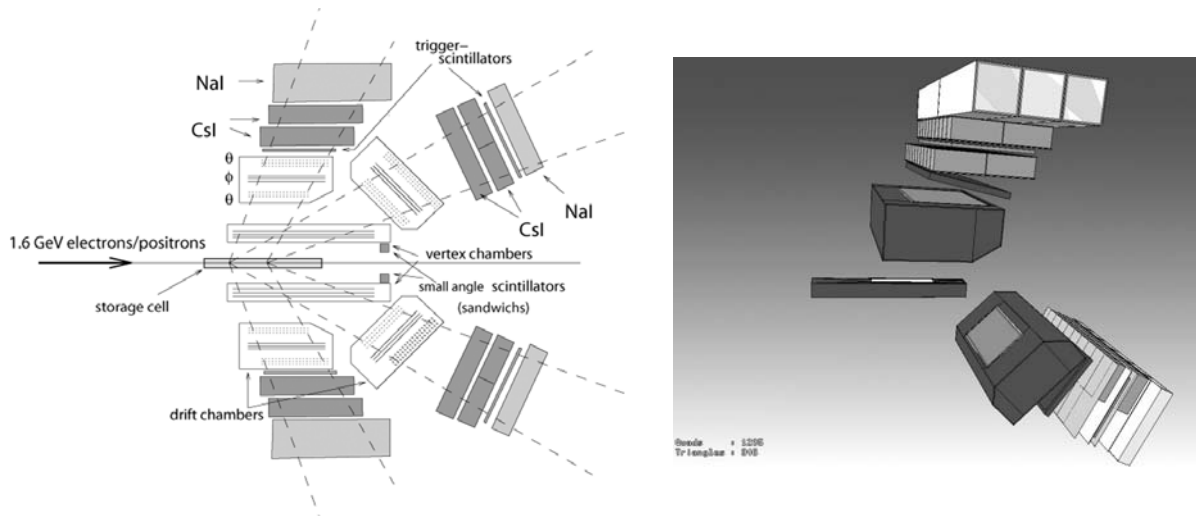


Рис. 3: Схема детектирующей системы для эксперимента по определению двухфотонного вклада в упругое рассеяние электрона на протоне (слева). Справа - модель детектора для GEANT4.

Учет поправок двух фотонного обмена, однако, наталкивается, с одной стороны, на отсутствие корректных расчетов (из-за трудностей в учете возбужденных состояний протона в промежуточном состоянии), с другой стороны, на отсутствие достаточ-

но точных экспериментальных данных. Вклад двух фотонного обмена может быть определен экспериментально сравнением сечений упругого рассеяния электронов и позитронов на протоне.

Провести такой эксперимент на ВЭПП-3 планировалось в 2005 году, детектирующая система была подготовлена (см. рис.3) однако он был перенесен на 2006 год в связи с изменением расписания комплекса ВЭПП-4. Проведены работы, направленные на повышение стабильности параметров водородной мишени, проведены тестовые испытания длительностью около 100 часов. Разработаны и в скором времени будут получены из цеха объемы титановых насосов, которые существенно улучшат вакуумные условия в экспериментальном промежутке.

III. Продолжается подготовка к следующему эксперименту с применением тензорно поляризованной дейтериевой мишени - когерентному фоторождению нейтрального пиона на дейтроне (см. Отчет за 2004 год).

Этот процесс является фундаментальным в ядерной физике, он даёт ценную информацию о структуре пион-нуклонного и нуклон-нуклонного взаимодействия. В ИЯФ предполагается впервые изучить в этой реакции эффекты, связанные со спинзависимыми компонентами ядерных сил. Измерения будут проводиться при энергиях фотонов от 200 до 500 МэВ и углах рассеяния пионов от 100 до 140 градусов, где предсказывается наиболее яркое проявление этих эффектов. С целью выяснения причин низкой поляризации мишени в предыдущем эксперименте было проведено измерение распределения эффективности ВЧ переходов по апертуре блока, где эти переходы осуществляются. Эффективность оказалась близка к 100% во всей апертуре. Проводятся дальнейшие работы по выяснению причины низкой поляризации в мишени.

IV. Продолжается сотрудничество с Лабораторией Джефферсона (JLab), США. Физики ИЯФ внесли существенный вклад в подготовку эксперимента по измерению электрического формфактора нейтрона при большом переданном импульсе - до $3.5 \text{ GeV}^2/c^2$, что более чем вдвое превышает значение для существующих данных. В эксперименте будет использоваться продольно поляризованный пучок электронов, поляризованная газовая мишень ^3He . Будут регистрироваться рассеянный электрон и нейтрон отдачи. Сотрудники ИЯФ участвовали в разработке, сборке, наладке двух новых детекторов для этого эксперимента - широкозахватного магнитного спектрометра электронов BigBite и большого нейтронного детектора BigHAND, а так же в разработке системы триггеров и программного обеспечения для этих детекторов. В течении 2005 года детекторы были доведены до полной готовности. Набор экспериментальных данных будет проводиться в феврале-мае 2006 года.

В 2005 году была завершена обработка данных и подготовлены к публикации результаты другого эксперимента, проведенного в Jlab с участием ИЯФ - изучение комптоновского рассеяния реальных фотонов на протоне при больших энергиях и углах. Анализ показал, что в этой кинематической области ($s=5-11 \text{ GeV}^2$ и $t=1.5-6.5 \text{ GeV}^2$) пертурбативная КХД - где переданный импульс распределяется между тремя активными кварками путем обмена двумя глюонами - не описывает экспериментальные данные, в то время как модель "handbag" - с одним активным кварком поглощающим и переизлучающим фотон - хорошо согласуется с экспериментом. Результаты по измерению поляризационных наблюдаемых (передача поляризации от циркулярно-поляризованного фотона протону) уже опубликованы в журнале Phys.Rev.Lett.

Выполнен (совместно с лаб.11, ЭП, НКО) контракт по экспертизе проекта слож-

ного сверхпроводящего магнита - ключевого элемента нового спектрометра, который предполагается создать в рамках проекта увеличения энергии ускорительного комплекса TJNAF с 6 до 12 GeV. Спектрометр основан на больших сверхпроводящих дипольных и квадрупольных магнитах. Была проведена проверка заложенных в проект идей, выданы замечания и рекомендации, а также представлен анализ технологии и стоимости изготовления таких магнитов в производственных цехах ИЯФ.

V. В 2005 г. в рамках совместного гранта РФФИ - ГФЕН Китая была продолжена работа с Институтом Современной Физики (Ланьджоу, Китай), где накопитель тяжелых ионов для экспериментов с внутренней мишенью находится в стадии запуска. Были исследованы режимы кластерной мишени при работе с различными газами, в том числе с водородом и гелием. В случае водородной струи получена плотность $2 \cdot 10^{13}$ ат/см³, для получения плотной гелиевой струи необходимо более глубокое охлаждение сопла.

Эксперименты с внутренними мишенями в ИЯФ проводятся в сотрудничестве с группами из Томска, Санкт-Петербурга, NIKHEF (Нидерланды), ANL (США), ICF JGU (Майнц, Германия), Сакле (Франция).

Участники работы от ИЯФ:

Л.М. Барков, В.Ф. Дмитриев, М.В. Дюг, С.А. Зеваков, Б.А. Лазаренко, Е.Б. Левичев, С.И. Мишнев, Д.М. Николенко, И.А. Рачек, Р.Ш. Садыков, Д.К. Топорков, Ю.В. Шестаков.

Публикации: [7], [8], [9], [10], [11], [256], [257], [258], [259], [260], [261], препринт 48.

Глава 3

Теоретическая физика

3.1 Сильное взаимодействие

Реджезация глюона в КХД

В. С. Фадин

Nucl. Phys. Proc. Suppl. **146** (2005) 102-107

Гипотеза реджезации глюона может быть доказана с помощью соотношений "бутстрапа", вытекающих из требования совместимости реджезации с s -канальной унитарностью. Крайне нетривиальным является то, что бесконечное число таких соотношений для многочастичных амплитуд может быть выполнено, если реджевская траектория глюона и вершины реджеонных взаимодействий удовлетворяют нескольким условиям бутстрапа. Все эти условия выведены и выполнение всех, кроме одного, доказано.

Двух-петлевая Реджевская траектория кварка из соотношений унитарности

А. В. Богдан, В. С. Фадин

Ядерная физика, **68** (2005) 1659-1675, [Phys. Atom. Nucl. **68** (2005) 1599-1615]

Двух-петлевая реджевская траектория кварка вычислена при произвольной размерности пространства-времени d с помощью s -канального соотношения унитарности. Хотя в явном виде вычисления выполнены только для случая безмассовых кварков, используемый метод позволяет получить траекторию и в случае массивных кварков. В пределе $d \rightarrow 4$ траектория совпадает с найденной ранее из высокоэнергетического предела амплитуды кварк-кваркового рассеяния. Сравнение двух выражений, полученных совершенно разными методами, служит строгой перекрестной проверкой множества промежуточных результатов, вовлеченных в вычисления, а их согласованность свидетельствует о правильности этих результатов.

ВФКЛ померон при $t \neq 0$ в следующем за главным порядке

В. С. Фадин, Р. Фиоре

Phys. Lett. B **610** (2005) 61-66 [Erratum-ibid. B **621** (2005) 61-66]

Ядро уравнения ВФКЛ для передачи импульса отличной от нуля найдено в следующем за главным порядке. Представлены различные формы ядра для разных регуляризаций инфракрасных сингулярностей в "виртуальной" и "реальной" частях ядра. Продемонстрирована инфракрасная стабильность полного ядра и предложена форма, свободная от сингулярностей.

Ядро ВФКЛ для рассеяния не вперед в СЛП

В. С. Фадин, Р. Фиоре

Phys. Rev. D **72** (2005) 014018

Представлены детали вычисления ядра уравнения ВФКЛ для рассеяния не вперед в следующем за лидирующим порядке (СЛП). Особое внимание уделено вычислению вклада рождения двух глюонов. Этот вклад был последней неизвестной частью ядра. Вместе с глюонной Реджевской траекторией и вкладом рождения одного глюона,

уже вычисленными в СЛП, и с также уже найденным вкладом рождения кварк-антикварковой пары, он полностью определяет ядро для любого цветового состояния в t -канале, в частности, представленное недавно ядро для померона.

Реджезация глюона в теории возмущений КХД в СГП

В. С. Фадин
hep-ph/0511121

Совместимость реджезованной формы многочастичных амплитуд КХД с s -канальной унитарностью требует выполнения бесконечного числа соотношений "бутстрапа". Оказывается, что выполнение всех этих условий обеспечивает реджевскую форму зависящих от энергии радиационных поправок порядок за порядком в теории возмущений. Замечательно, что все эти соотношения выполняются, если реджевские вершины и траектория удовлетворяют нескольким условиям. Полный набор этих условий в следующем за главным порядке был выведен в последний год, и выполнение последнего из условий недавно было продемонстрировано. Это значит, что гипотеза реджезации глюона доказана в следующем за главным приближении.

Доказательство реджевской формы амплитуд с кварковыми обменами

А. В. Богдан, В. С. Фадин
hep-ph/0601117

Дано полное доказательство гипотезы реджезации кварка в главном логарифмическом приближении для любых кварк-глюонных процессов в мульти-реджевской кинематике, во всех порядках по α_s . Сначала доказано, что мульти-реджевская форма амплитуд КХД следует из выполнения ряда условий на реджеонные вершины и траектории. Затем исследуются эти условия и демонстрируется их выполнение.

Доказательство мульти-реджевской формы амплитуд КХД с глюонными обменами в СГП

В. С. Фадин, Р. Фиоре, М. Г. Козлов, А. В. Резниченко
hep-ph/0602006

Мульти-реджевская форма амплитуд КХД с глюонными обменами доказана в следующем за главным приближении. Доказательство основано на соотношениях бутстрапа, вытекающих из условия совместимости этой формы с s -канальной унитарностью. Доказано, что выполнение всех этих соотношений обеспечивает реджевскую форму зависящих от энергии радиационных поправок порядок за порядком в теории возмущений. С другой стороны, доказано, что все эти соотношения выполняются, если реджевские вершины и траектория удовлетворяют нескольким условиям. Все эти условия проверены и их выполнение продемонстрировано.

Является ли результат BELLE для сечения $\sigma(e^+e^- \rightarrow J/\psi + \eta_c)$ реальной трудностью для КХД ?

А.Е.Бондарь, В.Л. Черняк
Phys. Lett. **В 612** (2005) 215-222

Показано, что проблема большого различия в величине сечения процесса $e^+e^- \rightarrow J/\psi + \eta_c$ измеренного BELLE и вычисленного с помощью нерелятивистской КХД (NRQCD) вызвана не неправильной интерпретацией экспериментальных данных или другими экзотическими объяснениями, а неприменимостью NRQCD к описанию процессов такого типа.

Используя общую теорию жестких эксклюзивных процессов в КХД, совместно с более реалистическими моделями волновых функций чармония, показано, что результаты BELLE могут быть объяснены естественным образом.

Процессы с рождением двух чармониев на В-фабриках

В.Л. Черняк
Proceedings of the International Conference "New Trends in High Energy Physics", стр. 123-130; 10-17 Сентября 2005г., Ялта, Украина (BITP, Kiev).

Описаны экспериментальные результаты и различные методы теоретических расчетов эксклюзивных процессов с рождением двух чармониев в e^+e^- -аннигиляции на В-фабриках BELLE и BABAR. Объяснены причины неприменимости приближения NRQCD к описанию таких процессов.

Коррелятор токов тяжелых кварков при малых q^2 в пределе большого β_0

А.Г. Грозин, К. Штурм
Eur. Phys. J. **С40** (2005) 157-164

Коррелятор векторных токов тяжелых кварков при малых q^2 рассмотрен в пределе большого β_0 . Ведущая инфракрасная ренормальная неоднозначность суммы ряда теории возмущений сокращается ультрафиолетовой ренормальной неоднозначностью глюонного конденсата. Асимптотическое поведение ряда теории возмущений получено модельно-независимым образом, с точностью до одного неизвестного нормировочного множителя. Вычислены функции распределения по виртуальности глюона в пертурбативной поправке.

Волновые функции В-мезона

А.Г. Грозин
Int. J. Mod. Phys. **A20** (2005) 7451-7484

В этих лекциях обсуждаются волновые функции В-мезона в рамках HQET. Выведено уравнение эволюции для волновой функции ведущего твиста в однопетлевом приближении. Обсуждаются правила сумм КХД для волновых функций.

Лекции по КЭД и КХД

А.Г. Грозин
 hep-ph/0508242, 103 стр.

Эти лекции представляют собой практическое введение в вычисления в теории возмущений КЭД и КХД. Я обсуждаю методы вычисления одно- и двух-петлевых диаграмм в размерной регуляризации, схемы перенормировки \overline{MS} и на массовой поверхности, отщепление петель тяжелых частиц.

Суммирование логарифмов, следующих за следующими за главными, в переходах $b \rightarrow c$ при нулевой отдаче

А.Г. Грозин
 hep-ph/0509328, 12 стр.

Пертурбативные поправки к переходам $b \rightarrow c$ при нулевой отдаче рассмотрены в схеме сшивки в два шага. Коэффициент сшивки для $b \rightarrow c$ токов из промежуточной эффективной теории (между масштабами m_b и m_c) в низкоэнергетическую эффективную теорию (масштабы ниже m_c) найден с двухпетлевой точностью. В главном порядке по m_c/m_b просуммированы логарифмы, следующие за следующими за главными. Поправки высших порядков оценены в пределе большого β_0 .

Однопетлевые поправки к формфакторам в распаде $B \rightarrow \pi l \nu$

Г.Г. Кирилин,
 eprint: hep-ph/0508235 (2005)

Рассмотрен полулептонный распад $B \rightarrow \pi l \nu$, в частности факторизуемый вклад для членов нарушающих симметрию формфакторов при большой передаче импульса. Получены однопетлевые поправки к жесткому вильсоновскому коэффициенту и джет-функции. Так же продемонстрировано, что вклад так называемой мягко-коллинеарной области сокращается с учетом симметрии светоконусной волновой функции π -мезона, что имеет важное значение для всего факторизационного подхода к этому распаду.

3.2 Квантовая электродинамика

Кулоновские поправки к тормозному излучению в электрическом поле атома при высоких энергиях

Р.Н. Ли, А.И. Мильштейн, В.М. Страховенко, О.Я. Шварц
 ЖЭТФ С 127 (2005) 5

Вычислено дифференциальное сечение и спектр тормозного излучения в атомных полях при точном учете этих полей. Показано, что кулоновские поправки к дифференциальному сечению очень чувствительны к экранировке, однако, кулоновские поправки к сечению, просуммированные по конечным состояниям электрона, не зависят от экранировки в главном приближении по малому параметру $1/mr_{scr}$ (r_{scr} - радиус экранировки, m - масса электрона). Рассмотрено также тормозное излучение пучка электронов конечного размера на атомных ядрах. Аналогично, кулоновские

поправки к дифференциальной вероятности чувствительны к форме пучка, а кулоновские поправки к вероятности, проинтегрированной по передаче импульса не зависят от этой формы, за исключением тривиального фактора, плотности пучка при нулевом прицельном параметре. Точно по кулоновскому полю найдена первая поправка по параметру m/ε (ε - энергия электрона) к спектру тормозного излучения быстрого электрона в атомном поле.

Виртуальное рассеяние света на свете и g -фактор связанного электрона

Р.Н. Ли, А.И. Мильштейн, И.С. Терехов, С.Г. Каршенбойм
Phys. Rev. A **71** (2005) 052501

Получен вклад диаграммы рассеяния света на свете в g -фактор электрона или мюона связанного в кулоновском поле. При большом заряде ядра Z , для электрона в основном состоянии наши аналитические результаты находятся в хорошем согласии с численными результатами других авторов. Для относительно малых Z наши результаты имеют гораздо более высокую точность. Для мюонных атомов впервые получена поправка с высокой точностью для любых Z .

g -фактор электрона или мюона, связанного в произвольном центральном потенциале

С.Г. Каршенбойм, Р.Н. Ли, А.И. Мильштейн
Phys. Rev. A **72** (2005) 042101

Рассмотрен g -фактор частицы со спином $1/2$ (электрона или мюона), связанной в произвольном центральном поле. Разработан подход, позволяющий выразить релятивистский g -фактор через энергию связи. Получено выражение для поправки к g -фактору, соответствующей отклонению потенциала от кулоновского. В качестве приложения метода получена поправка за счет конечного размера ядра, включающая эффект поляризации вакуума.

Влияние лазерного поля на поляризацию вакуума в кулоновском поле

А.И. Мильштейн, И.С. Терехов, U.D. Jentschura, С.Н. Keitel
Phys. Rev. A **72** (2005) 052104

Рассмотрена поляризация вакуума во внешнем поле, являющемся суперпозицией кулоновского и лазерного полей. Вычислена плотность индуцированного заряда и тока. Влияние лазерного поля приводит к возникновению не зависящего от времени индуцированного квадрупольного момента, так что индуцированный потенциал убывает как $1/r^3$ при $mr \gg 1$, в отличие от потенциала Юлинга, который убывает экспоненциально. Вычислены соответствующие поправки к атомным уровням энергии. Осциллирующая с частотой 2ω (ω - частота лазера) часть индуцированного заряда и тока приводит к потенциалам, убывающим как $1/r$ при $r \gg 1/\omega$, что соответствует процессу излучения на двойной частоте. Этот процесс является процессом слияния двух лазерных фотонов в кулоновском поле.

Генерация циркулярно поляризованных фотонов для источника поляризованных позитронов линейных коллайдеров

Страховенко В., Артру К., Шевальер М., Шехаб Р.
Nucl.Instrum.Meth. **A 547**(2005)320-333

Обсуждаются различные методы получения продольно поляризованных позитронов для будущих линейных коллайдеров. Особое внимание уделяется схемам, использующим для рождения позитронов циркулярно поляризованные фотоны высокой энергии. Наиболее эффективно такие фотоны генерируются при столкновении релятивистских электронов с циркулярно поляризованной лазерной волной или при их движении в спиральном ондуляторе. Спектр и поляризация излучения при спиральном движении рассмотрены детально. Новое простое представление известных формул используется для изучения зависимости характеристик излучения от интенсивности волны, от угловой расходимости электронного пучка, от коллимации излучения и от профиля лазерного импульса.

Результаты по когерентному взаимодействию электронов и фотонов высокой энергии в ориентированных монокристаллах

А. Апиян,..., В. Страховенко,..., и др. (Коллаборация NA59)
Nucl.Instrum.Meth. **B 234**(2005)128-137

Эксперимент NA59 в ЦЕРН исследовал взаимодействие электронов и фотонов высокой (сотни ГэВ) энергии с ориентированными монокристаллами. Пучки линейно поляризованных (до 55%) фотонов генерировались не поляризованными электронами с энергией 178-ГэВ, проходящими через монокристалл кремния. Для измерения линейной поляризации фотонов в области энергией 20-170 ГэВ была разработана и успешно использована новая методика поляриметрии. Действие кристаллического поляриметра основано на поляризационной зависимости сечения рождения электрон-позитронных пар фотоном при плоскостной ориентации кристалла. В качестве анализаторов использовались монокристаллы германия и алмаза. Впервые, для фотонов с энергией 80-110 ГэВ наблюдалось явление двойного лучепреломления, выразившееся в конверсии линейной поляризации в круговую.

Механизмы поляризации пучков протонов и антипротонов в накопителях при их взаимодействии с поляризованной мишенью

А.И. Мильштейн и В.М. Страховенко
Phys.Rev. **E 72**(2005)066503

Рассмотрена кинетика возникновения поляризации пучков протонов (антипротонов), движущихся в накопителях при их взаимодействии с поляризованной внутренней мишенью. Продемонстрировано, что для малых углов рассеяния, когда частица остается в пучке, поляризация возникает исключительно благодаря переходам с переворотом спина. Для газовой водородной мишени соответствующие сечения оказываются пренебрежимо малыми, как и для чисто электронной мишени. Для последней, достаточная степень поляризации пучков не может быть получена и за счет механизма "фильтрации".

Концептуальный дизайн источника поляризованных позитронов на основе комптоновского рассеяния лазерного пучка

С. Араки,..., В. Страховенко,..., и др.
physics/0509016 (2005)

Описана схема генерации поляризованных позитронов (для Международного линейного коллайдера) из поляризованных фотонов, получаемых при комптоновском рассеянии лазерного пучка на пучке электронов с энергией в несколько ГэВ. Эта схема имеет очень эффективную энергетiku за счет комбинации электронного накопителя и лазерного резонатора высокой добротности.

Когерентное тормозное излучение, когерентное рождение пар, двойное лучепреломление и поляриметрия в области энергией 20-170 ГэВ в ориентированных монокристаллах

А. Апиян,..., В. Страховенко,..., и др. (Коллаборация NA59)
hep-ex/0512017 (2005)

Изучены процессы когерентного тормозного излучения (КТИ) и когерентного рождения пар (КРП) в ориентированных кристаллических мишенях в постановке, позволяющей измерять одно-фотонные сечения. Использованный теоретический подход очень хорошо предсказывает как сечения, так и поляризационные наблюдаемые для исследованных экспериментальных условий, демонстрируя, что понимание КТИ и КРП является надежным вплоть до энергии в 170 ГэВ. Новые результаты получены также для так называемой SOS-ориентации, при которой испускание жестких фотонов усилено по сравнению со случаем КТИ.

Излучение поляризованных электронов в ориентированных кристаллах при высокой энергии

В.Н.Байер, В.М.Катков
Nucl. Instr. and Meth. B, 234 (2005) 106-115

В рамках квазиклассического операторного метода получено общее выражение для вероятности излучения продольно поляризованными электронами циркулярно-поляризованных фотонов в ориентированных вдоль оси кристаллах. Из него вытекает, что в мягкой части спектра степень циркулярной поляризации фотона равна отношению энергий фотона и электрона умноженному на степень продольной поляризации начального электрона. Конкретный механизм излучения зависит от соотношения между углом влета электронов в кристалл (угол между импульсом электрона и выбранной осью) и характерным углом V_0/m (V_0 есть специфическая величина потенциала оси, относительно которой определен угол влета). В случае, когда угол влета много меньше чем характерный угол имеет место излучение магнитотормозного типа (с поправками учитывающими неоднородность поля в кристалле). В осе-симметричном случае интенсивность излучения удалось представить в явном и сравнительно простом виде. Вычислены асимптотики интенсивности, в том числе в области высоких энергий. Проанализирована степень циркулярной поляризации. В обратном случае теория переходит в модифицированную теорию когерентного тормозного излучения. Найдено, что при определенных значениях поперечных компонент

скорости спектральное распределение когерентного тормозного излучения имеет резкий максимум вблизи конца спектра. Показано, что вблизи конца спектра степень циркулярной поляризации близка к 100 что является проявлением эффекта передачи спиральности. При высокой энергии электронов (десятки ГэВ и выше) интенсивность излучения в кристалле во много раз выше стандартного тормозного излучения.

Концепция длины формирования в теории излучения

В.Н.Байер, В.М.Катков
PHYSICS REPORTS, 409 (2005) 261-359

Итоги исследования эффекта Ландау-Померанчука-Мигдала (ЛПМ) авторами подведены в данном обзоре, где рассмотрены следующие вопросы: 1) ЛПМ-эффект для излучения включая интегральные характеристики; 2) ЛПМ-эффект для рождения пар; 3) Аномальный магнитный момент электрона в среде; 4) Распространение фотона в среде в присутствии внешнего поля; 5) Влияние многократного рассеяния на когерентное рассеяние фотона в среде; 6) Поляризация среды и процесс тормозного излучения; 7) Граничные эффекты для толстой и тонкой мишеней; 8) влияние многофотонных эффектов на спектр потерь энергии; 9) излучение в структурированных мишенях; 10) качественное поведение спектральной интенсивности излучения; 11) сравнение теории с экспериментами SLAC E-146 и CERN-SPS; 12) эффекты на электрон-позитронных встречных пучках - механизмы излучения, влияние размеров пучков на тормозное излучение, когерентное излучение, механизмы рождения электрон-позитронных пар.

Окончательные результаты экспериментального исследования в CERN позитронного источника использующего кристаллические эффекты

Байер В.Н., Страховенко В. М., и др.
(Международная коллаборация: Россия, Франция, Германия, Швейцария,
всего 28 авторов)
Nucl. Instr. and Meth. B, 240 (2005) 762-776

Итоговая публикация по исследованию нового типа позитронного источника, где в качестве конвертора использован монокристалл вольфрама ориентированный вдоль оси $\langle 111 \rangle$. Эксперимент был проведен в CERN (WA103) с использованием вторичного электронного пучка от SPS. В таком источнике электрон-позитронные пары рождаются фотонами излученными при излучении при каналировании или при когерентном тормозном излучении. Электронные пучки с энергией 6 или 10 ГэВ направлялись на несколько типов мишеней: монокристалл с толщиной 4 или 8 мм, комбинированная мишень из 4 мм кристалла и 4 мм аморфной вольфрамовой пластины. Для сравнения с 8 мм кристаллической мишенью. а также для проверки качества реконструкции треков была использована также аморфная вольфрамовая мишень толщиной 20 мм. Вылетающие из мишени заряженные частицы детектировались в дрейфовой камере, часть которой находилась в магнитном поле. Реконструированные траектории частиц позволили получить энергетический и угловой спектр позитронов в довольно широкой области энергий (до 150 МэВ) и углов (до 30 градусов). Приведены также результаты измерения фотонов испущенных в направлении падающего пучка. Наблюдалось существенное увеличение выхода фотонов и позитронов

по сравнению аморфной мишенью. Это увеличение для энергии начального пучка 10 ГэВ составляет фактор 4 для кристалла толщиной 4 мм и больше 2 для кристалла толщиной 8 мм. Вторым важным результатом состоит в том, что моделирование находится в хорошем согласии с экспериментом как для позитронов, так и для фотонов.

Когерентное и некогерентное рождение пар фотоном в ориентированных монокристаллах

В.Н.Байер, В.М.Катков
Physics Letters, A 346 (2005) 359-366

Развит новый подход к исследованию рождения электрон-позитронной пары фотоном в ориентированном кристалле, впервые позволивший одновременное и нераздельное рассмотрение как когерентного, так и некогерентного механизмов рождения пары с учетом как действия поля оси (или плоскости) так и многократного рассеяния частиц родившейся пары (эффект Ландау -Померанчука-Мигдала (ЛПМ)). Найденная вероятность рождения пары позволила объяснить результат недавнего эксперимента выполненного в ЦЕРНе по рождению пар фотонами с энергией до 55 ГэВ в монокристаллах вольфрама. Показано что многократное рассеяние(ЛПМ-эффект) может проявляться только при относительно малых энергия фотонов, в то время как при более высоких энергиях действие сильного электрического поля оси выключает ЛПМ-эффект.

3.3 Электрослабая теория

Радиационная поправка за счет поляризации вакуума на нарушающее четность рассеяние электрона на тяжелом ядре

А.И. Мильштейн, О.П. Сушков
Phys. Rev. C 71 (2005) 045503

Изучено влияние поляризации вакуума на асимметрию в электрон-ядерном рассеянии, связанную с эффектом нарушения четности. Вычисления выполнены для релятивистских электронов при точном учете электрического поля тяжелых ядер. Показано, что радиационные поправки к нарушающей четность асимметрии усилены логарифмически и соответствующая поправка достигает -1%.

Об экранировке ядерных дипольных моментов в атомах

В.Ф. Дмитриев, И.Б. Хриплович, Р.А. Сеньков
hep-ph/0504063

Мы вкратце демонстрируем, что некоторые недавние вычисления электрических дипольных моментов (ЭДМ) атомов не полны. Указан вклад, пропущенный в этих вычислениях. При его учёте, вклады, найденные в этих работах, полностью сокращаются, восстанавливая тем самым стандартные заключения о роли ядерных ЭДМ в атомах.

Релятивистские поправки к шиффовскому моменту ядер

В.Ф. Дмитриев, В.В. Фламбаум
Phys.Rev. C71 (2005) 068501

Нарушающие инвариантность относительно обращения координат и времени (P, T -нечётные) электрические дипольные моменты (ЭДМ) атомов генерируются взаимодействием электронов с P, T -нечётными моментами ядер, которые возникают под действием P, T -нечётных ядерных сил. Ядерный ЭДМ экранируется атомными электронами. ЭДМ нерелятивистского атома с замкнутыми электронными оболочками генерируется ядерным шиффовским моментом. Для тяжёлых релятивистских атомов ЭДМ индуцируется ядерными локальными дипольными моментами, которые на 10-50% отличаются от вычисленных ранее шиффовских моментов. Мы вычисляем локальные дипольные моменты ядер ^{199}Hg и ^{205}Tl , для которых были выполнены наиболее точные измерения атомных и молекулярных ЭДМ.

3.4 Гравитация

Дискретная квантовая гравитация в формализме исчисления Редже

В.М.Хацимовский
ЖЭТФ 128(3) (2005) 489.

Обсуждается подход к дискретной квантовой гравитации в формализме исчисления Редже, развитый в ряде наших работ. Исчисление Редже представляет собой общую теорию относительности на подклассе римановых многообразий - кусочно-плоских многообразиях. Исчисление Редже оперирует дискретным набором переменных - длинами триангуляции и содержит непрерывную общую теорию относительности в качестве предельного частного случая, когда длины стремятся к нулю. В нашем подходе квантовые средние этих длин отличны от нуля и порядка планковской длины 10^{-33}cm , что означает дискретную структуру пространства-времени на этих масштабах.

Вакуумные средние площадей в исчислении Редже с независимыми тензорами площадей в лоренцевом случае

В.М.Хацимовский
E-print archive gr/qc/0506072, принято к печати в Physics Letters B.

Обсуждается поворот Вика в исчислении Редже с независимыми тензорами площадей. Подтверждено эвристическое предположение, что лоренцева квантовая мера на пространственноподобной площади должна совпадать с евклидовой мерой при том же аргументе. Следствие - справедливость вероятностной интерпретации также и лоренцевой меры (на вещественных, т.е. пространственноподобных площадях).

Полная интегрируемость уравнений Эйнштейна для многомерного пространства-времени с дополнительной симметрией и вращающиеся чёрные дыры

А.А. Померанский

e-print: hep-th/0507250 (2005), принята к публикации в Phys. Rev. D.

Показывается полная интегрируемость уравнений Эйнштейна в случае, когда метрика зависит только от двух координат при произвольной размерности пространства-времени. Это достигается непосредственным обобщением хорошо известного в случае обычной размерности пространства-времени метода Белинского и Захарова. Явные формулы для многосолитонных решений также непосредственно обобщаются на многомерный случай. В качестве иллюстрации возможностей метода находится метрика 5-мерной вращающейся черной дыры как двух-солитонное решение.

Замечание о параметре Иммирзи, кручении и дискретных симметриях

И.Б. Хриплович, А.А. Померанский,

e-print: hep-th/0508136 (2005).

Показывается, что новое взаимодействие вращающихся частиц с тензором кручения, недавно обсуждавшееся в литературе, является нечетным по отношению к зарядовому сопряжению и обращению времени. Этот факт объясняет неожиданные на первый взгляд свойства симметрии индуцированного эффективного 4-фермионного взаимодействия.

Квантованные черные дыры, их спектр и излучение

И.Б. Хриплович

World Scientific, to be published; gr-qc/0506082

В достаточно естественных общих предположениях получены следующие результаты. Показано, что максимальная энтропия квантованной поверхности пропорциональна ее поверхности в классическом пределе. Найдена общая структура спектра горизонта. Дискретный спектр температурного излучения черной дыры имеет виновскую огибающую. Естественная ширина линий много меньше расстояния между ними. Дана оценка полной интенсивности температурного излучения.

В частном случае петлевой квантовой гравитации найдены значения параметра Барbero – Иммирзи. Показано, что иные значения этого параметра, полученные в дополнительном предположении о том, что горизонт описывается $U(1)$ Черн – Саймонс теорией, противоречат твердо установленному голографическому пределу.

Квазинормальные моды для произвольного спина в поле Шварцшильда

И.Б. Хриплович, Г.Ю. Рубан

Symm. Integr. Geom. 1 (2005) 013; gr-qc/0511056

Ведущий член асимптотики квазинормальных мод для произвольного спина в поле Шварцшильда, $\omega_{\ell} = -i n/2$, получен двумя прямыми аналитическими

способами. Один из этих подходов почти не требует вычислений. Столь же просто показано, что для любого целого спина, описываемого уравнением Тьюкольского, первая поправка к ведущему члену исчезает. Затем мы получаем аналитически общее выражение для этой поправки для всех спинов, описываемых уравнением Тьюкольского.

Квантовые поправки к спиновым эффектам в общей теории относительности

Г.Г. Кирилин,

Nucl. Phys. B728 (2005) 179, eprint: gr-qc/0507070

Найдены квантовые степенные поправки к гравитационному спин-орбитальному и спин-спиновому взаимодействиям и к эффекту Лензе-Тирринга для частиц со спином $1/2$. Данные поправки возникают в диаграммах второго порядка по постоянной Ньютона G с двумя безмассовыми частицами в унитарном сечении в t -канале. Найденные поправки отличаются от вычисленных ранее поправок к спиновым эффектам при взаимодействии двух вращающихся тел, составленных из скалярных частиц.

3.5 Нелинейная динамика и хаос

Динамика гамильтоновых систем с кусочно-линейной силой

В.В. Вечеславов

ЖЭТФ **127**, вып. 4 (2005), стр. 915

Рассматривается семейство гладких двухпараметрических гамильтоновых систем с кусочно-линейной силой, представленных как в виде отображений, так и в непрерывной форме. Дается обзор полученных к настоящему времени аналитических и численных результатов исследований обстоятельств возникновения хаоса и глобальной диффузии в таких системах. Описываются динамические эффекты, не имеющие аналогов в классе аналитических гамильтонианов. Проводится сравнение с хорошо изученным случаем возмущенного маятника и подчеркиваются кардинальные различия в динамическом поведении гладких и аналитических систем.

Вклад вторичных гармоник возмущения в сепаратрисное отображение гамильтоновой системы

В.В. Вечеславов

ЖТФ **75**, вып.7 (2005) с.6

В литературе уже обсуждалась особая роль, которую могут играть в нелинейных гамильтоновых системах низкочастотные вторичные гармоники, возникающие на сумме и разности явно входящих в гамильтониан первичных частот. Эти гармоники имеют второй порядок малости и составляют весьма незначительную долю возмущения. Несмотря на это, их вклад в амплитуду сепаратрисного отображения системы при определенных условиях может на несколько порядков превышать вклады от первичных частот и тем самым полностью определять формирование динамического хаоса. В настоящей работе дан обзор полученных по этой теме на сегодняшний день теоретических и численных результатов. В качестве примера приведен маятник, возмущение которого представлено в гамильтониане двумя несимметричными

гармониками с высокими и близкими по модулю частотами. Получено аналитическое выражение вклада вторичной гармоник в амплитуду сепаратрисного отображения этой системы и с его помощью исследован не рассмотренный ранее случай весьма низких вторичных частот. Указаны области, где амплитуда сепаратрисного отображения растет линейно с частотой, а размер хаотического слоя вообще от нее не зависит. Приведено сравнение результатов теории и численного счета.

Квантовая синхронизация

О.В. Жиров Д.Л. Шепелянский
e-print: cond-mat/0507029 (2005),
Eur. Phys. J. **D** принята к публикации.

Исследована эволюция диссипативной квантовой системы (нелинейного осциллятора) под воздействием периодических толчков и постоянной внешней силы. Использование этой модели и численного метода квантовых траекторий позволило проанализировать роль квантовых флуктуаций и изучить режимы, в которых синхронизация остается и в квантовом случае (квантовая синхронизация). Из наших результатов следует, что при малых значениях постоянной Планка \hbar фрактальная структура ("дьявольская лестница") областей (плато) синхронизации устойчива к квантовым флуктуациям, однако при больших \hbar плато синхронизации разрушаются. В режиме синхронизации обнаружено новое интересное явление – сильная локализация волнового пакета частицы и в пространственном и в импульсном представлении одновременно, до минимально возможных размеров $\Delta x \cdot \Delta p \approx \hbar$. Квантовая синхронизация в нашей модели имеет прямую связь со "ступеньками Шапиро" в джозефсоновских сверхпроводящих контактах, а также может быть реализована с экспериментах с холодными атомами.

Диссипативное разрушение когерентности в алгоритме Гровера

О.В. Жиров Д.Л. Шепелянский
e-print: quant-ph/0511010 (2005),
Eur. Phys. J. **D** принята к публикации.

Используя метод квантовых траекторий, мы исследовали влияние на точность алгоритма Гровера (алгоритма квантового поиска в неструктурированной базе данных) эффектов диссипативного воздействия окружающей среды. Численно изучена зависимость точности от числа кубитов и от параметра связи с внешней средой для системы размером вплоть до 16 кубитов. В результате численного и аналитического анализа нами получен универсальная зависимость для затухания как фиделити, так и вероятности искомого состояния, обусловленного разрушением когерентности под воздействием внешней среды. Эта зависимость находится в согласии с результатами, полученными ранее для других квантовых алгоритмов.

Дефазировка и слабая абсорбция за счет слабой связи с неупорядоченным окружением при электронном транспорте сквозь мезоскопические баллистические квантовые точки

В.В. Соколов

Слабое взаимодействие квантовой частицы (например, электрона), движущейся в некоторой мезоскопической баллистической структуре, с неупорядоченной средой приводит к частичному подавлению хаотической квантовой интерференции (дефазировке). В рамках теории случайных матриц, предложена микроскопическая модель дефазировки, которая при слабом перекрытии входных электронных резонансов в полости приводит к тем же результатам, что и феноменологическая модель Буттикера. Тем не менее, остаточная интерференция из-за перезаселения входных состояний переизлученными средой частицами все еще проявляется при сильном перекрытии входных резонансов в виде когерентного эффекта слабой локализации. В связи с проблемой подавления этого эффекта рассмотрена роль слабого необратимого поглощения частиц средой. Оно учитывается в рамках одночастичного приближения путем введения конечной ширины уровней (квази-) частицы в среде. Обнаружена экспоненциально резкая, зависимость от этой ширины размера переходной области между полным возвратом частиц из фона в полость с одной стороны и полным их поглощением с другой. Показано, что в последнем случае наше микроскопическое рассмотрение приводит, как и следовало ожидать, к тем же результатам, что и модель однородного мнимого потенциала Ефетова. В наиболее интересной переходной области транспортное сечение выражено в терминах распределения скоростей распада двухточечной временной корреляционной функции. В данной статье это, представляющее и большой самостоятельный интерес, распределение найдено аналитически для случая Гауссова унитарного ансамбля, применимого к задачам с отсутствием инвариантности по отношению к обращению времени.

Квантовая дефазировка и распад классических корреляционных функций в хаотических системах

В.В. Соколов, Giuliano Benenti, Giulio Casati

Quant-ph/0504141 v2 5 Sep 2005; Submitted in Phys. Rev. Lett.

Установлена связь "ляпуновского режима" распада квантового fidelity с хаотизацией квантовых фаз вследствие классического динамического хаоса. В отличие от стандартного подхода, предполагающего наличие нарушающего квантовую когерентность внешнего возмущения, мы исследовали влияние простого динамического возмущения, не вносящее в динамику внешнего элемента случайности. Было показано, что если начальное состояние является приготовленной некоторым классическим прибором некогерентной смесью когерентных состояний (каждое из которых в отдельности порождает пучок близких и сильно интерферирующих траекторий), внутренний динамический хаос подавляет квантовую когерентность в течение всей дальнейшей эволюции и, как результат полной дефазировки, квантовое эхо сводится к корреляционной функции классических фаз. Это объясняет появление классической величины - показателя Ляпунова при вычислении квантовой по своей сути величины.

Глава 4

Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

4.1 Эксперименты с компактным пробкотроном на установке ГДЛ

В 2005 году на установке Газодинамическая Ловушка (ГДЛ) были продолжены начатые в 2004 г. эксперименты по формированию и исследованию синтезированного сгустка быстрых ионов (Synthesised Hot Ion Plasmoid - SHIP) со средней энергией 5-10 кэВ и плотностью $\sim 10^{13} \text{ см}^{-3}$, создаваемого в дополнительном пробкотроне, присоединенном к одной из сторон установки ГДЛ.

Компактный пробкотрон был спроектирован для изучения плотных сгустков быстрых ионов с узким распределением питч-углов (5°). В таких условиях плазма близка к порогам возникновения различных неустойчивостей, связанных с несимметричным распределением частиц в фазовом пространстве. Указанные условия эксперимента так же близки к параметрам плазмы в тестовых зонах проектируемого нейтронного источника на основе ГДЛ [Р.А. Bagryansky et al., Fusion Engineering and Design, **70**, 13-33 (2004)].

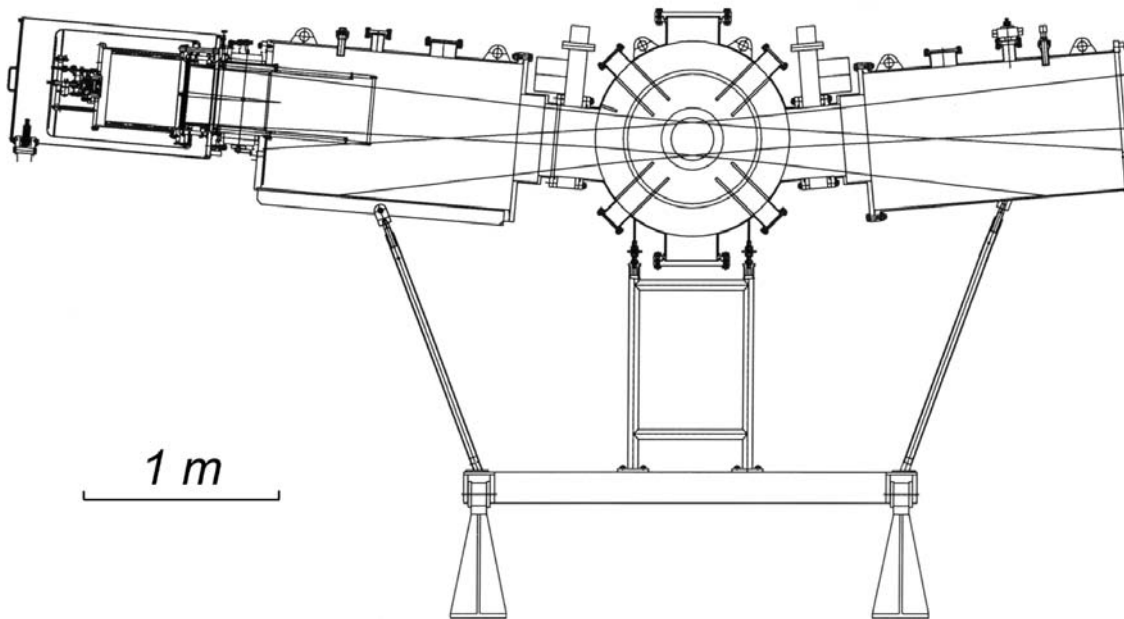


Рис. 1: Секция компактного пробкотрона с установленными баками инжекторов.

Для создания компактного пробкотрона в 2004 году было произведено изменение конструкции пробочного узла установки ГДЛ: дополнительная вакуумная камера и катушка установлены вблизи имеющегося пробочного узла (рис 1, 2). Магнитное поле на оси системы представлено на рис. 3. Образовавшийся дополнительный пробкотрон, называемый торцевым или компактным пробкотроном, имеет поле в центральном сечении $B_0=2.5 \text{ Т}$, пробочное отношение $R=2$ и расстояние между пробками $L=43 \text{ см}$.

Сценарий описываемого эксперимента был следующий. Компактный пробкотрон заполнялся теплой “мишенной” плазмой из центральной ячейки ГДЛ. Плотность протекающей плазмы составляла $n \approx 10^{13} \text{ см}^{-3}$ и ее электронная температура $T=60 \text{ эВ}$. Два сфокусированных пучка атомарного водорода с энергией $E=17 \text{ кэВ}$ и суммарным эквивалентным током $I \approx 15 \text{ эквив.А}$ инжектировались перпендикулярно оси установки.

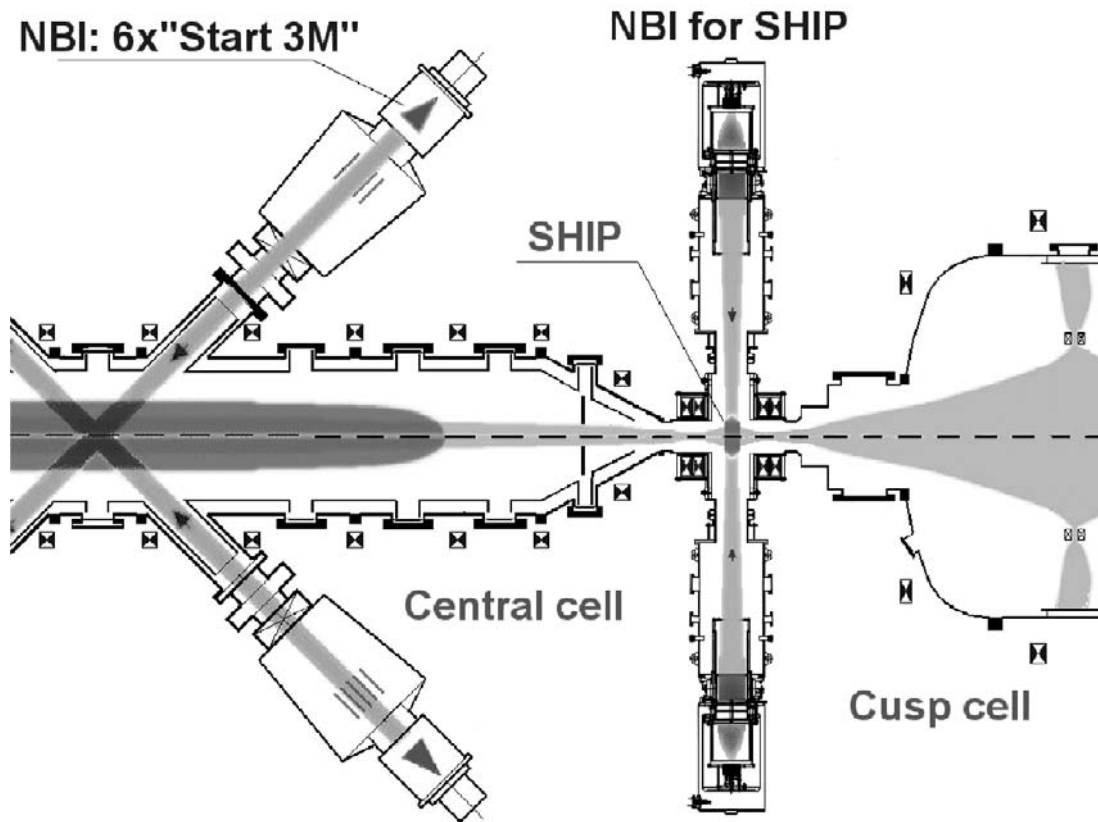


Рис. 2: Схема установки ГДЛ с секцией компактного пробкотрона.

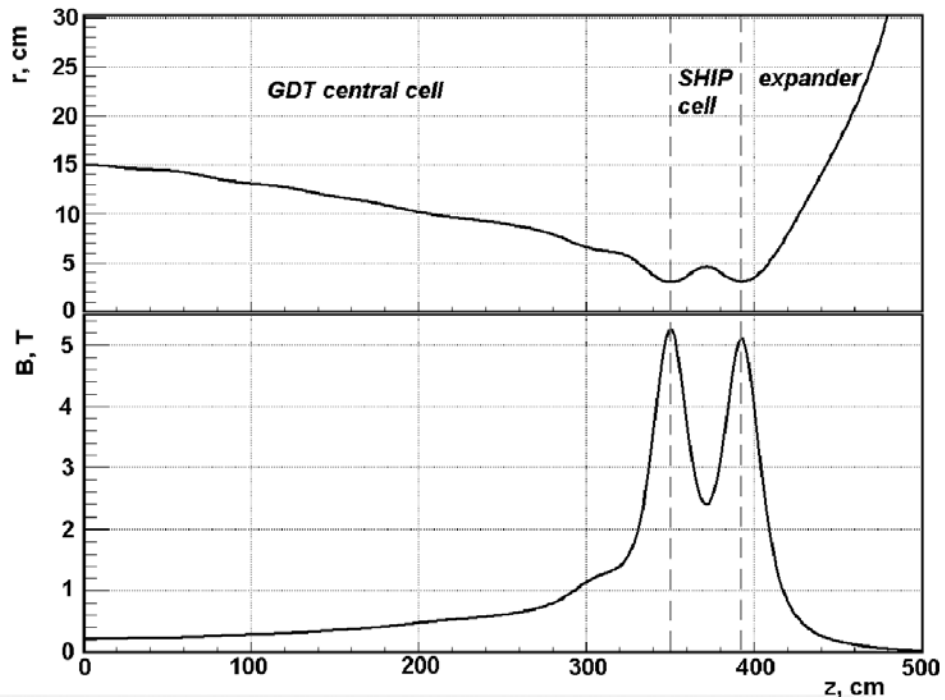


Рис. 3: Силовая линия $r_0=15$ см (вверху) и распределение магнитного поля (внизу) вдоль оси ГДЛ и компактного пробкотрона.

Для инъекции нейтральных пучков в компактный пробкотрон было использовано два атомарных инжектора пилотной версии с суммарной мощностью около 250 кВт и длительностью 0.8 мс. Полная энергия пучков по данным калориметрических измерений составила $W_{beam} \approx 200$ Дж, диаметр пучков на полу-высоте $2R_{beam}=8$ см.

Для измерения мощности перезарядных потерь на стенку вакуумной камеры были установлены болометры. Один из болометров мог перемещаться вдоль оси установки. С его помощью было измерено распределение потока энергии на боковую стенку камеры (рис. 4). Ширина этого распределения вдоль оси по уровню $1/e$ равна 8 см; быстро падает при удалении от центра. Это является подтверждением того, что основные поперечные потери энергии обусловлены перезаряженными быстрыми ионами, которые имеют малые продольные скорости. Тогда, потери на торцевые стенки можно считать пренебрежимо малыми, и можно вычислить полную мощность перезарядных потерь $\max W_{CX} = 7.5$ кВт (рис. 5). Отметим, что такие потери хорошо соответствуют перезарядке быстрых ионов на пучках и облаке теплых нейтралов, которое возникает при перезарядке атомарных пучков на ионах теплой проточной плазмы. Это является еще одним указанием на отсутствие больших потерь за счёт рециклинга газа со стенок.

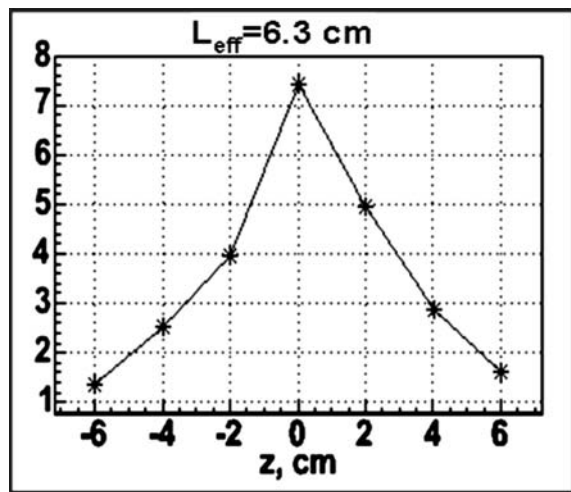


Рис. 4: Профиль потока мощности перезарядных потерь на боковую стенку.

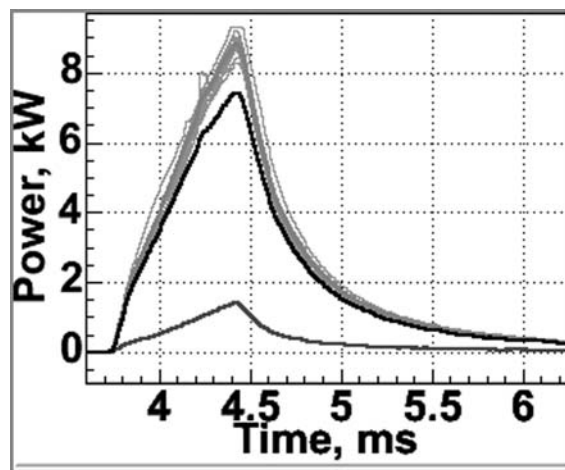


Рис. 5: Полная мощность перезарядных потерь.

Для мониторинга абсолютного значения электронной плотности плазмы в описываемом эксперименте была создана измерительная система на основе дисперсионного интерферометра (ДИ). На рис.6 приведены временные зависимости линейной плотности электронов в экспериментах с нейтральной инъекцией в компактный пробкотрон и без неё. Увеличение линейной плотности с $\langle n_e l \rangle = 0.8 \cdot 10^{14}$ см⁻² в режиме без инъекции в пробкотрон до $\langle n_e l \rangle = 1.8 \cdot 10^{14}$ см⁻² при инъекции прямо указывает на накопление и удержание быстрых ионов в ячейке SHIP. Сравнение этих значений позволяет сделать оценки для максимальных величин линейных плотностей быстрых ионов $\langle n_f l \rangle = 1.4 \cdot 10^{14}$ см⁻² и теплых ионов мишенной плазмы $\langle n_w l \rangle = 0.4 \cdot 10^{14}$ см⁻². Таким образом, можно сделать вывод, что в результате ионизации и захвата пучков образовывалась популяция быстрых ионов с высоким давлением, средняя плотность которых в два раза превышает среднюю плотность невозмущённой плазмы и в три раза среднюю плотность теплых ионов мишенной плазмы.

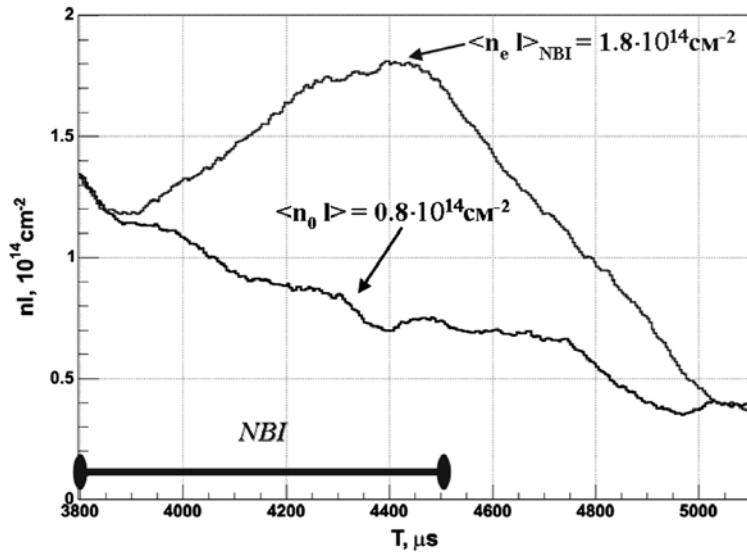


Рис. 6: Линейная плотность электронов в концевом пробкотроне : нижняя кривая – без инъекции нейтральных пучков, верхняя – с инъекцией.

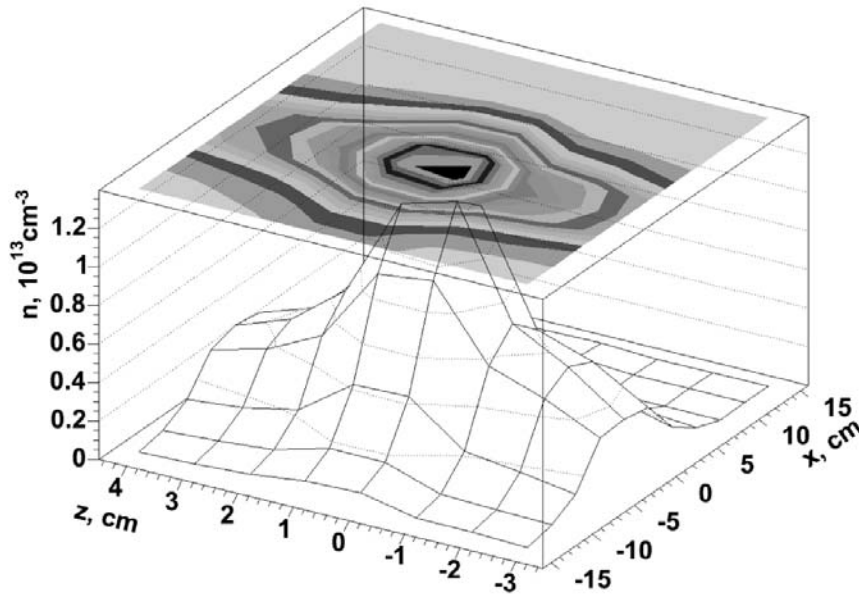


Рис. 7: Плотность быстрых ионов в концевом пробкотроне.

На рисунке 7 приведен пространственный профиль плотности быстрых ионов с компактным пробкотроне, измеренный с помощью энерго-анализатора атомов перезарядки [S.V.Murakhtin, and V.V.Prikhodko, Transactions of Fusion Science and Technology 47, pp. 315- 317 (2005)]. Измеренный профиль нормирован на полученную ранее величину линейной плотности быстрых ионов $\langle n_f l \rangle = 1.4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Максимальное значение плотности быстрых ионов составляет $n_{fast} = 1.2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$, размер по уровню $1/e$ вдоль оси 5 см, перпендикулярно оси 13 см. Средняя энергия быстрых ионов составила 6 кэВ. Следует отметить, что распределения плотности быстрых ионов

с разными энергиями близки, поэтому, проинтегрировав распределение плотности быстрых ионов, и, зная их среднюю энергию, можно получить полное энергосодержание плазмоида в пробкотроне. Максимальное значение энергосодержания быстрых ионов в SHIP-e по таким оценкам составляет 8 Дж. Эту же величину дают и диамагнитные измерения с помощью диамагнитной петли, результаты которых представлены на рис.8. На этом же рисунке приведены данные расчета с помощью кода ITSC [A.V. Anikeev et al., Transaction of Fusion Science and Technology 47 pp.212-214 (2005)]. Интегрированный транспортный код (ITSC, Integrated Transport Code System) создан в коллаборации с Forschungszentrum Rossendorf для моделирования плазмы в аксиально симметричных открытых ловушках. Он состоит из модулей, позволяющих рассчитывать плотности нейтрального газа, распределения мишенной плазмы и быстрых ионов с учётом их взаимодействия между собой. Хорошее согласие экспериментальных данных с расчётами кодом ITSC позволяет утверждать, что, во-первых, удержание быстрых ионов определяется кулоновскими столкновениями и перезарядкой на атомарных пучках и мишенной плазме (именно эти процессы учитываются в коде). И, во-вторых, другие процессы, приводящие к потерям (рециклинг газа со стенок, развитие неустойчивостей), несущественны.

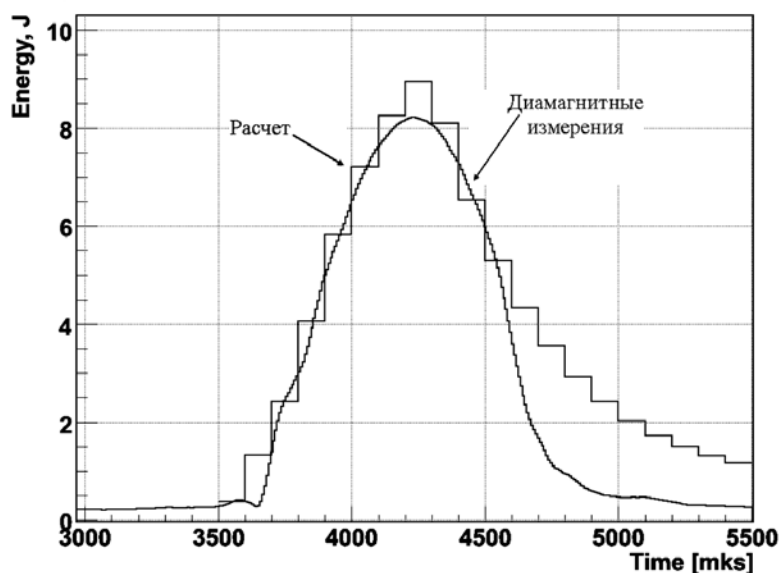


Рис. 8: Диамагнетизм быстрых ионов: сплошная линия - экспериментальные данные, ломаная - расчёт кодом ITSC.

В экспериментах с компактным пробкотроном обнаружен т. н. амбиполярный эффект, связанный с накоплением быстрых ионов. На рис. 9 представлены временные зависимости линейной плотности плазмы, вытекающей сквозь компактный пробкотрон в расширитель, измеренные 8-мм СВЧ интерферометром в экспериментах с нейтральной инжекцией в компактный пробкотрон и без неё. Резкий спад плотности вытекающей плазмы совпадает с началом инжекции нейтральных пучков в компактный пробкотрон. Нарастание плотности ионов в компактном пробкотроне приводит к появлению положительного потенциала, который препятствует вытеканию мишенной плазмы из центральной ячейки ГДЛ. Минимум потока наблюдается в момент времени $t=4400$ мкс, что совпадает с моментом достижения максимальной линейной плотности в компактном пробкотроне по данным дисперсионного интерферометра (рис.6). На рис. 10 представлен поток ионов, вытекающих вдоль оси установки в

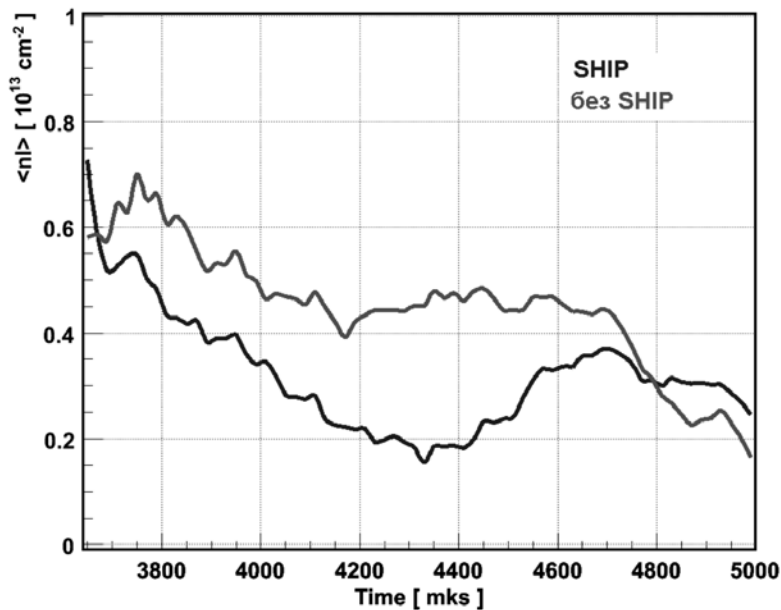


Рис. 9: Линейная плотность плазмы вытекающей из компактного пробкотрона в расширитель (данные 8-мм интерферометра).

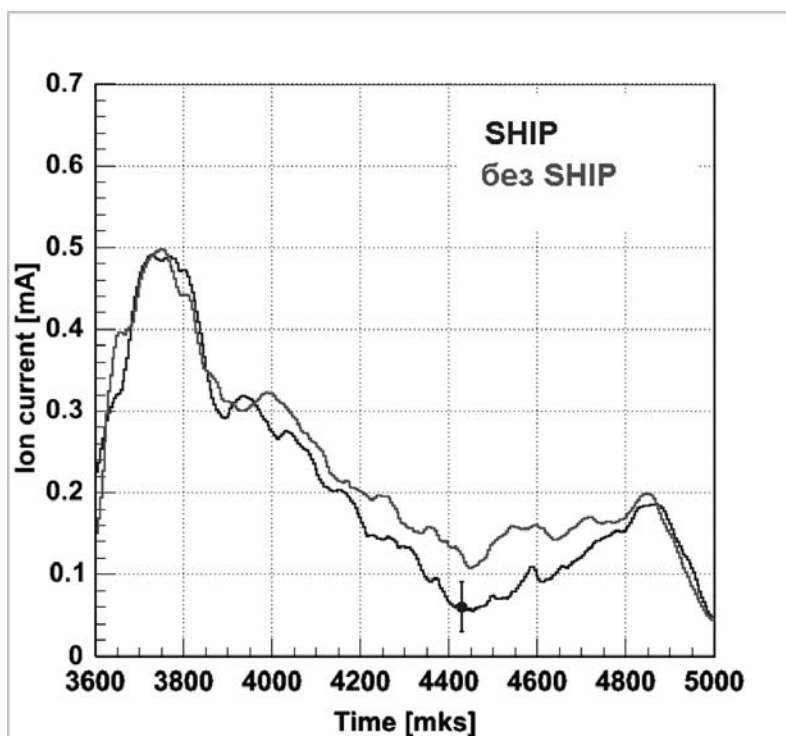


Рис. 10: Поток ионов, вытекающих вдоль оси из пробки SHIP.

расширитель. Высокий пик в области $t=3800$ мкс объясняется изменением плотности плазмы на начальной стадии инжекции атомарных пучков в центральную часть ГДЛ. Из рис. 9 и 10 следует, что в экспериментах с инжекцией нейтральных пучков в компактный пробкотрон, в момент времени, когда плотность быстрых ионов максимальна, поток вытекающих ионов уменьшается вдвое по сравнению с результатами измерений без инжекции нейтральных пучков в компактный пробкотрон.

В заключении кратко перечислим основные результаты:

- Проведен эксперимент с компактным пробкотроном на установке ГДЛ при умеренных параметрах нейтральной инжекции.
- Создана популяция быстрых ионов с анизотропным распределением в пространстве скоростей, плотностью $1.2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ и средней энергией 6 кэВ, что более чем втрое превышает плотность ионов проточной теплой плазмы.
- Показано, что удержание быстрых ионов определяется классическими процессами: кулоновским торможением на электронах мишенной плазмы и перезарядкой на атомарных пучках. Не обнаружено влияние микронеустойчивостей на удержание плазмы.
- Обнаружен эффект амбиполярного запираения: поток плазмы из центральной ячейки в расширитель подавлялся в 2 раза.

4.2 Формирование eh - структур при пучковой неустойчивости

Н.С. Бучельникова, В.Э. Карлин.
Препринты ИЯФ № 2005-13, 2005-14

Проведены численные эксперименты по исследованию неустойчивости электронного пучка большой плотности ($n_b/n_0 = 0.3$ или 0.5 ; $V_0/V_T \sim 2.7-15.9$) в плазме.

Показано, что развитие пучковой неустойчивости сопровождается захватом электронов пучка и электронов плазмы, что приводит к формированию eh - структур на фазовой плоскости ("electron holes"). Неустойчивость слияния eh - структур приводит к формированию квазистационарной одиночной eh - структуры (БГК - волны).

При больших скоростях и малых плотностях пучка захват электронов плазмы не играет существенной роли, и захват электронов пучка приводит к формированию волны БГК типа сгустков.

4.3 Многослойная рентгеновская оптика

В 2005 г. в рамках темы были продолжены работы по следующим направлениям:

- совершенствование технологии изготовления многослойных рентгеновских зеркал и многослойных дифракционных решеток;
- разработка спектрометров мягкого рентгеновского диапазона на основе многослойных рентгеновских зеркал и дифракционных решеток.

К основным результатам, полученным в 2005 г. можно отнести следующее:

Усовершенствована технология магнетронного напыления многослойных зеркал с градиентом периода вдоль поверхности. Найдены оптимальные параметры расположения подложки и источника, при которых наблюдается напыление W/Si градиентных многослойных зеркал с заданными параметрами на площади 100×150 мм.

Изготовлен перестраиваемый спектрометр, рассчитанный на энергии фотонов, лежащие в диапазоне 500-1500 эВ. Схема спектрометра была модернизирована с целью замены многослойного зеркала многослойной дифракционной решеткой. Упрощенная схема спектрометра показана на рисунке.

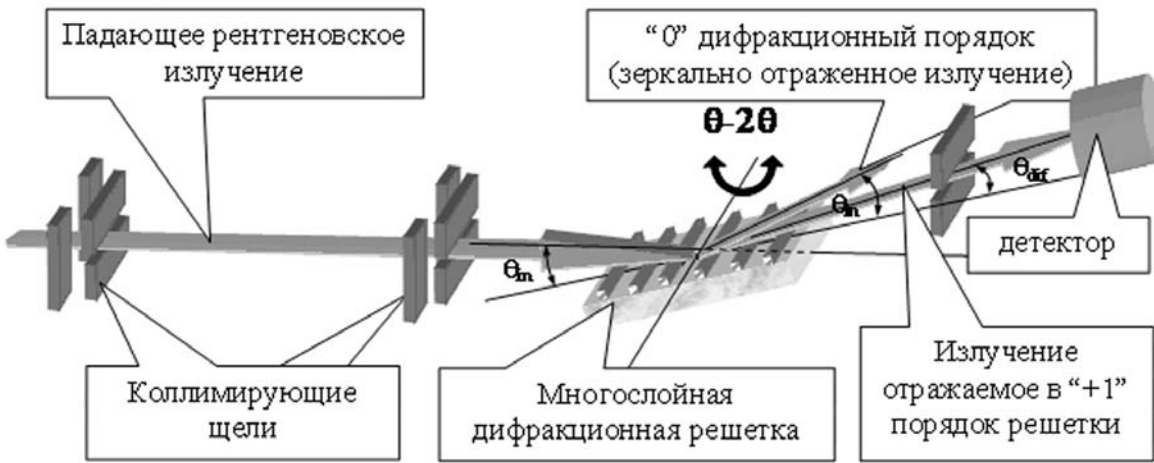


Рис. 1: Схема рентгеновского спектрометра с заменой многослойного зеркала многослойной решеткой.

В отличие от традиционных спектрометров на многослойных зеркалах, изготовленный спектрометр будет иметь в 2 раза лучшее энергетическое разрешение и упрощенную схему, из которой исключены фильтры, отрезающие длинноволновую часть спектра. При этом светосила спектрометра будет как у спектрометра на многослойных зеркалах.

4.4 Расширение исследований плазменной турбулентности, возникающей в плазме, нагреваемой с помощью РЭП

В середине 2005 года Ученый совет института принял решение о расширении тематики проекта по исследованию сильной ленгмюровской турбулентности и о переносе этих исследований с установки ГОЛ-М на экспериментальную установку ГОЛ-3, входящую в число уникальных установок России. Причины такого решения сводятся к следующему.

Установка ГОЛ-3 представляет собой крупномасштабную ($L = 12\text{м}$) открытую магнитную ловушку [<http://www-sbras.nsc.ru/HBC/article.phtml?nid=360&id=27>] с многопробочным магнитным полем ($B_{max} = 5,2\text{ Тл}$, $B_{min} = 3,2\text{ Тл}$, длина одного пробкотрона $l = 22\text{см}$), в которой для нагрева плотной ($n_e > 10^{15}\text{ см}^{-3}$ плазмы используется сильнооточный ($I_b \sim 50\text{ кА}$) релятивистский электронный пучок ($E_b \sim 1\text{ МэВ}$) большой длительности ($\tau \sim 8\text{ мкс}$). В последние годы на этой установке получены впечатляющие результаты [Физика плазмы. 31, с. 506 (2005)]: достигнута температура электронов и ионов плазмы до 2 кэВ при энергетическом времени жизни порядка 1 мс. Получена величина $n\tau \sim (1,5 \div 3) \cdot 10^{12}\text{ см}^{-3}\text{с}$. Обнаружен также ряд интересных физических эффектов: подавление продольной электронной теплопроводности на три порядка по сравнению с классической; влияние профиля q на макроскопическую устойчивость плазмы, модуляция выхода термоядерных нейтронов с характерным временем, определяемым отношением длины отдельного пробкотрона к скорости звука и т.д.

Обычно плазменная турбулентность играет негативную роль, создавая аномальные потери частиц и энергии. Пожалуй, можно утверждать, что сегодня ГОЛ-3 это единственная в мире установка, где возбуждаемая релятивистским электронным пучком ленгмюровская и ионно-звуковая турбулентности играют положительную роль, обеспечивая эффективный нагрев плазмы, существенное подавление продольной электронной теплопроводности и, благодаря специфике взаимодействия РЭП с плазмой в многопробочном магнитном поле, нагрев ионов.

Хотя механизмы физики взаимодействия плазмы с РЭП и ее нагрева на установке ГОЛ-3 в основном осознаны (черенковский механизм накачки пучком плазменных волн, последующая трансформация их спектра в коротковолновую область, передача энергии волн электронам плазмы (затухание Ландау), возбуждение ионно-звуковой турбулентности) полного понимания эффектов взаимодействия в условиях, когда угловой разброс в пучке велик, а начальный инкремент пучковой неустойчивости мал, все же до сих пор нет. Целенаправленные исследования взаимодействия РЭП с плазмой в указанных условиях смогут повысить эффективность нагрева плазмы. В этом смысле большой интерес представляет исследование динамики интенсивности ленгмюровской и ионно-звуковой турбулентности и поведение электронной температуры непосредственно во время инъекции 8-ми микросекундного пучка. Соответствующие методы исследования на установке ГОЛ-3 сегодня практически отсутствуют. Диагностические методики исследования турбулентности, развитые участниками данного проекта для установки ГОЛ-М, могут быть применены и на установке ГОЛ-3, хотя и нуждаются в определённой модификации.

С другой стороны, установка ГОЛ-М, на которой в течение ряда лет систематически проводились исследования турбулентности плазмы, оставалась единственной функционирующей установкой в большом радиационно-защищенном экспериментальном зале ($\sim 1000 \text{ м}^2$), занимая всего лишь 25% его площади. Остальная площадь (75% площади зала) практически не использовалась, поскольку установка ГОЛ-М представляла значительную радиационную опасность. В связи с планами реализации в Институте новых крупных программ, возникла необходимость в переоборудовании данного помещения.

По указанным причинам во второй половине 2005 года сотрудники установки ГОЛ-М были заняты демонтажем и перевозкой оборудования в другое здание на территорию установки ГОЛ-3, а также модификацией имеющихся диагностик на основе лазерного рассеяния для исследования турбулентности на установке ГОЛ-3. Исследования сильной ленгмюровской турбулентности и волнового коллапса, проводившиеся в ходе выполнения настоящего проекта на установке ГОЛ-М, должны войти в новую программу как её составная часть. Незадолго до принятия решения о перебазировании, в первой половине 2005г., основные усилия были направлены на исследование корреляции динамики плотности плазмы с поведением интенсивности регистрируемой ленгмюровской турбулентности, возбуждаемой 100-наносекундным электронным пучком. Было установлено, что плотность плазмы выходит на стационарный уровень в момент, соответствующий появлению ленгмюровской турбулентности (примерно, через 20 нс после начала инъекции пучка), что согласуется с временем возникновения ленгмюровской активности и появлением каверн плотности (см. рис. 1).

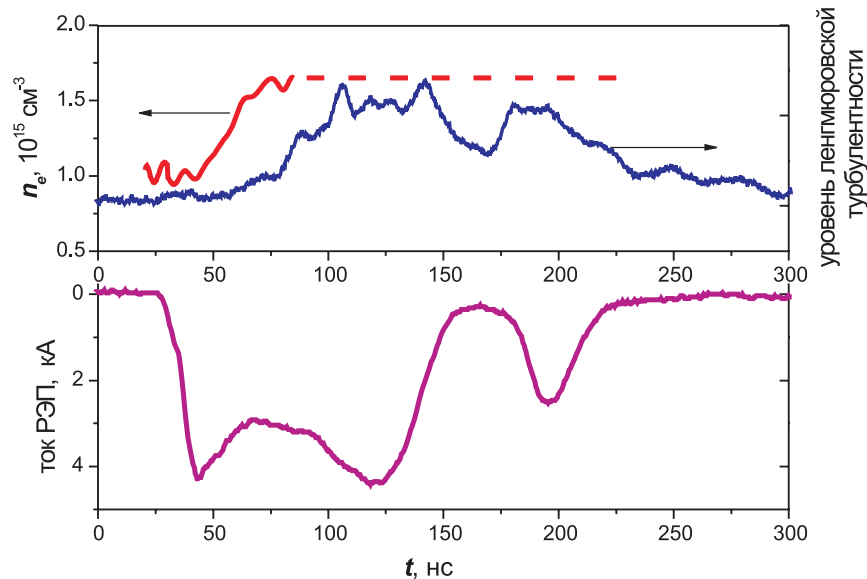


Рис. 1: Временные зависимости тока РЭП, плотности плазмы на фронте РЭП и уровня ленгмюровской турбулентности.

В этот же период времени при отладке системы совмещенных CO_2 - и Nd-каналов рассеяния (в соответствии с планами проекта РФФИ, выполняемого на установке, система рассеяния создавалась для исследования динамики плазменных колебаний в окрестности ленгмюровской каверны) в канале, регистрирующем сигналы рассеяния неодимового лазера, был существенно понижен уровень паразитных помех, что позволило отказаться от использования интерференционного светофильтра. В результате удалось исключить зависимость регистрируемых сигналов рассеяния от электронной температуры плазмы. Тем самым был снят вопрос о возможном влиянии величины T_e на глубину регистрируемых ранее провалов плотности (каверн).

Одновременно, в течение первого полугодия 2005г., в рамках проекта РФФИ велась работа по созданию второго канала регистрации для CO_2 -рассеяния. Были изготовлены оптические элементы канала регистрации и заключен договор с Институтом физики полупроводников СО РАН (финансирование - грант Бортника) на изготовление второго КРТ-детектора с гигагерцовым разрешением. Детектор и оптические элементы планируется использовать в дальнейшем на установке ГОЛ-3. Результаты исследований параметров системы объединенных диагностик рассеяния на установке ГОЛ-М будут представлены в докладе на 33-й Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС (13 -17 февраля 2006 г.).

В работе принимали участие:

В.С. Бурмасов, Л.Н. Вячеславов, И.В. Кандауров, Э.П. Кругляков, С.С. Попов, Л.Н. Санин.

Публикации : [115]

4.5 Установка ГОЛ-3

Введение

В 2005 году на установке ГОЛ-3 велись работы по основной программе исследований удержания плотной плазмы в многопробочной ловушке. Схема установки представлена на рис. 1. Соленоид установки состоит из 110 катушек с независимым питанием и имеет общую длину около 12 м. В многопробочной конфигурации магнитное поле имеет 55 периодов гофрировки (ячеек многопробочной системы) с полем в максимуме 4.8 Тл, в минимуме 3.2 Тл и шагом 22 см. Пробочное отношение гофрированной ловушки составляет 1.5, то есть режим работы установки соответствует режиму “слабой гофрировки”. Соленоид оканчивается одиночными магнитными пробками с полем 8-9 Тл.

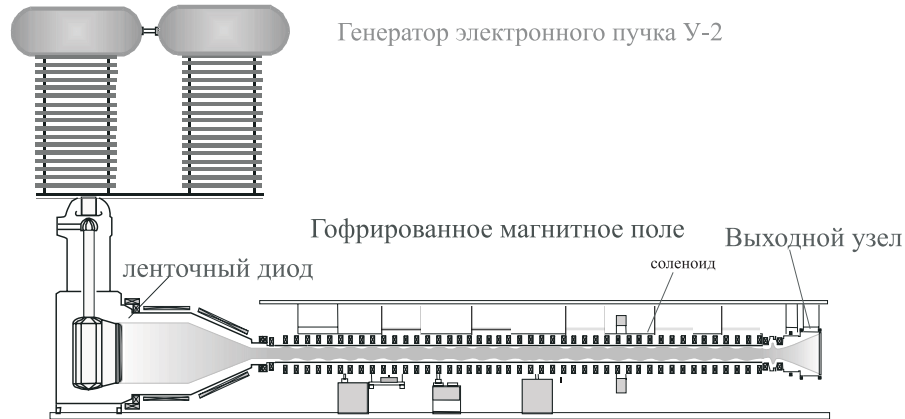


Рис. 1: Схема установки ГОЛ-3.

При помощи нескольких импульсных клапанов в металлической вакуумной камере $\varnothing 10$ см, расположенной внутри соленоида, создаётся требуемое распределение плотности водорода или дейтерия по длине. Далее с помощью специального продольного разряда создается исходная плазма со средней по длине плотностью $\sim 10^{15}$ см $^{-3}$ и температурой ~ 2 эВ. Затем в эту плазму инжектируется релятивистский электронный пучок со следующими параметрами: энергия электронов ~ 0.9 МэВ, ток ~ 25 кА, длительность по основанию ~ 8 мкс, энергосодержание ~ 120 кДж, диаметр пучка ~ 5 см. В результате коллективного нагрева плазма приобретает ионную температуру масштаба 1-2 кэВ (в наиболее горячей части плазменного столба). Использование многопробочной схемы удержания (гофрированного магнитного поля) позволяет удерживать горячую плазму гораздо дольше, чем в простой соленоидальной ловушке.

Как было показано ранее, быстрое время нагрева ионов плазмы не может быть объяснено передачей энергии от электронов к ионам через парные столкновения, поэтому был предложен новый, коллективный механизм передачи энергии от греющего электронного пучка к ионам, существенно зависящий от наличия в установке периодически-неоднородного (гофрированного) магнитного поля. Эксперименты сезона 2005 года были направлены на выяснение особенностей быстрого нагрева плазмы в ловушке.

Помимо физических экспериментов, на установке ГОЛ-3 постепенно проводится модернизация отдельных систем и узлов. В 2005 году был изготовлен и смонтирован на установке новый входной узел, включающий в себя катушки, формирующие входную пробку, и соответствующую секцию вакуумной камеры.

4.5.1 Модернизация входного пробочного узла

Одной из задач модернизации комплекса ГОЛ-3, выполненных в 2005 году, являлась разработка и создание нового входного узла установки (расположенного между окончанием секции компрессии электронного пучка ускорителя У-2 и магнитоплазменной системой). Этот узел состоит из катушки сильного поля, создающей магнитную пробку на входе установки, и секции вакуумной камеры. В настоящее время магнитная система установки включает в себя три катушки сильного поля; одна формирует магнитную пробку в начале установки, отделяя плазменный столб от ускорителя У-2, две других, расположенных в конце установки, образуют магнитную систему источника предварительной плазмы.

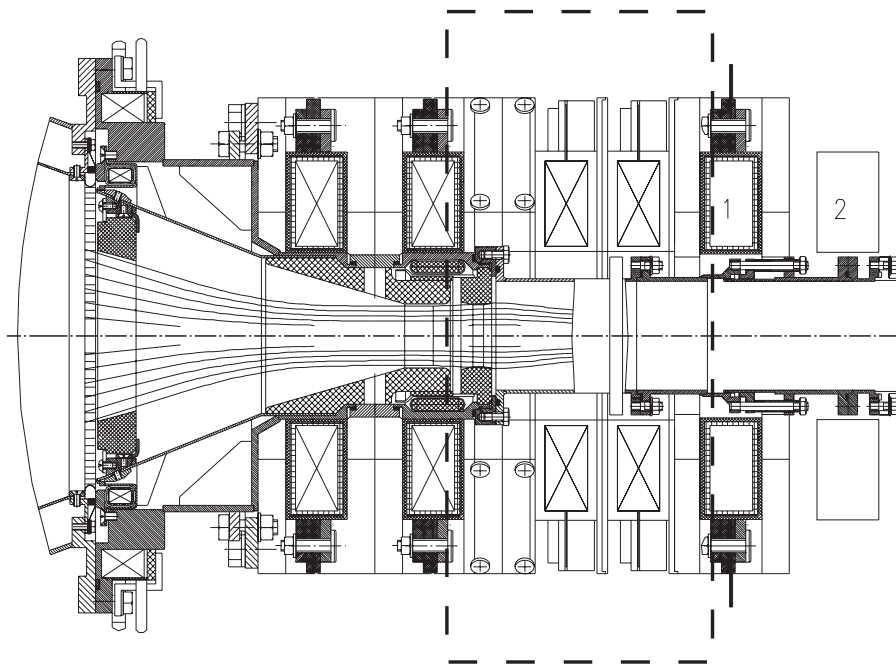


Рис. 2: Конструкция входного узла установки ГОЛ-3. Новые элементы обведены пунктирной рамкой.

Существовавшая ранее входная катушка сильного поля позволяла получать до 12 Тл в апертуре 80 мм. Вследствие малой апертуры этих катушек плазменный столб на участках сильного поля оказывался в непосредственной близости от стенки вакуумной камеры. Это, в частности, могло приводить к ускоренному остыванию плазмы за счет поперечного переноса энергии на стенку и появлению тяжелых примесей в плазме. Кроме того, за время эксплуатации данные катушки практически выработали свой ресурс.

Новые пробочные катушки изготовлены путем соединения двух стандартных катушек соленоида ГОЛ-3 с минимально возможным шагом. Такое техническое решение позволило увеличить апертуры катушек сильного поля до диаметра 157 мм, а также унифицировать систему крепления и стыковки соленоида.

В 2005 году входная пробочная катушка была заменена на новую катушку сильного поля с большой апертурой. При этом переделке подверглась также вакуумная камера установки. Так, были исключены участок камеры малого диаметра в районе входной пробки и не используемый в настоящее время узел перемотки фольг.

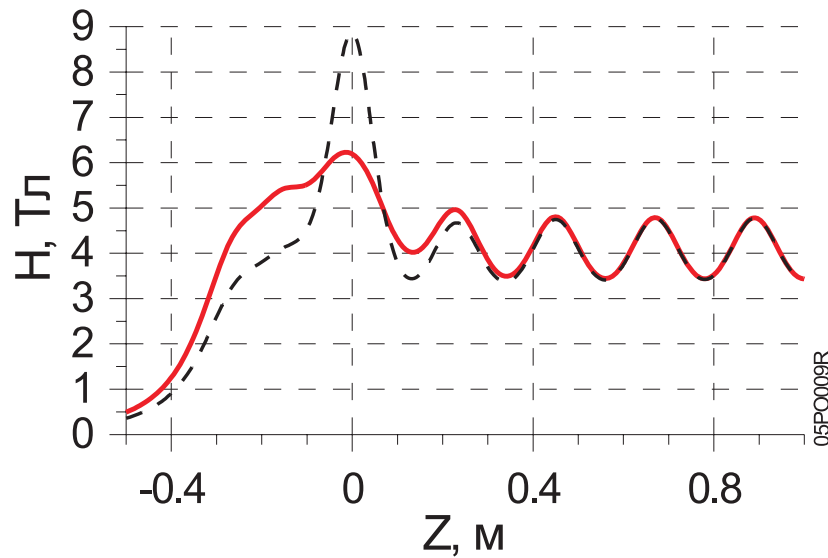


Рис. 3: Магнитное поле вблизи входной пробки установки ГОЛ-3 в старом варианте (пунктир) и после модернизации (сплошная линия).

Основными физическими результатами данной модернизации стали: увеличение тока, протекающего от системы создания плазмы через входную пробку в камеру сжатия пучка (что благоприятно повлияло на устойчивость пучка в плазме и позволило увеличить эффективность инжекции), удаление стенки вакуумной камеры от горячей плазмы в области сильного поля. С технической же точки зрения повышена надежность работы установки в целом и уменьшена вероятность возникновения аварийных ситуаций.

4.5.2 Быстрый нагрев ионов и движение плазмы в многопробочной системе

При инжекции электронного пучка в многопробочную ловушку возникают градиенты давления как в пределах отдельной ячейки ловушки (из-за зависимости эффективности нагрева плазмы от отношения n_b/n_p , а, следовательно, и от величины магнитного поля H_{max}/H_{min} , так и в целом по длине всей системы. В результате возникают течения плазмы как в отдельных ячейках ловушки (направление движения плазмы в этом случае может быть встречным), так и макроскопическое движение плазмы вдоль всей ловушки - см. рис. 4. Оба этих движения в гофрированном поле приводят к передаче энергии от электронов к ионам гораздо быстрее, чем передача энергии за счет парных столкновений.

Рассмотрим описанный механизм более подробно. В каждом максимуме магнитного поля плотность тока пучка повышается, усиливается нагрев электронов, а вследствие аномально высокой частоты столкновений электронная температура не успевает выравниваться вдоль магнитного поля. В результате в этих местах возникают максимумы давления, под действием которых плазма ускоряется по направлению к точкам минимума магнитного поля. Возникающие встречные плазменные потоки сталкиваются, перемешиваются, и, как результат, происходит нагрев ионной компоненты плазмы.

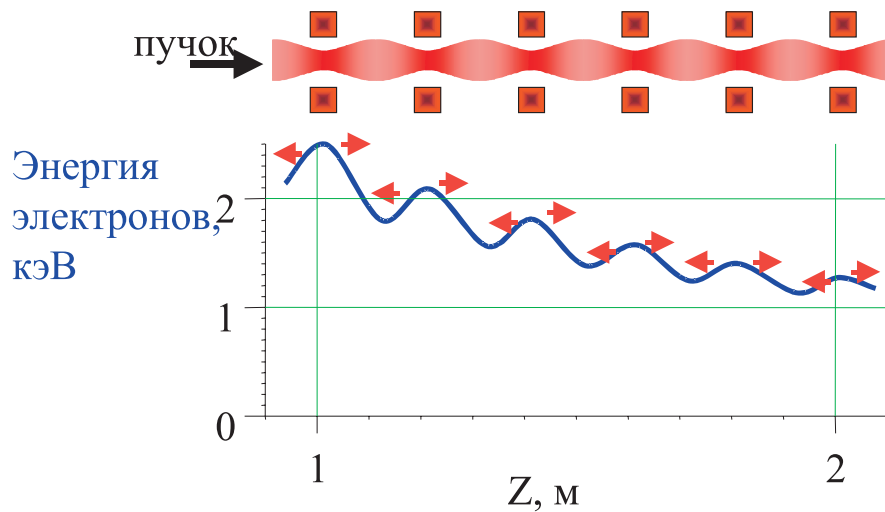


Рис. 4: Вверху: схема конфигурации магнитного поля установки ГОЛ-3 на участке с координатами от 1 м до 2 м. Коллективный нагрев электронов плазмы более эффективно происходит в максимумах магнитного поля, общее падение нагрева по длине связано с ростом фазового объема пучка. Внизу: средняя энергия электронов плазмы в конце нагрева (расчет К.В.Лотова и И.В.Тимофеева), стрелки показывают направления ускорения плазмы электронным давлением.

Ионная компонента плазмы нагревается значительно быстрее, чем это возможно при классической (кулоновской) передаче энергии от электронов к ионам. Таким методом удалось нагреть плазму до температуры 2 кэВ при плотности $(0.5-1) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Эта температура уже является достаточно высокой для того, чтобы можно было измерять поток продуктов термоядерных D-D реакций. В случае установки ГОЛ-3 наиболее удобным для измерений каналом реакции является $D + D \rightarrow {}^3\text{He} + n$ (2.45 МэВ).

Для изучения особенностей коллективного механизма быстрого нагрева ионов была разработана новая диагностика продуктов термоядерных реакций с высоким пространственным и временным разрешением. Как показывают расчеты, потоки плазмы из областей максимального нагрева распространяются навстречу друг другу, ускоряемые амбиполярным электрическим полем, со скоростью, соответствующей энергии дейтонов 1-2 кэВ. При этом следовало ожидать характерные особенности динамики нейтронной эмиссии из ловушки. Во-первых, должна существовать определенная задержка в появлении нейтронов из плазмы, равная времени ускорения плазмы в каждой ячейке. Во-вторых, указанная энергия дейтонов значительно меньше энергии, при которой есть максимум сечения термоядерной D-D реакции. Это значит, что выход термоядерных нейтронов будет весьма чувствителен к виду функции распределения ионов по скоростям. Обсуждаемый механизм быстрого нагрева ионов предсказывает столкновение “лоб в лоб” встречных потоков плазмы вблизи центрального сечения каждого отдельного элемента гофрировки поля и последующую максвеллизацию функции распределения. Поэтому ожидалось, что нейтронный сигнал появится с некоторой задержкой относительно пучка, будет иметь большую амплитуду в течение короткого времени и затем будет наблюдаться длительная фаза эмиссии нейтронов из плазмы с меньшим уровнем сигнала.

4.5.3 Описание нейтронной диагностики на основе локальных детекторов

Для исследования динамики нейтронного излучения была разработана отдельная помехозащищенная нейтронная диагностика - локальные детекторы, представляющие собой сцинтиллятор размерами 45x10x15 мм в непрозрачной оболочке, соединенный с помощью кварц-полимерного оптоволокна диаметром 1 мм с фотоумножителем, расположенным в удаленной пультуовой. В непосредственной близости от плазмы поток жесткого излучения достаточно велик, поэтому детекторы работают в токовом режиме. Большой поток частиц в месте расположения детектора и работа в токовом режиме позволяют работать со сцинтилляторами небольших размеров. Благодаря своим малым размерам локальные детекторы могут быть размещены в любом месте установки непосредственно на наружной поверхности вакуумной камеры. Ранее (при помощи впервые разработанной системы цифровой дискриминации нейтронов и вторичных гамма-квантов по форме импульса) было показано, что легкие сцинтилляторы позволяют адекватно определять уровень потока нейтронов. Дополнительно для мониторинга фона жесткого излучения применялся отдельный детектор с кристаллом BGO аналогичного размера (этот сцинтиллятор менее чувствителен к нейтронам).

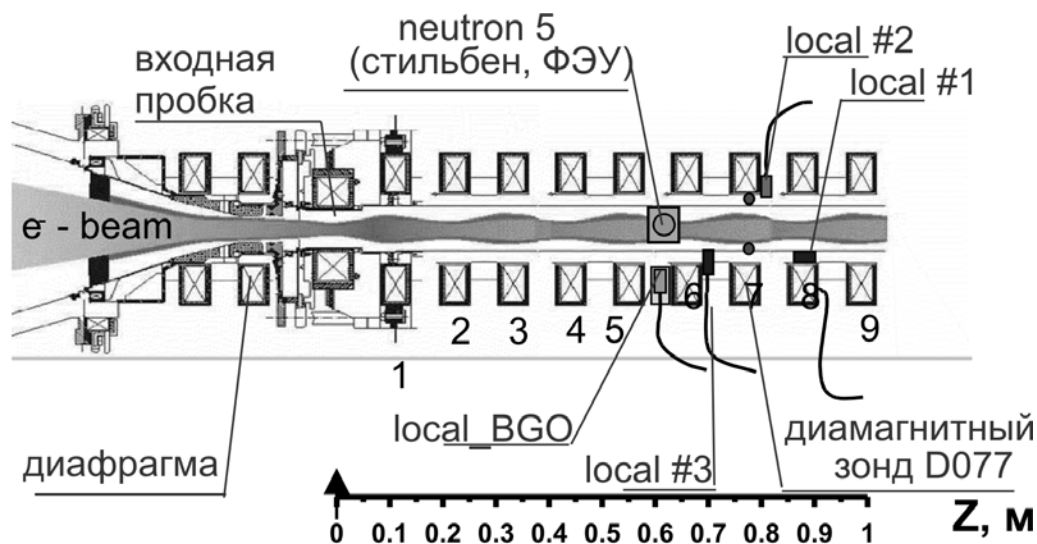


Рис. 5: Схема расположения локальных нейтронных детекторов в начальной части установки ГОЛ-3 (один из вариантов, конкретное расположение изменялось в зависимости от задачи эксперимента).

Важной особенностью обсуждаемой методики является то, что она существенно использует конструктивные элементы магнитной системы установки ГОЛ-3 в качестве своего рода коллиматоров нейтронного потока. Катушки соленоида ГОЛ-3 намотаны медной лентой с эпоксидно-бумажной изоляцией между витками. Доля атомов водорода в катушках достаточно велика для того, чтобы катушки служили эффективными модераторами нейтронов, поэтому локальные детекторы регистрируют излучение только из одной ячейки многопробочной ловушки.

Для абсолютной калибровки локальных детекторов в условиях реальной геометрии установки ГОЛ-3 использовался промышленный генератор нейтронов ИНГ-101Т,

который имеет излучающую зону небольшой площади. Генератор работал в однократном импульсном режиме, число нейтронов за импульс $\sim 5 \cdot 10^6$, средняя длина импульса по основанию $\sim 0,75$ мкс. Генератор нейтронов размещался внутри точного аналога магнитовакуумной системы ГОЛ-3 и перемещался вдоль оси для того, чтобы определить функцию отклика детекторов, расположенных в разных точках относительно катушек соленоида. Для локальных детекторов, работающих в токовом режиме, было найдено соответствие между амплитудой сигнала и количеством нейтронов, проходящих через сечение сцинтиллятора. Исследовалось также влияние катушек на ослабление нейтронного сигнала. Установлено, что одна пара соседних катушек обеспечивает коллимацию нейтронов до $\sim 25^\circ$, а ослабление сигнала от источника непосредственно под катушкой составляет 3,5 раза.

4.5.4 Результаты

Максимум распределения нейтронной эмиссии вдоль установки находился на расстоянии ~ 1 метр от входной пробки. Здесь наблюдаются во всех подробностях следующие явления: спустя 4-5 мкс после начала инъекции пучка сначала возникают интенсивные нерегулярные вспышки нейтронного излучения, а далее возникает регулярная, периодическая модуляция нейтронной эмиссии (см. рис. 6). Локальные детекторы в этом случае располагались так, как показано на рис. 5.

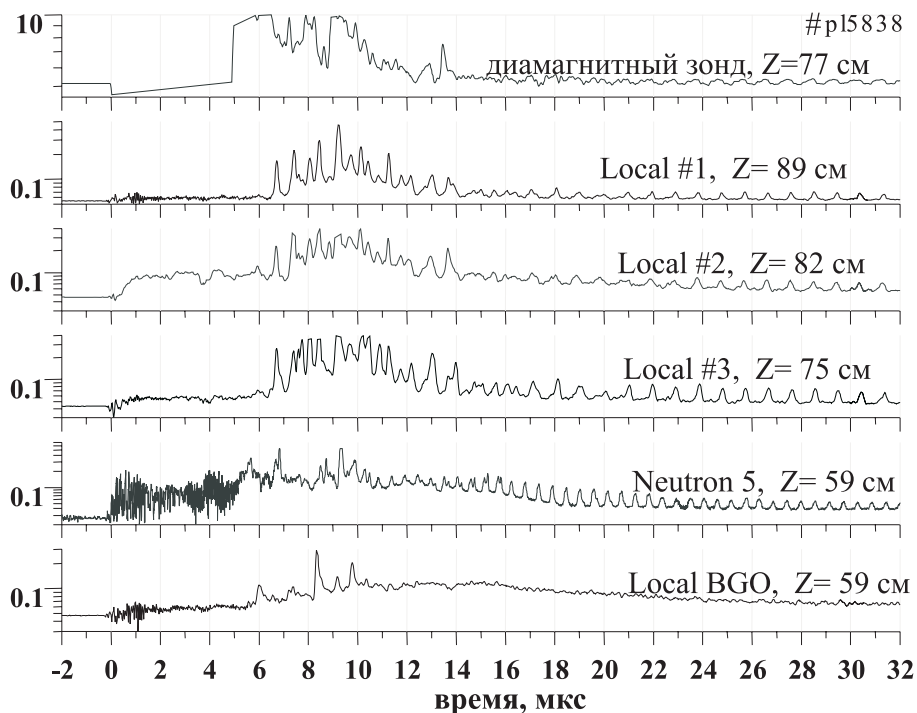


Рис. 6: Осциллограммы сигналов (сверху вниз): производная сигнала диамагнитного зонда, расположенного на координате 77 см; сигналы нейтронных детекторов (координаты 89, 82, 75 и 59 см); сигнал детектора гамма-излучения (координата 59 см). Сигналы детекторов излучения для удобства приведены в логарифмическом масштабе.

Наблюдается хорошая корреляция периодических вспышек нейтронного излуче-

ния для детекторов, расположенных друг за другом в одной ячейке многопробочной ловушки. Частота следования вспышек совпадает с частотой колебаний, отмечаемых на производной диамагнитного сигнала, измеренного в непосредственной близости от места расположения нейтронного детектора. Третий детектор кроме основного сигнала регистрирует влияние соседней ячейки, в которой стоит детектор **neutron5**. В данном выстреле частота модуляции в левой ячейке была выше, чем в правой. Доказательство нейтронной природы периодических вспышек - на последней осциллограмме локального детектора с тяжелым сцинтиллятором ВГО, который эффективно регистрирует только жесткое рентгеновское и гамма-излучение, модуляция этого сигнала незначительна.

Осцилляции нейтронного излучения из плазмы локализованы в пространстве и наблюдаются из двух областей, прилегающих к участку с наибольшей температурой плазмы. Время существования таких периодических колебаний изменяется при смене режима работы установки и примерно соответствует времени существования в плазме значительных градиентов давления. Эти факты говорят о том, что источником энергии для возникновения колебаний может быть проток плазмы через ячейку многопробочной ловушки со стороны области более высокого давления.

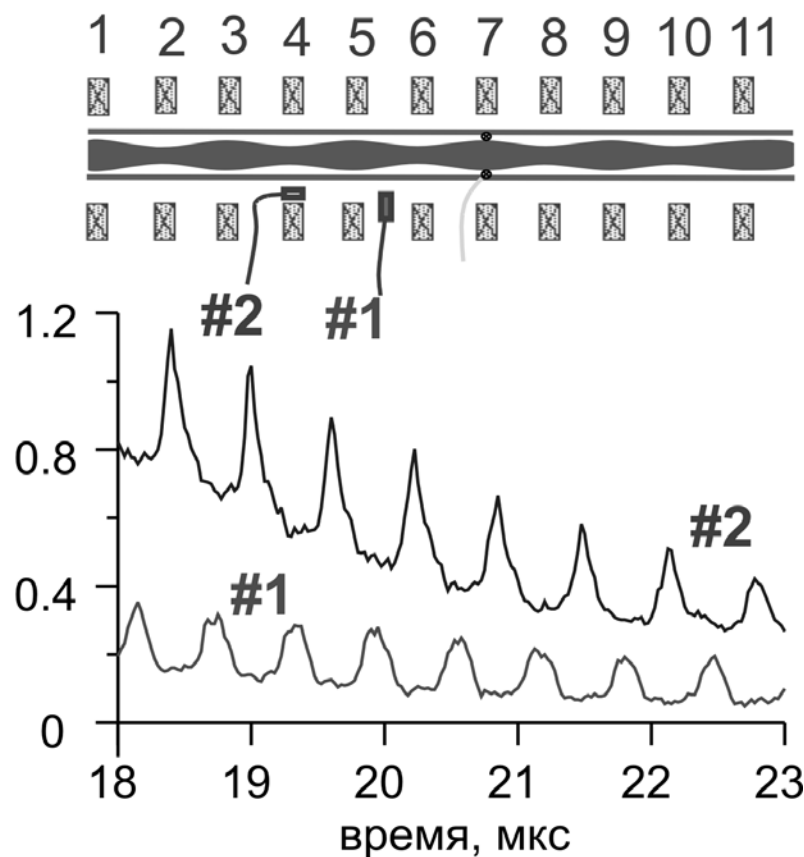


Рис. 7: Сигналы двух локальных детекторов, расположенных вблизи противоположных концов одной и той же ячейки многопробочной ловушки. Вверху: схема расположения детекторов в этом случае.

Следует отметить три особенности представленных сигналов. Во-первых, период колебаний совпадает с временем пролета ионов дейтерия через одну ячейку многопробочной ловушки со скоростью, соответствующей средней локальной тепловой скорости (с имеющейся точностью). Во-вторых, на сигналах рис. 6 и 7 виден сдвиг фа-

зы колебаний у детекторов, расположенных в разных точках одной и той же ячейки многопробочной ловушки. Локальные детекторы, расположенные рядом, регистрируют синфазные флуктуации, а детекторы, расположенные на краях одной ячейки - противофазные. В-третьих, на диамагнитных и других измеряемых сигналах такой интенсивной модуляции не наблюдается. Это означает, что обнаруженные колебания нейтронного потока не могут быть связаны с формированием волн плотности заметной амплитуды. Наблюдаемая в целом экспериментальная картина наилучшим образом объясняется возбуждением и существованием в течение определенного времени неустойчивости типа баунс-колебаний.

Абсолютное количество нейтронов, прошедших через телесный угол детектора в течение времени жизни горячей плазмы, составляет $(1-2) \cdot 10^8$ нейтронов. Если считать нейтронное излучение изотропным, то полное количество нейтронов, излучаемое плазмой за выстрел, будет составлять $(1-4) \cdot 10^{11}$ нейтронов. Интенсивность нейтронной эмиссии сильно изменяется в течение выстрела, и к моменту установления равновесной ионной температуры она заметно падает. Расчетная ионная температура, соответствующая равновесному нейтронному сигналу в наиболее горячей части плазмы, составляет 1-1,5 кэВ, т.е. совпадает количественно с результатами измерения этой величины при помощи спектральных методик и анализатором нейтралов перезарядки.

4.5.5 Модель неустойчивости баунс-колебаний

Наблюдаемые осцилляции нейтронного потока объясняются в рамках модели, разработанной А.Д. Беклемишевым. Основные положения модели изложены ниже. Поток плазмы, обусловленный неравномерностью энерговыделения пучка вдоль соленоида, при определенных условиях раскачивает баунс-колебания плотности в отдельной ячейке многопробочной ловушки. Частицы двигаются с эффективной потенциальной энергией:

$$U_{eff} = \mu B(z) + q\phi_0(z) \quad .$$

Запертые частицы совершают колебания между пробками с частотой

$$\omega_b = \pi \left[\int_{-z_0}^{z_0} \frac{dz}{v_{||}} \right]^{-1}$$

При течении более горячей плазмы через отдельную гофру происходит возмущение плотности запертых ионов, их функция распределения по скоростям становится существенно неравновесной. При определенных параметрах потока плазмы извне, течение плазмы через ячейку запирается периодически с частотой

$$\omega^2 = \bar{\omega}_b^2 + \frac{ZT_e}{ml^2} \sim \frac{c_s^2}{l^2}$$

и происходит модуляция концентрации пролетных ионов. Развитая неустойчивость должна уменьшать эффективную длину рассеяния продольной скорости слабопролетных ионов до длины одного гофра. При этом происходит эффективная термализация продольной энергии потока плазмы, набранной в процессе амбиполярного ускорения встречных сгустков плазмы, а также в процессе выравнивания градиента давления плазмы вдоль соленоида. В конечном итоге температура плазмы повышается, а продольные потери частиц уменьшаются.

4.5.6 Заключение

На установке ГОЛ-3 проведены эксперименты по изучению динамики нейтронного излучения в отдельных ячейках многопробочной ловушки. Целью этих экспериментов было выяснение механизмов быстрого нагрева и последующего удержания ионов в многопробочной ловушке. Была создана специализированная нейтронная диагностика, с помощью которой были обнаружены явления, являющиеся следствиями неравномерного нагрева плазмы. Установлен механизм возникновения периодических вспышек нейтронного потока. Развитая неустойчивость наблюдаемых в эксперименте баунс-колебаний способствует дальнейшему нагреву ионов и препятствует уходу горячей плазмы на торцы. Проведена абсолютная калибровка локальных детекторов с помощью импульсного генератора нейтронов. Ионная температура равновесной остывающей плазмы, согласно измерениям комплекса нейтронных диагностик, составляет 1-1,5 кэВ.

Участники работы:

А.В.Бурдаков, А.В.Аржанников, В.Т.Астрелин, А.Д.Беклемишев, В.С.Бурмасов, Л.Н.Вячеславов, Г.Е.Деревянкин, Э.Р.Зубаиров, В.Г.Иваненко, И.А.Иванов, М.В.Иванцовский, И.В.Кандауров, В.В.Конюхов, И.А.Котельников, С.А.Кузнецов, А.Г.Макаров, К.И.Меклер, В.С.Николаев, С.С.Попов, В.В. Поступаев, А.Ф. Ровенских, С.В.Полосаткин, А.Л.Санин, С.Л.Синицкий, В.Д.Степанов, Ю.С.Суляев, Ю.А.Трунев, А.А.Шошин.

Глава 5

Установки со встречными электрон - позитронными пучками

5.1 Предложение по ускорению поляризованного протонного пучка на ускорителе У-70

Введение

К настоящему времени накоплен большой опыт в ускорении поляризованных протонов в синхротронах. Но в каждом конкретном случае требуется выбор соответствующего оборудования и решение проблемы, как это оборудование добавить в уже действующий ускоритель. Первая попытка рассмотреть возможность ускорения поляризованных протонов на У-70 была предпринята в 1981 году. Однако предлагаемый вариант требовал достаточно больших усилий для увеличения длины двух прямолинейных промежутков за счет модификации двух десятиметровых супермагнитов

Прежде всего, напомним основной подход к описанию динамики спина в ускорителях, то есть в периодических магнитных структурах. Хорошо известно, что движение частиц в современных ускорителях описывается с предельно высокой точностью в рамках полуклассического подхода. Но для спина нет квазиклассического предела. Даже при сверхвысоких энергиях электрон или протон остаются в собственном состоянии “вверх” или “вниз” как частицы со спином $\frac{1}{2}$ (в единицах \hbar).

Квантовый оператор спина — это $\hat{\mathbf{S}} = 1/2 \cdot \hat{\boldsymbol{\sigma}}$, где $\hat{\boldsymbol{\sigma}} = \boldsymbol{\sigma} = (\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z) = \left[\left(\begin{array}{cc} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{array} \right); \left(\begin{array}{cc} 0 & -i \\ i & 0 \end{array} \right); \left(\begin{array}{cc} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{array} \right) \right]$ — матрицы Паули.

Следуя теореме Эренфеста, определим в системе покоя частицы классический вектор спина в любом состоянии $|\psi\rangle$ как квантовомеханическое среднее оператора спина $\mathbf{S} = \langle \psi^\dagger | \hat{\boldsymbol{\sigma}} | \psi \rangle$. Этот вектор \mathbf{S} прецессирует в системе покоя частицы вокруг магнитного поля \mathbf{B}_c вместе с магнитным моментом частицы $\boldsymbol{\mu} = q\mathbf{S}$:

$$\frac{d\mathbf{S}}{d\tau} = \boldsymbol{\Omega}_c \times \mathbf{S}.$$

Частота прецессии спина равна $\boldsymbol{\Omega}_c = -(q_0 + q')\mathbf{B}_c$, где $q_0 = \frac{e}{m}$ и q' нормальная и аномальная части гиромагнитного отношения q ($c = \hbar = 1$).

Обобщение уравнения движения спина в лабораторной системе на случай релятивистской частицы было проведено различными путями (см. для примера [1]). Наиболее удобное обобщение для применения в ускорителях, то есть выражение для движения спина релятивистской частицы в электромагнитном поле может быть представлено в следующем виде:

$$\mathbf{S}' = \frac{d\mathbf{S}}{d\theta} = \mathbf{W}(\theta) \times \mathbf{S} \quad (5.1)$$

где

$$\mathbf{W}(\theta) = -\frac{q_0}{\gamma} \left[\left(1 + \gamma a \right) \mathbf{B}_\perp + (1 + a) \mathbf{B}_\parallel + \left(\frac{\gamma}{\gamma + 1} + \gamma a \right) \mathbf{E} \times \mathbf{V} \right].$$

Здесь мы разложили магнитное поле на две проекции \mathbf{B}_\parallel и \mathbf{B}_\perp (параллельную и перпендикулярную к вектору скорости частицы \mathbf{V}) и ввели вместо времени t обобщенный азимут θ положения частицы и, так называемую, магнитную аномалию частицы $a = \frac{q'}{q_0}$. Для протонов: $a_p = 1.792847351 \pm 2.8 \cdot 10^{-8}$.

Подобно орбитальному движению мы разложим частоту прецессии спина на две части: [2] $\mathbf{W}(\theta) = \mathbf{W}_0(\theta) + \mathbf{w}$. Периодическая часть $\mathbf{W}_0(\theta + 2\pi) = \mathbf{W}_0(\theta)$ даёт вращение спина вокруг магнитного поля на равновесной замкнутой орбите ускорителя, в то время как \mathbf{w} это малое возмущение ($|\mathbf{w}| \ll |\mathbf{W}_0|$), связанное с колебаниями

неравновесной частицы. Очевидно, что решение уравнения движения спина (5.1) на произвольном азимуте θ с $\mathbf{W}(\theta) = \mathbf{W}_0(\theta)$ есть периодический единичный вектор $\mathbf{n}_0(\theta + 2\pi) = \mathbf{n}_0(\theta)$, который служит осью прецессии спина. Вращение спина вокруг $\mathbf{n}_0(\theta)$ на угол ϕ за один оборот частицы является результатом всех вращений спина произвольными локальными полями вдоль равновесной замкнутой орбиты.

Существует простой подход к нахождению спиновой замкнутой орбиты $\mathbf{n}_0(\theta)$ с использованием SU(2) матриц. Известно, что вращение спина на i -м отрезке орбиты описывается матрицей: $T_i = I \cdot \cos \frac{\phi_i}{2} - i(\mathbf{n}_i \cdot \boldsymbol{\sigma}) \sin \frac{\phi_i}{2}$, где \mathbf{n}_i локальная ось прецессии.

Теперь, зная матрицу преобразования спина на одном обороте, которая есть произведение локальных вращений: $T = T_m \cdot T_{m-1} \cdots T_2 \cdot T_1$, легко найти спиновую частоту и периодическое направление спина:

$$\mathbf{n}_0 = \frac{i}{2\pi \sin \pi\nu} \text{tr}(\boldsymbol{\sigma} \cdot T); \quad \cos \pi\nu = \frac{1}{2} \text{tr}(T), \quad (5.2)$$

где мы определили (подобно бетатронной частоте) спиновую частоту $\nu = \frac{\phi}{2\pi}$, которая есть отношение \mathbf{W}_0 к частоте Лармора:

$$\boldsymbol{\omega} = -\frac{q_0}{\gamma} \left[\mathbf{B}_\perp + \frac{\gamma^2}{\gamma^2 - 1} \mathbf{E} \times \mathbf{V} \right]. \quad (5.3)$$

Два других (перпендикулярных к \mathbf{n}_0) решения уравнения движения спина — комплексные вектора $\boldsymbol{\eta}$ и $\boldsymbol{\eta}^*$, вращающиеся по- и против часовой стрелки вокруг \mathbf{n}_0 с частотой прецессии спина: $\boldsymbol{\eta}(\theta + 2\pi) = \boldsymbol{\eta}(\theta) e^{-i\nu\theta}$.

Ось прецессии спина неравновесной частицы отличается от \mathbf{n}_0 и может быть представлена в виде $\mathbf{n} = \sqrt{1 + |C|^2} \mathbf{n}_0 + \text{Re}(iC\boldsymbol{\eta}^*)$; $|C| \ll 1$. Подставляя этот вектор \mathbf{n} в (5.1) мы приходим в линейном приближении к уравнению:

$$C' = w_\perp = (\mathbf{w} \cdot \boldsymbol{\eta}^*). \quad (5.4)$$

Спиновые резонансы

В случае ускорителя с вертикальным ведущим полем $K_z = \frac{B_z}{\langle B_z \rangle}$ ось прецессии спина \mathbf{n}_0 везде совпадает с единичным вектором вдоль направления поля: $\mathbf{n}_0 = \mathbf{e}_z$ и $\boldsymbol{\eta} = (\mathbf{e}_x - i\mathbf{e}_y) e^{-i\nu_0\tilde{\theta}}$, где $\tilde{\theta} = \int_0^\theta K_z d\theta$. Из уравнений (5.1) and (5.3) мы видим, что спиновая частота в системе ускорителя $(\mathbf{e}_x; \mathbf{e}_y; \mathbf{e}_z)$ равна $\nu = \nu_0 = \gamma \cdot a$. Линейная зависимость спиновой частоты от энергии частиц создает много проблем при ускорении поляризованного протонного пучка — пересекается большое количество резонансов, разрушающих поляризацию пучка

В любом циклическом ускорителе фокусирующие элементы являются его неотъемлемой частью, также как и бетатронные колебания. Они создают возмущения для движения спина за счет своих составляющих радиальных (горизонтальных) магнитных полей. Используя уравнение движения частиц, это возмущение может быть представлено в виде: $w_\perp = \nu_0 z'' = \nu_0 g_z z$. Подставляя это в (5.4) находим, что \mathbf{n} осциллирует вокруг \mathbf{n}_0 с бетатронной частотой ν_z . В случае резонанса $\nu = \nu_k = k \pm \nu_z$ (бетатронные резонансы) спин будет вращаться вокруг горизонтальной оси с частотой прецессии w_k — сила резонанса:

$$|w_k| = |A_z| \frac{\nu_0}{2\pi} \oint g_z |f_z| e^{i(\nu_k \mp \nu_z)\tilde{\theta}} d\theta,$$

где мы использовали функцию Флоке для решения уравнения движения вдоль z : $z = A_z f_z + c.c.$. Видно, что мощность бетатронных резонансов усиливается с увеличением энергии частиц и зависит от амплитуды вертикальных бетатронных колебаний A_z .

Другие возмущения спинового движения связаны с величиной искажений орбиты в вертикальной плоскости, вызванных несовершенством магнитного поля на орбите в радиальном направлении $K_x = \frac{B_x}{\langle B_z \rangle}$. Подставляя в уравнение (5.4) усиленную периодическую часть вертикального движения Z_s , мы получим мощность целых резонансов $\nu = k$:

$$|w_k| = \frac{\nu_0}{2\pi} \oint Z_s'' e^{-ik\bar{\theta}} d\theta = \frac{\nu_0}{2\pi} \oint K_x F_3(\theta) e^{-ik\bar{\theta}} d\theta,$$

где $F_3(\theta) = \frac{dn}{dz'}$ — функция спинового отклика, которая отражает чувствительность вектора \mathbf{n} к вертикальным толчкам.[6]

Такие целые резонансы встречаются через каждые 523.342 МэВ для протонного пучка, и их мощность увеличивается с энергией пучка быстрее, чем для бетатронных резонансов ($F_3 \sim \gamma$). Наиболее сильные целые резонансы зависят так же от периодичности магнитной структуры ускорителя $k = mP$ (m — целое). Но в отличие от бетатронных резонансов можно скорректировать замкнутую орбиту в вертикальном направлении так, чтобы минимизировать мощности целых резонансов w_k .

Пересечение спиновых резонансов

Так как спиновая частота пропорциональна энергии, то при ускорении поляризованного пучка невозможно обойти пересечение спиновых резонансов. Расстояние между двумя целыми резонансами для протонного пучка равно 523.342 МэВ для протонов. Бетатронные резонансы располагаются симметрично относительно каждого целого резонанса. Таким образом, ускорение поляризованного пучка является довольно сложной задачей.

В простейшем случае уединенного резонанса $\nu = \nu_k$ с силой w_k конечная степень поляризации ζ_f после одного пересечения со скоростью $\dot{\delta} = \frac{d(\nu - \nu_r)}{dt}$ будет отличаться от начальной величины ζ_0 :

$$\zeta_f = \zeta_0 (2e^{-\Psi} - 1), \quad (5.5)$$

где $\Psi = \frac{\pi w_k^2}{2\dot{\delta}}$ набор спиновой фазы в зоне резонанса ($\delta \sim w_k$).[3]

В случае $\Psi \ll 1$ (быстрое прохождение) потеря поляризации мала: $\delta\zeta \simeq \zeta_0\Psi$. Более интересен противоположный случай: $\Psi \gg 1$, который приводит к перевороту спина ($\zeta_f \simeq -\zeta_0$) с экспоненциально малой деполяризацией: $|\delta\zeta| = 2\zeta_0 e^{-\Psi}$.

Оба случая широко известны в ускорительной практике. Подавление силы резонанса (коррекция орбиты) или увеличение скорости прохождения (скачок частоты) позволяет осуществить быстрое прохождение, и наоборот, искусственное увеличение резонанса помогает избежать потерь при перевороте поляризации. Но оказалось, что применение Сибирских змеек — это наиболее удобный способ прохождения целых резонансов [4], [5].

С ростом энергии методы индивидуальной коррекции деполяризующих резонансов становятся все более затруднительными. Необходимы другие методы борьбы с деполяризующими резонансами.

Сибирские змейки

Чтобы полностью подавить спиновые резонансы, в 1976 году было предложено вводить в ускоритель специальную цепочку магнитов, которые бы поворачивали спин на 180 градусов [6]. Как нетрудно видеть, в этом случае спиновая частота становится

полуцелой $\nu = 1/2$ независимо от энергии пучка, и условие резонанса не выполняется. Этот подход был назван Сибирской змейкой. Он может быть реализован в различных комбинациях магнитов, которые вращают спин вокруг любой оси. При этом ось периодической прецессии \mathbf{n}_0 на противоположном к змейке азимуте лежит в горизонтальной плоскости под тем же углом к замкнутой орбите, что и ось змейки.

В простейшем случае змейка представляет собой соленоид с интегралом продольного поля пропорциональным энергии пучка (37 Т м для протонов с энергией 10 ГэВ). Недостатком соленоидальной змейки является связь бетатронных колебаний $x - z$, вносимая продольным полем змейки. Существует несколько схем из соленоидов и скью-квадрупольей, которые не возбуждают связь за пределами змейки. Но такие схемы требуют, как правило, достаточно большого свободного от прочего оборудования промежутка.

Более компактные Сибирские змейки могут быть сконструированы из наборов магнитов с горизонтальным и вертикальным полем. Как видно из (5.1) на высоких энергиях вращение спина поперечными полями не зависит от энергии, в то время как действие на спин продольного поля обратно пропорционально энергии частицы. Основным недостатком поперечных полей является большие отклонения орбиты внутри змейки и, как следствие, большая необходимая апертура. Это обстоятельство сильно ограничивает практическое применение магнитов для создания змеек.

Однако эта проблема может быть решена в случае использования спиральных магнитов [7]. Зеркально симметричный набор таких магнитов компенсирует искажение орбиты за пределами змейки и, в тоже время, обеспечивает достаточно малые величины искажений внутри вставки. Это преимущество позволяет использовать спиральные магниты для создания как целой так и половинной змейки [8]. Такие системы позволяют получать змейку с произвольным направлением оси. Этот факт очень важен для ускорения поляризованных протонов на установке RHIC [9].

5.2 Протонный синхротрон У-70 и спиновые резонансы

Протонный синхротрон У-70 (см. рис. 1) успешно работает в Протвино с 1967 года. Пучок ускоряется в протонном линаке Урал-30, затем в бустере и инжектируется в У-70 с кинетической энергией 1.5 ГэВ, где за 2 секунды ускоряется до энергии 70 ГэВ.

Структура синхротрона имеет 12 периодов FODO-ячеек. Каждый период состоит из 20 диполей с градиентом. На рис. 2 представлены оптические функции одного периода.

Чтобы понять ситуацию с деполяризующими резонансами на У-70 сперва на программе ASPIRRIN [5] были сосчитаны силы бетатронных резонансов для нормализованного вертикального эмиттанса $\epsilon_z = 10\pi$ мм·мрад и бетатронных частот $\nu_z = 0.8$ и $\nu_x = 0.77$.

Вычисления показали, что на больших энергиях ($\nu_0 \simeq 100$) силы резонансов $\nu_0 = kP \pm \nu_z$ (P — периодичность машины) вырастают до $|w_k| \sim (0.2 \div 0.4) \cdot \omega_0$ при амплитуде бетатронных колебаний $A_z \simeq 1$ мм (пунктир на рис. 3).

На этом же рисунке показаны оценки величин целых резонансов $\nu_0 = kP$ (сплошные линии). Для расчета мы предполагали вертикальное смещение диполей ± 0.5 мм. Видно, что ускорение поляризованных протонов требует предварительного внимания

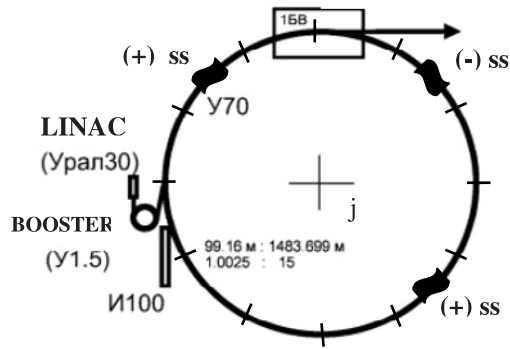


Рис. 1: Схема комплекса У-70.

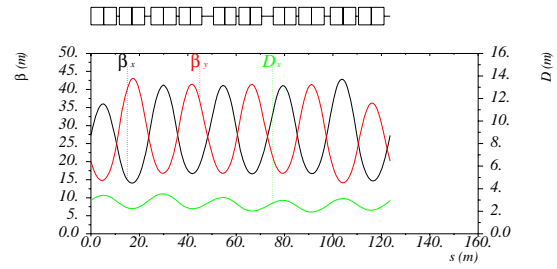


Рис. 2: Оптические функции У-70.

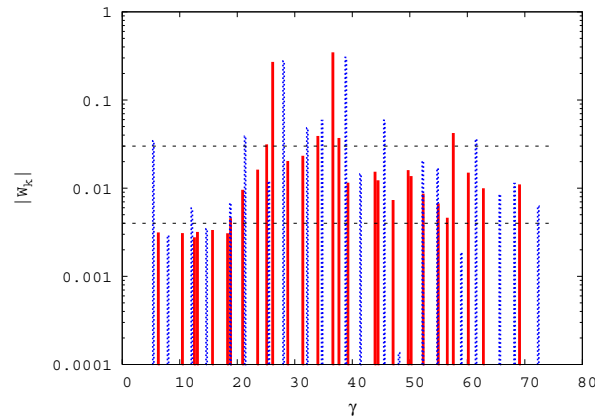


Рис. 3: Спиновые резонансы на У-70.

к расстановке магнитов кольца. В настоящее время (после почти 40 лет работы установки) геодезические измерения дают точность расстановки элементов на порядок хуже, чем требуемая величина.

Две горизонтальные пунктирные линии на рис. 3, когда, согласно формуле (5.5), возможно пересечение резонанса. Нижняя линия — предел для быстрого пересечения. Адиабатическое пересечение (с переворотом спина) возможно выше верхней линии. Отсюда можно заключить, что необходимо искать другие возможности для ускорения поляризованных протонов в У-70.

Сибирские змейки на У-70

Первая попытка модификации У-70 для ускорения поляризованных протонов была предпринята в 1984 году. Однако предложенная схема Сибирской змейки потребовала больших изменений машины и не была принята.

В настоящее время предлагается установить 3 одинаковые частичные змейки в 3 периода структуры У-70 как показано на рис. 1. Каждая змейка устанавливается в один из двух 4 м промежутка между магнитами.

Оптимизированная конструкция змейки длиной 3.5 м состоит из 4 периодов двухзаходной спиральной обмотки (длина периода 70 см, апертура 15 см). Сверхпроводящая обмотка намотана между железными полюсами и окружена железным ярмом диаметром 40 см.

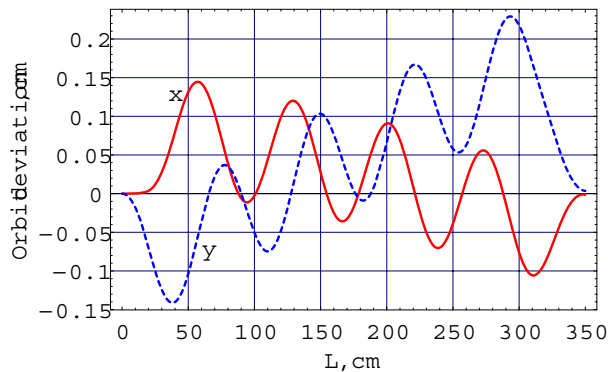


Рис. 4: Орбита пучка в змейке.

Параметры обмотки, тока в ней и железа были оптимизированы для достижения поля на оси змейки 4.2 Т. В программе MERMAID были сделаны трехмерные расчеты полей, включая и краевые поля змейки. Затем в полученных нелинейных полях проводилось решение уравнений движения частицы. На рис. 4 представлены полученные траектории внутри змейки на энергии 25 ГэВ. Отклонения орбиты обратно пропорциональны энергии частицы, поэтому они составят 2.5 см на энергии инжекции 2.5 ГэВ. Поскольку спиновые резонансы слабее на низкой энергии, можно предусмотреть модуляцию питания змейки чтобы избежать апертурных ограничений на инжекции.

Для компенсации небольших искажений замкнутой орбиты в ускорителе из-за краевых полей предполагается намотать дипольные корректора по краям змейки. В расчетах был подобран ток корректирующих обмоток для полной компенсации искажений орбиты вне змейки.

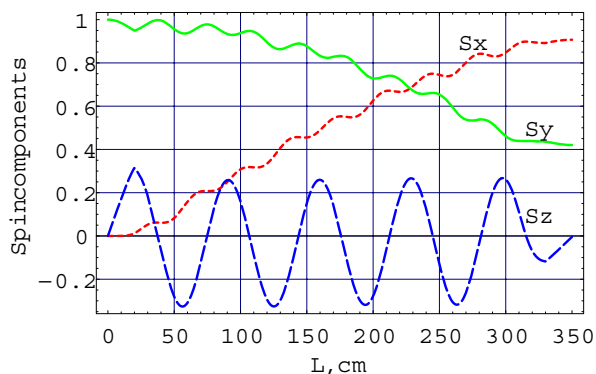


Рис. 5: Вращение спина в змейке.

Были сделаны оценки искажений оптических функций кольца от вставки трех змеек. Для уменьшения возмущения оптики предполагается добавить на края змеек квадрупольные обмотки.

На следующем этапе проводилось решение уравнений движения спина в полях змейки на найденной траектории движения частицы. В результате, параметры змейки были оптимизированы так, чтобы она вращала спин на 60 градусов. На рис. 5 представлено поведение компонент спина при прохождении змейки, на входе спин вертикален.

Из рис. 5 видно, что ось змейки практически продольна. Это означает, что спиновая транспортная матрица змейки равна:

$$T_S = I \cdot \cos \frac{\pi}{6} - i\sigma_y \cdot \sin \frac{\pi}{6}.$$

Теперь легко найти спиновую матрицу одного оборота для структуры с тремя змейками. Пользуясь приведенным выше формализмом можно получить зависимость вектора \mathbf{n}_0 и спиновой частоты ν от энергии пучка.

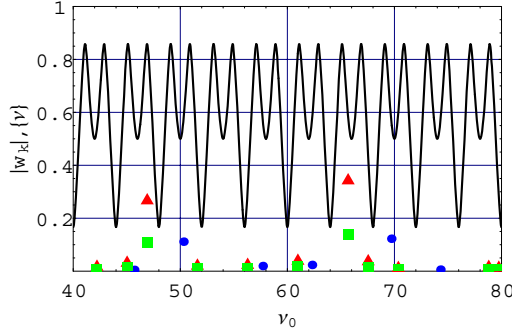


Рис. 6: Спиновая частота со змейкой и наиболее сильные спиновые резонансы.

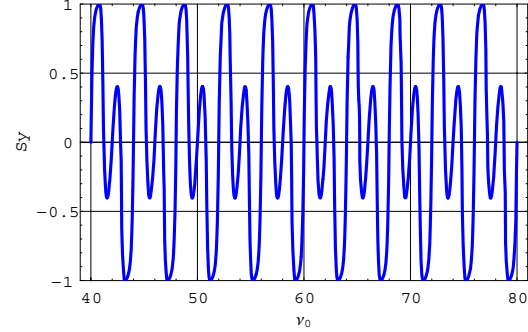


Рис. 7: Зависимость вертикальной поляризации от ν_0

На рис. 5 непрерывная линия показывает зависимость дробной части частоты $\{\nu\}$ от величины ν_0 . Точки на этом графике соответствуют тем же наиболее сильным спиновым резонансам, что и на рис. 3. Можно видеть, что змейка возбуждает целые резонансы двух фиксированных величин: 0.18 и 0.5. Это означает, что резонансное условие для слабых бетатронных резонансов ($|w_k| \leq 0.1$) не выполняется в предложенной схеме, если дробная часть бетатронной частоты не превышает 0.2. Более того, выбором полярности змеек можно закрыть два наиболее сильных бетатронных резонанса ($|w_k| \simeq 0.3$ без змеек).

На рис. 6 показано поведение спина при порожденных змейкой целых резонансах. Можно видеть периодичность полного переворота спина. Для упрощения манипуляций со спином на впуске и выпуске лучше проводить их при вертикальном спине.

Заключение

Настоящее рассмотрение показало возможность ускорения поляризованных протонов на У-70 при минимальных изменениях установки. Установка трех змеек в три периода структуры У-70 позволит подавить все бетатронные резонансы. Для того, чтобы избежать нежелательной интерференции змеичных и машинных целых резонансов, последние должны быть минимизированы путем выставки магнитов с точностью ± 0.5 мм.

Предложен предварительный дизайн спирального магнита с полем $B \simeq 4.5$ Т. Были проведены оценки влияния змейки на оптику кольца. Для уменьшения искажений орбиты и оптических функций предполагается намотать дополнительные обмотки по краям змейки.

5.3 Комплекс ВЭПП-2000

В ИЯФ СО РАН продолжается работа по строительству электрон-позитронного накопителя ВЭПП-2000 с энергией в системе центра масс до 2 ГэВ. В 2005 году практически завершено изготовление оборудования для этого накопителя. Рис. 8 показывает работу Экспериментального производства ИЯФ по выполнению заказов на изготовление оборудования для накопителя за все годы с начала его проектирования и изготовления.

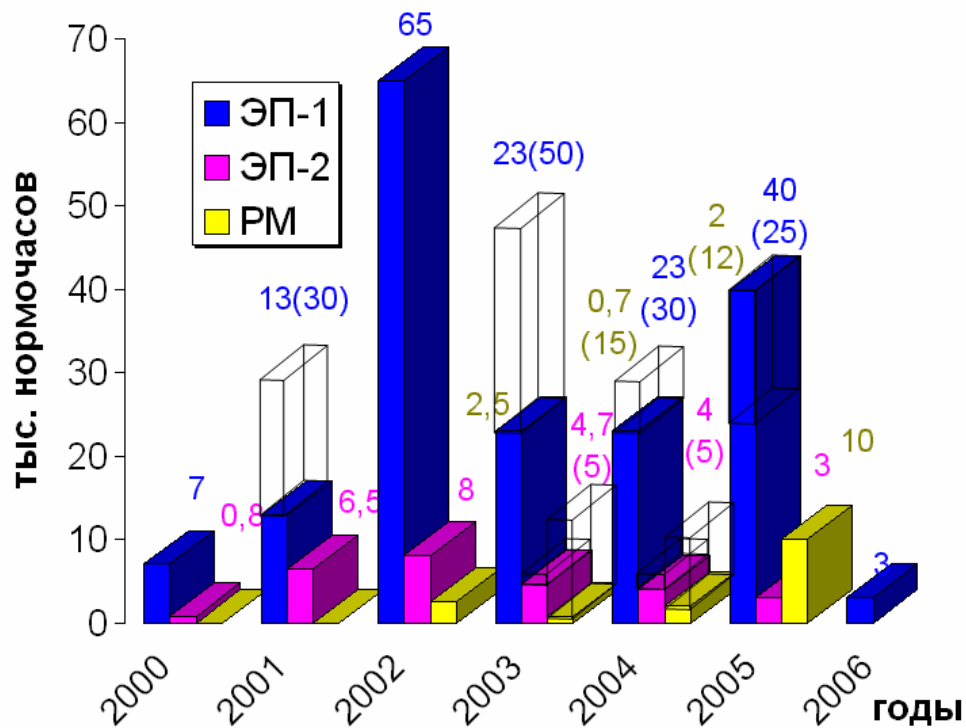


Рис. 8: Экспериментальное производство для ВЭПП-2000

Сборка вакуумной камеры ВЭПП-2000 долгое время сдерживалась изготовлением резонатора и отсутствием зеркал для вывода синхротронного излучения, связанного с затянувшимся ремонтом оптического участка. После решения этих вопросов в течение двух месяцев вакуумная камера первого полукольца была собрана и в ней получен вакуум $\simeq 10^{-10}$ торр. На Рис. 9 представлен вид этого полукольца накануне Нового 2006 года.

Сборка второго полукольца идет своим чередом с решением многих мелких вопросов согласования элементов накопителя и каналов инжекции пучков. Представление о плотности компоновки элементов впускного промежутка можно получить, взглянув на Рис. 10

Одним из самых высокотехнологических элементов ВЭПП-2000 является сверхпроводящий соленоид с полем 13 Т. Рис. 11 показывает первый готовый и установленный на накопитель этот самый сложный элемент. Остальные 3 соленоида в разной степени готовности “растянулись” по цепочке ЭП — лаборатория. Однако, конец этой цепи легко просматривается в апреле 2006 года.

В хорошей степени готовности находятся различные системы питания и управления элементами комплекса ВЭПП-2000.

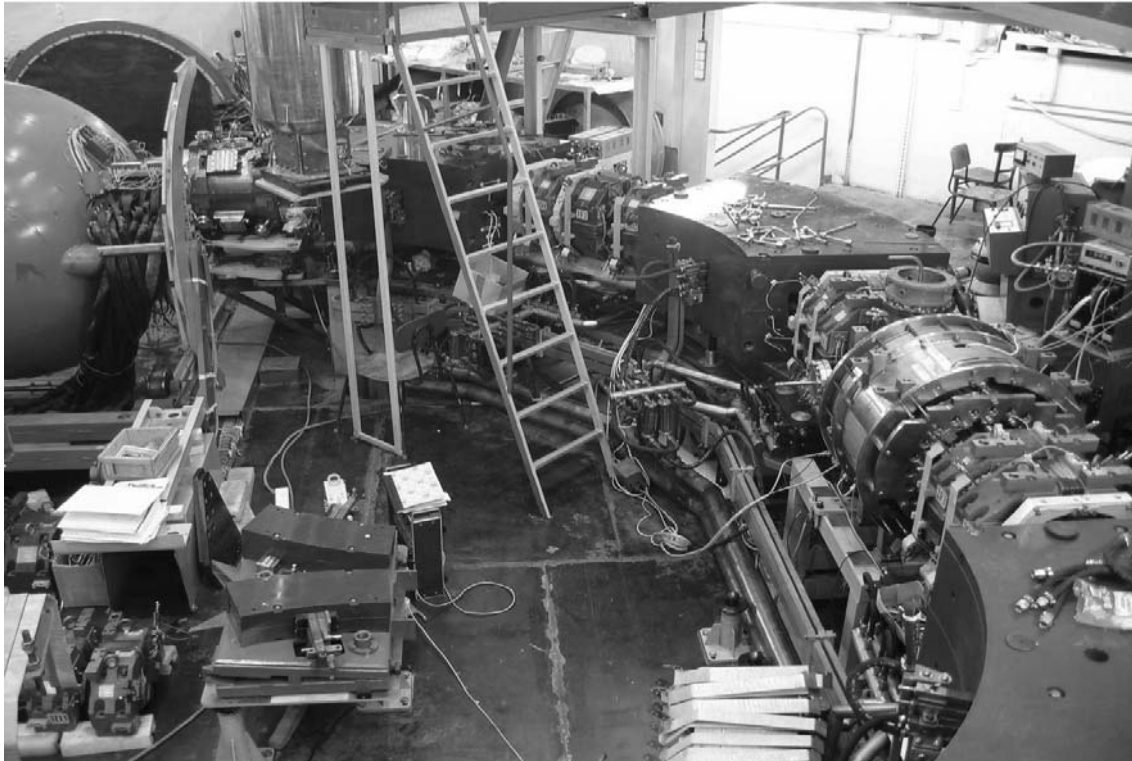


Рис. 9: Полукольцо ВЭПП-2000

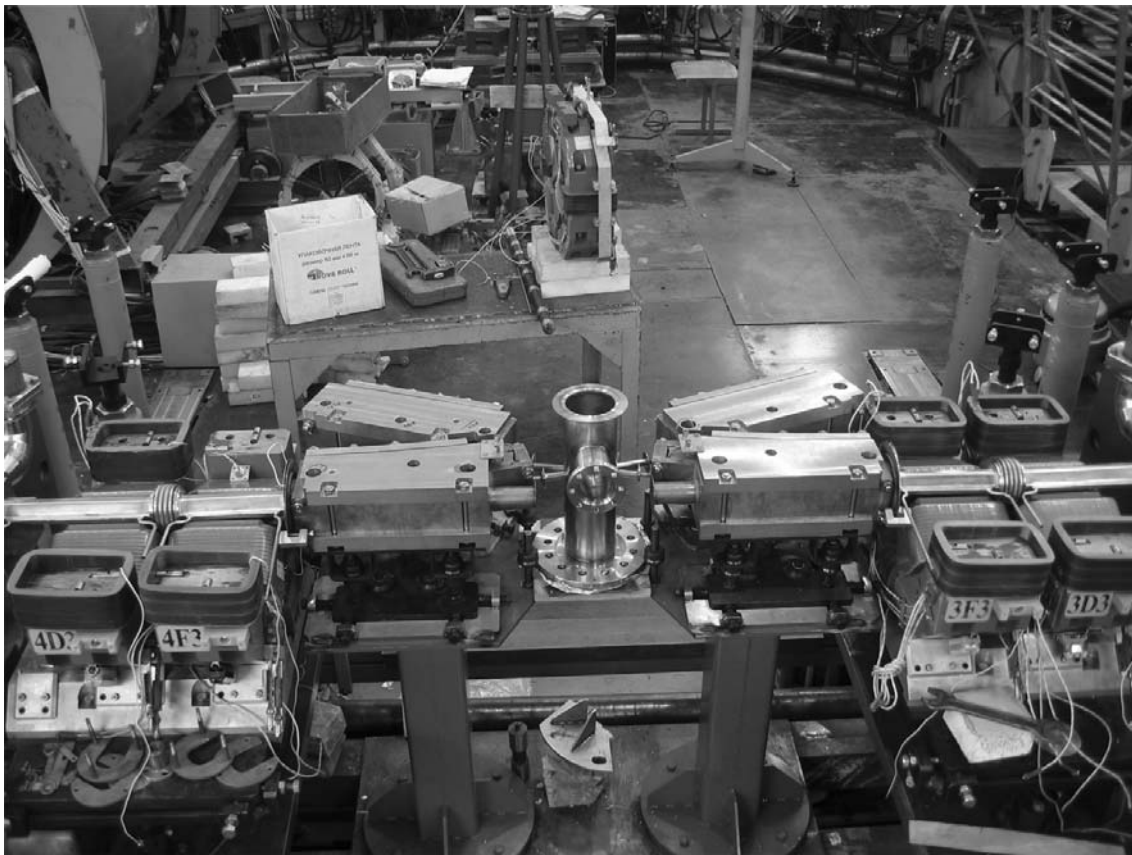


Рис. 10: Впускной промежуток ВЭПП-2000

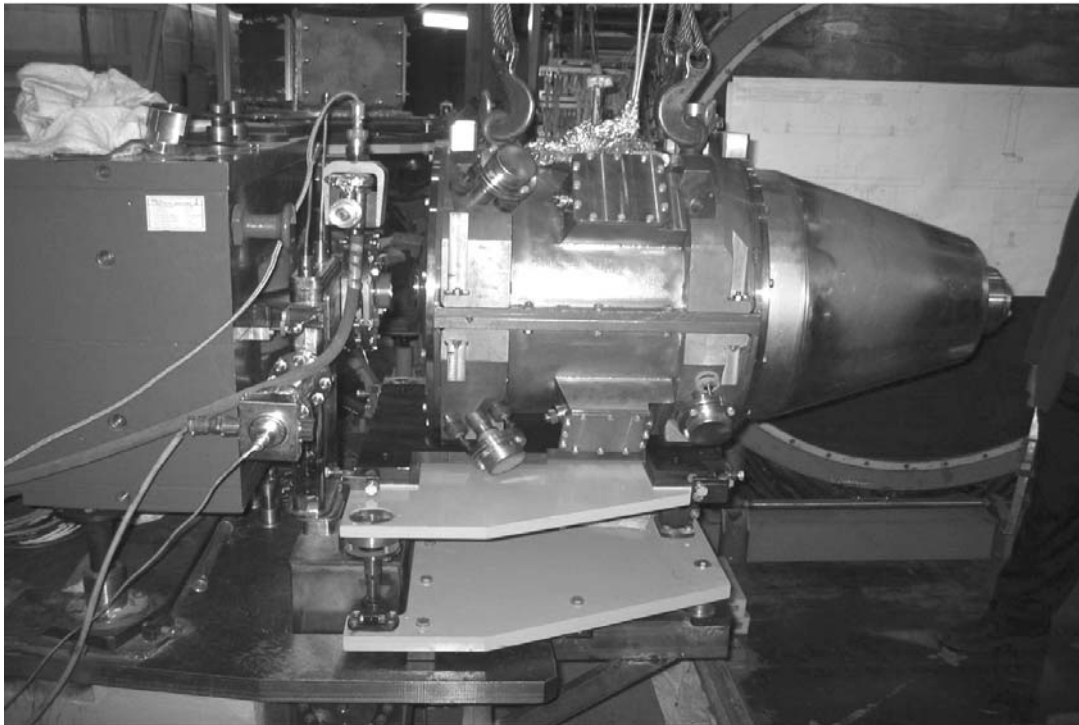


Рис. 11: Сверхпроводящий соленоид ВЭПП-2000

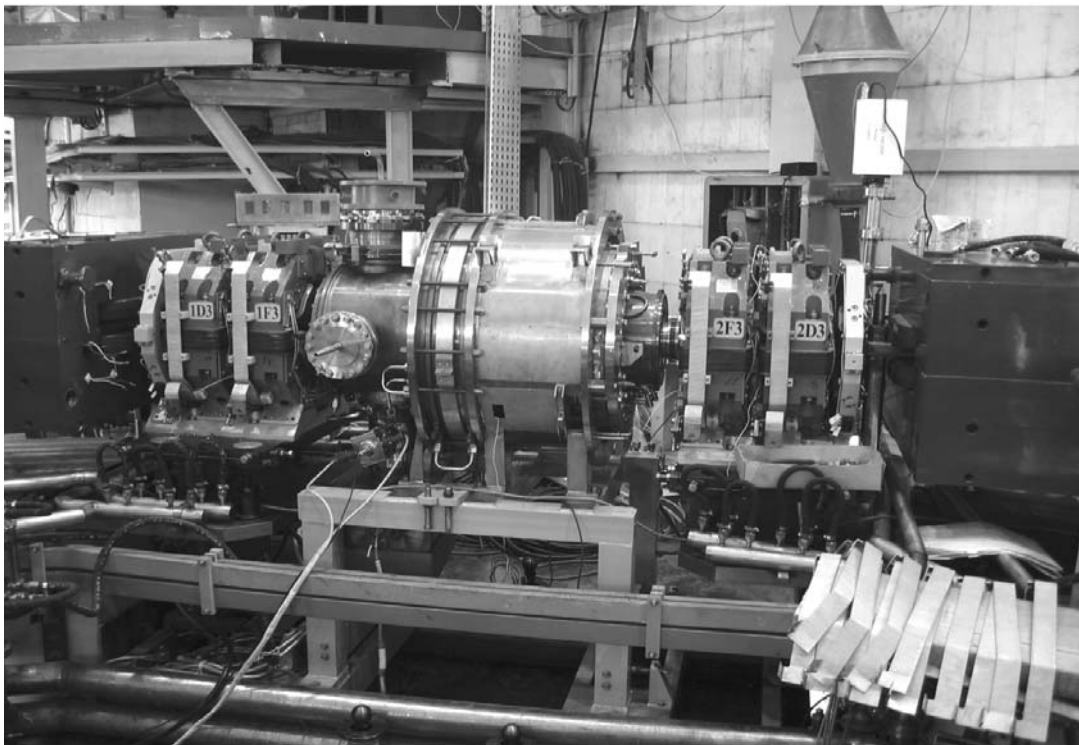


Рис. 12: Резонатор ВЭПП-2000

Система питания

Выпрямитель БЭП.

Сильноточные элементы перепускного канала БЭП – ВЭПП-2000 по питанию включены последовательно с магнитами БЭП. Потребовалось обеспечить питание данной структуры единым источником. Был изготовлен выпрямитель, состоящий из восьми выпрямительных секций, разделенных на две группы по четыре секции. На эти группы приходят шины питания от двух групп обмоток масляного трансформатора. Одна группа обмоток включена по схеме “треугольник”, другая по схеме “звезда”. Таким образом, выпрямитель работает по шестифазной схеме, что обеспечивает низкий уровень пульсаций, а следовательно, упрощает систему подавления пульсаций. Для обеспечения работы БЭП на разные пучки, в каждой секции установлен реверсный мост на четырех тиристорных ключах. Последовательно с нагрузкой включен трансформатор подавления пульсаций и бесконтактный датчик тока. Такая схема позволяет получить стабильность питающего тока на уровне 10^{-4} . Полученный выпрямитель имеет следующие параметры:

Выходное напряжение, В	250
Максимальный ток в нагрузке, А	10000
Уровень пульсаций, %	0.01

Управление и контроль выпрямителем обеспечивается модулями CAN-ADC и CAN-DAC, которые позволяют по протоколу CAN работать с выпрямителем через компьютер.

Выпрямитель ВЭПП-2000 выполнен без реверса также по шестифазной схеме с включением трансформатора подавления пульсаций и бесконтактных шунтов. Параметры выпрямителя ВЭПП-2000:

Выходное напряжение, В	120
Максимальный ток в нагрузке, А	10000
Уровень пульсаций, %	0.01

ВЧ система.

ВЧ резонатор ВЭПП-2000 (Рис. 12) питается от генератора, работающего на частоте 172 МГц. Генератор состоит из четырех последовательно включенных каскадов усиления. Суммарный коэффициент усиления по мощности составляет 30000. При выходной мощности задающего генератора 2 Вт было получено 60 кВт в резонаторе. С помощью модулей CAN-DAC-ADC, управляемых от компьютера, обеспечивается работа резонатора в разных режимах:

1. Стабилизация напряжения в резонаторе и фазы между напряжением в резонаторе и током в фидере.
2. Стабилизация тока в фидере и фазы между напряжением в резонаторе и током в фидере.
3. Стабилизация напряжения в резонаторе и тока в фидере. В данном режиме стабилизируется напряжение в резонаторе, а настройкой резонатора обеспечивается ток в фидере.

Для сохранения в целости ламп ВЧ генератора при пробоях в них, используется быстрая система защиты. Получено минимальное время отключения анодного питания ламп с момента нарастания тока пробоя порядка 45 микросекунд.

Система управления ВЭПП-2000

Ускорительный комплекс ВЭПП-2000 с точки зрения автоматизации представляет собой сложную систему из более чем двух тысяч каналов контроля и управления. Основными целями создания новой системы управления и наблюдения являются как максимальное удобство работы оператора, так простота конфигурирования и легкая расширяемость такой системы.

В системе управления комплексом в основном используется два протокола промышленной связи: старый и хорошо себя зарекомендовавший в целях автоматизации научных исследований стандарт КАМАК; и относительно новый, недорогой и современный стандарт CANbus. Управление строится на базе персональных компьютеров под управлением ОС Linux. Все это позволяет реализовать надежную и качественную систему управления, построенную на современной элементной базе и по современным схемам.

Программное обеспечение, осуществляющее управление комплексом, делится на несколько подсистем как по типу управляемых элементов (импульсные, постоянные), так и по физическим подсистемам комплекса (ИЛУ, БЗМ, БЭП, ВЭПП-2000, каналы перепусков). Система управления реализуется по технологии клиент-сервер. Серверная часть ПО отвечает за связь с физическими устройствами управления и контроля, такими как различные датчики, ЦАП, АЦП, ГВИ, ПКС, специальные блоки управления и контроля ВЧ, вакуума и др. В системе управления предполагается несколько таких серверов (по числу подсистем). Клиентская часть предназначена для предоставления пользователю механизмов управления, отображения информации о текущем состоянии комплекса, а также для иных целей (сохранение, журналирование, восстановление ранее запомненных состояний) и выполняется в виде отдельных приложений.

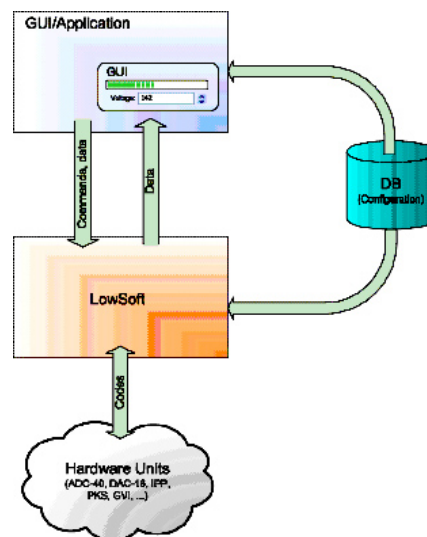


Рис. 13: Структура ПО системы управления ВЭПП-2000

Доступ к информации о конфигурации всех подсистем комплекса осуществляется при помощи механизма баз данных. В них содержится вся информация о текущей конфигурации системы: количество, внутренние номера и другие идентификационные данные каналов управления и контроля; тип, положение и способ доступа к управляющим и контролирующим блокам; а также различные калибровки и коэффициенты пересчета. Структура этой базы данных — ключевой момент всей системы

управления. Добавляя или изменяя записи в базе данных можно легко настраивать конфигурацию системы управления под конкретные задачи и нужды. Более того, настройка в случае изменения или дополнения системы управления является простой и четко структурированной процедурой, не требующей компиляции и пересборки основного ПО. Дополнительным преимуществом такой схемы является то, что структура ПО одинакова для всех подсистем комплекса. Все вышесказанное можно схематически проиллюстрировать следующим образом (Рис. 13).

Name	Iset (A)	I (A)	U (B)	Step
QX1	0.000	0.400	-0.102	0.0
QX2	0.500	0.498	3.326	0.0
QX3	0.500	0.498	3.281	0.0
QX4	0.500	0.498	3.193	0.0
QX5	0.000	-0.005	0.052	0.0
QX6	0.000	-0.002	0.166	0.0
QX7	0.500	0.498	3.209	0.0
QX8	0.500	0.496	3.131	0.0
QX9	0.500	0.498	3.057	0.0
QX10	0.500	0.497	3.015	0.0
QX11	0.000	0.000	0.227	0.0
QX12	0.000	0.003	-0.226	0.0

Name	Iset (A)	I (A)	U (B)	Step
QZ1	-0.000	-0.001	0.024	0.0
QZ2	-0.000	-0.002	-0.075	0.0
QZ3	-0.000	-0.002	0.066	0.0
QZ4	-0.000	-0.001	0.156	0.0
QZ5	-0.000	-0.001	0.035	0.0
QZ6	-0.000	-0.001	0.203	0.0
QZ7	-0.000	-0.002	-0.143	0.0
QZ8	-0.000	-0.002	0.018	0.0
QZ9	-0.000	-0.001	0.006	0.0
QZ10	-0.000	-0.002	0.155	0.0
QZ11	-0.000	-0.002	0.142	0.0
QZ12	-0.000	-0.002	0.057	0.0

Рис. 14: Два клиентских приложения для управления коррекциями БЭП, работающие с одним сервером

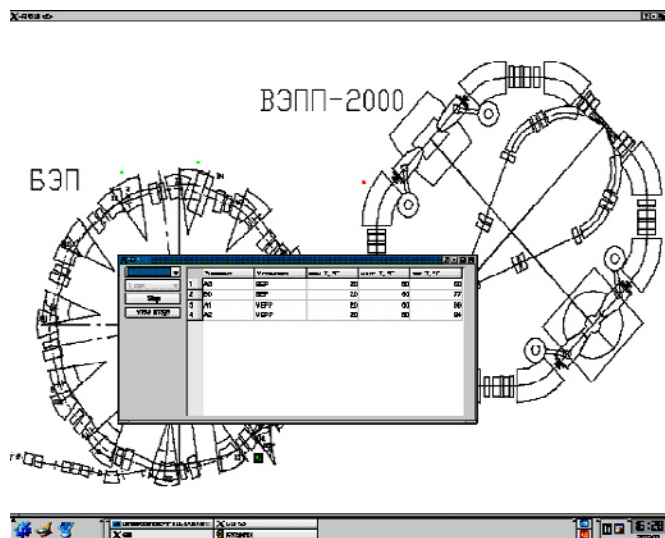


Рис. 15: Программы для визуализации термоконтроля (на заднем плане, в котором на плане установки точками показаны используемые датчики, а цветом — текущая температура. Принята следующая маркировка: синий — температура ниже минимальной, зеленая — температура находится в допустимых пределах, красный — перегрев).

В настоящий момент по такой схеме выполнены следующие подсистемы: управление слаботочными коррекциями всего комплекса (ИЛУ, БЗМ, каналы перепуска,

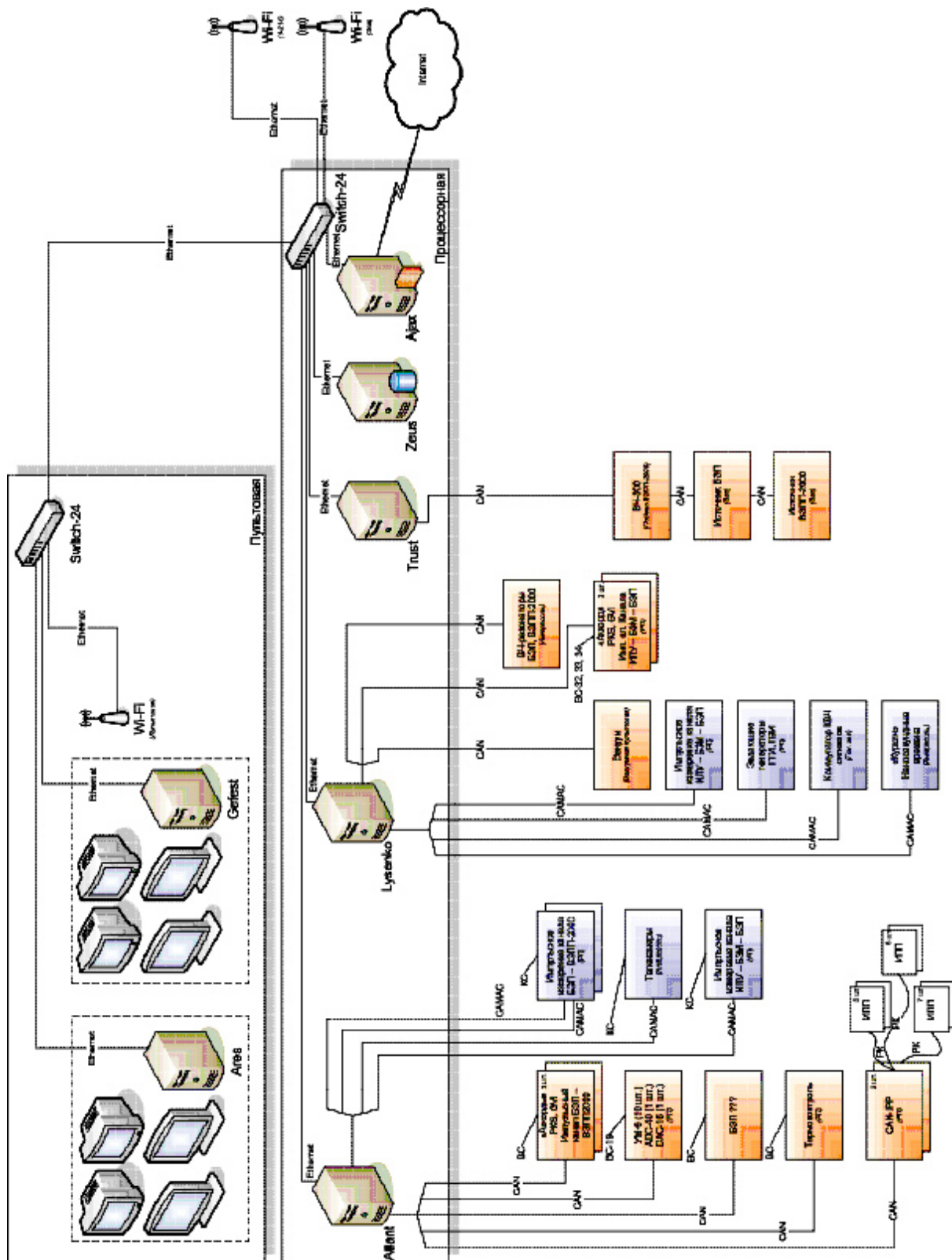


Рис. 16: Сеть комплекса ВЭПП-2000

БЭП), термоконтроль. Подсистемы управления основным полем БЭП и ВЭПП-2000, высокоточными элементами (линзы и соленоиды), импульсными элементами ИЛУ, БЗМ и каналов перепуска находятся в стадии тестирования и отладки. В настоящий момент также разрабатываются подсистемы вакуумного контроля, измерения поло-

жения пучка в канале при помощи вторично-эмиссионных датчиков и датчиков тока изображения, телевизионного наблюдения за пучком и другие.

В качестве примеров работающих по данной технологии программ на Рис. 14 и Рис. 15 приведена программа для управления слаботочными коррекциями БЭП и программа термоконтроля соответственно. На Рис. 16 представлена схема сетей комплекса ВЭПП-2000 как она выглядит на настоящий момент.

5.4 Запуск инжекционного комплекса ВЭПП-2000

В 2005 году, примерно с октября, началась работа по запуску инжекционного комплекса ВЭПП-2000. В значительной мере ставилась задача обкатки новой электроники и программного обеспечения функционирующего под управлением ОС Linux. Все основные модули управления различными системами питания и контроля параметров пучков отлажены и работают достаточно надежно.

В результате к Новому Году удалось получить ускоренный пучок электронов с энергией 125 МэВ выпущенный из синхротрона Б-3М.

По завершении пуско-наладочных работ на сильноточном выпрямителе, питающем магнитную систему накопительного кольца БЭП, начнется настройка инжекции электронного пучка в БЭП и последующая отладка систем пучковой диагностики.

Параллельно проведена полная ревизия технического состояния блока конверсии электронов в позитроны. Литиевые линзы прошли через процедуру их полной переборки с внесением некоторых изменений в конструкцию, которые, как мы надеемся, улучшат характеристики этих уникальных линз.

Литература:

1. V.Bargman et al, Phys.Rev.Lett.**2**, 435 (1959).
2. Ya.Derbenev et al, Sov.Phys.Doklady **192**, 1255 (1970).
3. M.Froissart, R.Stora, NIM **7**, 297 (1960).
4. Ya.Derbenev et al, Proc. of 10-th Int.High Energy Acc. Conf. (1977) v.2, 272 (1977).
5. H.Huang et al, Proc.13-th Int. Spin Symposium, 492 (1998).
6. Ya.Derbenev et al, Preprint INP **77-60**, Novosibirsk (1977).
7. V.Ptitsyn, Yu.Shatunov, NIM **A398**, 126 (1997).
8. I.A. Koop et al, Proc. of the PAC2003, 2898 (2003).
9. I. Alekseev et al, NIM **A400**, 392 (2003).
10. E.A. Perevedentsev, V.I. Ptitsin, Yu.M. Shatunov, Proc. of the SPIN2002, 761 (2002).

5.5 ВЭПП-4М

Введение

Как и в предыдущий год, основным направлением работы ускорительного комплекса ВЭПП-4М было обеспечение экспериментов по физике элементарных частиц совместно с детектором КЕДР. На рис.1 показано время (в сравнении с предыдущими годами), затраченное непосредственно на эти цели, т.е., время, в течение которого КЕДР набирал статистику в режиме встречных пучков. Напомним, что в 2003 г. проводилась модернизация и ремонт систем детектора, и экспериментов по ФВЭ не велось.

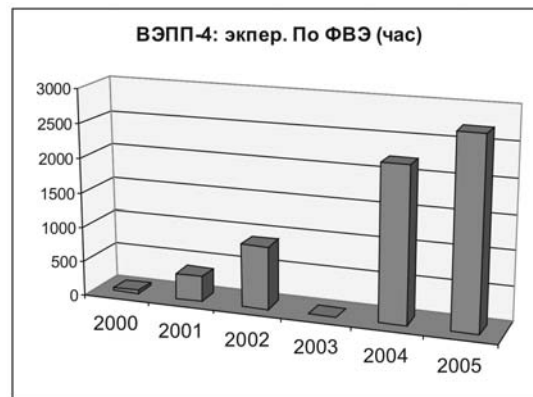


Рис. 1: Экспериментальное время ВЭПП-4М (физика высоких энергий).

Другие направления деятельности ускорительного комплекса включали эксперименты с синхротронным излучением на накопителе ВЭПП-3 (рис.2), изучение поведения пучков заряженных частиц в накопителе ВЭПП-4, модернизацию и повышение эффективности работы установок комплекса, отработка методик прецизионной калибровки энергии пучка и пр.

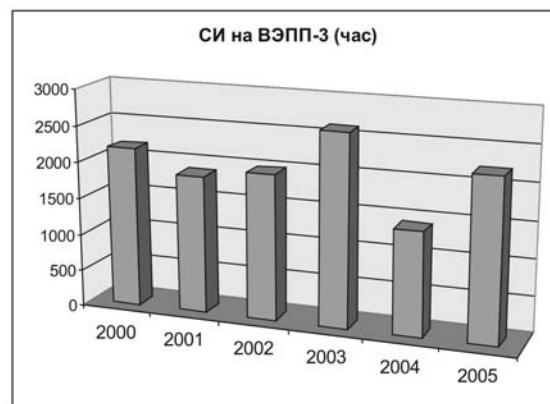


Рис. 2: Экспериментальное время ВЭПП-3 (синхротронное излучение).

Время, затраченное в 2005 г. на ремонт систем и элементов ускорительного комплекса, существенно (почти в 2 раза) снизилось, по сравнению с предыдущим годом (рис.3), и составило 680 часов.

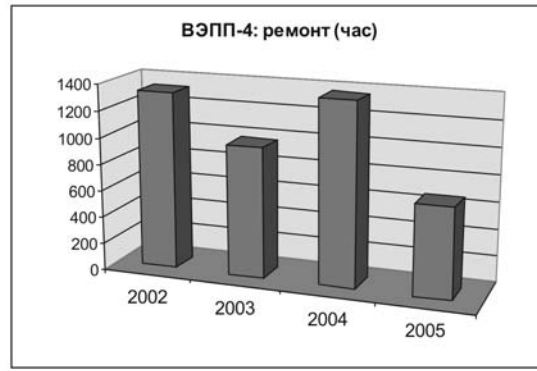


Рис. 3: Ремонт установок комплекса в 2005 г.

Анализ показывает, что основными причинами неполадок и неисправностей были: отказ электроники системы управления (12% от всего времени простоя), система инжекции “Позитрон” (10%, из них 6% приходится на остановку синхротрона-бустера Б-4 из-за поломки мощного коммутатора переключения полярности основного поля синхротрона) и инженерные системы (электроснабжение, дистиллят охлаждения, кондиционеры и пр. - 14%).

5.5.1 Эксперименты по ФВЭ

В 2005 году производился набор статистики вблизи порога рождения τ -лептона, а также, в области резонансов J/ψ , ψ' и $\psi(3770)$. Эта работа заняла 2720 часов (или 43% от всего рабочего времени комплекса), записанный интеграл светимости составил 3.6 pb^{-1} , проведено около 500 калибровок энергии пучка. Максимальная достигнутая светимость ВЭПП-4 в 2005 г. в режиме 2x2 сгустка превысила значение $2 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ (рис. 4), при этом средняя светимость за смену (12 часов) была $\sim 0.8 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$, а набор интеграла светимости за смену достигал значения $\sim 25 \div 30 \text{ pb}^{-1}$.

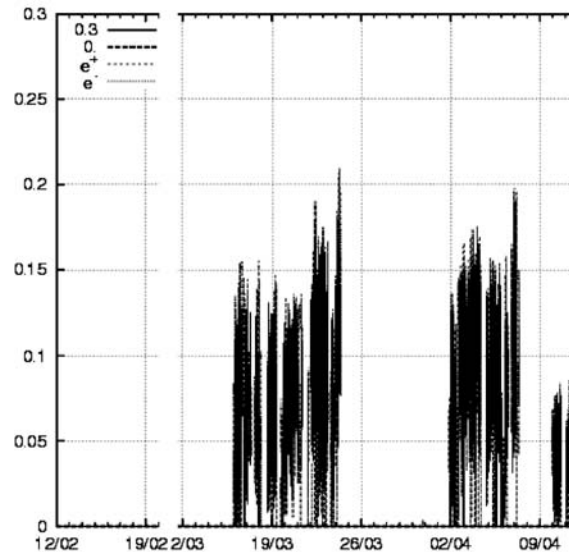


Рис. 4: Зарегистрированная светимость ВЭПП-4М ($\times 10^{31} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$).

На рис. 5 показан рост максимальной светимости ВЭПП-4М за пять лет. В конце 2003 г. был реализован режим работы 2x2 сгустка, дальнейшее увеличение светимости обеспечивалось тонкой настройкой работы комплекса.

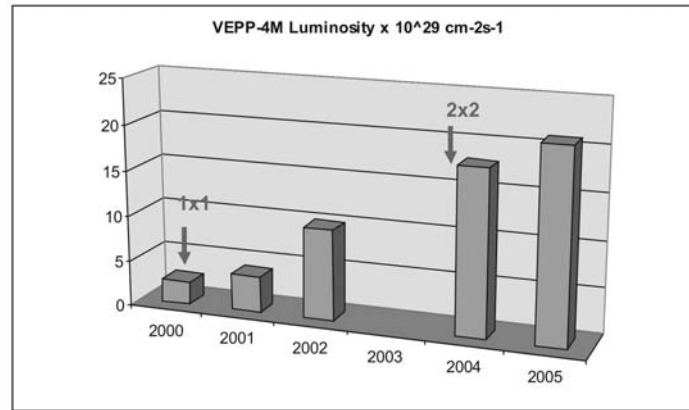


Рис. 5: Максимальная светимость ВЭПП-4М. В 2002 г. и далее - работа в режиме 2x2 сгустка.

Основными целями эксперимента являлись точное измерение массы τ -лептона, уточнение массы D-мезонов, изучение распадов ψ' . На рис. 6 показаны предварительные результаты по сечению рождения τ -лептона вблизи порога его рождения.

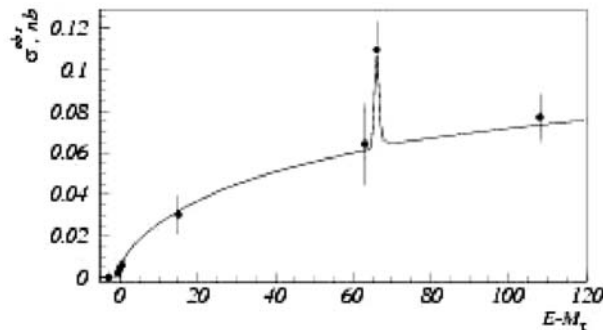


Рис. 6: Наблюдаемое сечение рождения τ -лептона вблизи порога (предварительные данные).

Полученное значение массы τ -лептона $M_\tau = 1776^{+0.45}_{-0.35} \pm 0.07$ МэВ, несмотря на предварительность результата, уже близка к среднемировой точности (± 0.3 МэВ).

Набор статистики в области J/ψ -мезона требовался для экспериментального определения энергетического разброса ВЭПП-4М, знание которого существенно для эксперимента по измерению массы τ -лептона.

5.5.2 Калибровка энергии пучков

Одной из важных составляющих программы ФВЭ на ВЭПП-4 является прецизионная калибровка энергии пучка. В настоящее время реализованы и работают две методики калибровки: с использованием резонансной деполяризации и с помощью

обратного комптоновского рассеяния (ОКР). Первый метод обладает рекордной точностью ($\sim 10^{-6}$), однако требует существенных затрат времени и деполяризует электроны, делая невозможным периодическую калибровку с одним и тем же пучком. И хотя точность второго метода хуже ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$), но он более оперативен, не требует поляризации пучка и может применяться непосредственно в процессе набора статистики. Использование двух подходов повышает надежность получаемых результатов и обеспечивает необходимую точность. При этом энергия измеряется точным методом резонансной деполяризации в начале и в конце набора интеграла светимости, а мониторинг, осуществляемый с помощью ОКР в процессе набора, позволяет контролировать и исправлять возможные изменения энергии пучка.

Метод резонансной деполяризации

Основным направлением развития методики резонансной деполяризации в 2005 г. было обеспечение возможности надежной калибровки энергии на пороге рождения τ -лептона (1777 МэВ) вблизи сильного целого спинового резонанса $\nu_s = (1762.6 \text{ МэВ})$, значительно сокращающего время жизни поляризации пучка. Оказалось, что, выключая все пластины электростатического разведения пучков, можно существенно (с 10-20 минут до ~ 1 часа и более) увеличить время жизни поляризации, так, что уверенное измерение энергии можно проводить не только точно на пороге τ , но и ниже этой энергии на 5 МэВ (рис.7).

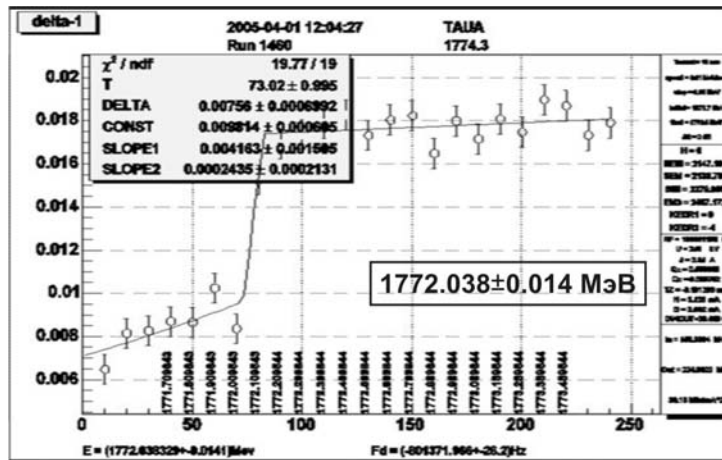


Рис. 7: Измерение энергии пучка на энергии 1772 МэВ.

Другим практически важным результатом была полученная экспериментально оценка погрешности, вносимой в определение энергии компенсирующими соленоидными детектора КЕДР. Неточность компенсации интегрального значения основного поля детектора влияет как на абсолютное значение измеренной энергии, так и на время жизни поляризации (что особенно важно на энергии рождения τ -лептона). На рис. 8 показан сдвиг среднего значения энергии пучка от тока в катушке компенсирующего соленоида.

На рис. 9 показана зависимость времени жизни поляризации от тока компенсирующего соленоида. Видно, что неточная компенсация основного поля детектора КЕДР может существенно уменьшить время жизни поляризованного состояния частиц.

Полученные данные используются при наборе интеграла светимости и калибровке энергии вблизи порога рождения τ -лептона.

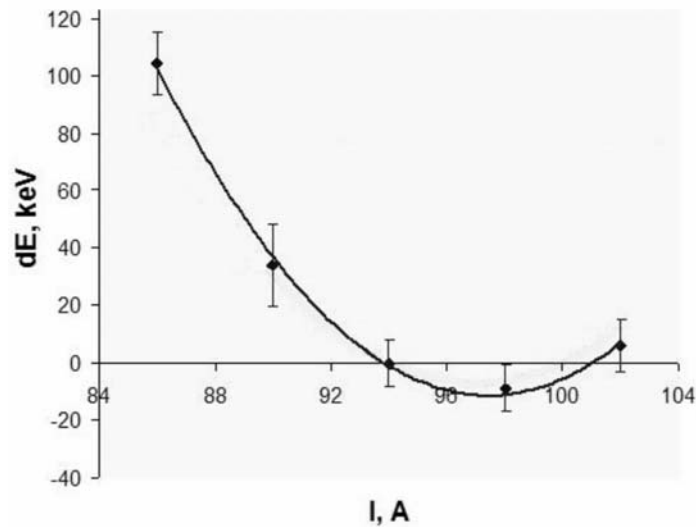


Рис. 8: Изменение энергии пучка от тока компенсирующего соленоида при фиксированном поле основного соленоида КЕДР.

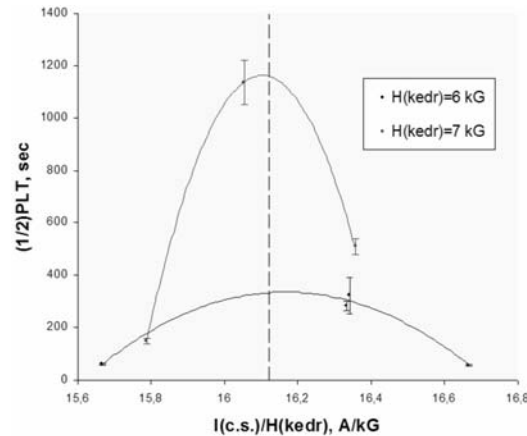


Рис. 9: Время жизни поляризованного состояния пучка в зависимости от тока компенсирующего соленоида приведенного к величине магнитного поля в центре КЕДР.

Измерение энергии с помощью обратного комптоновского рассеяния

Первые эксперименты, проведенные в 2004 г. показали перспективность метода, который позволяет оперативно ($\sim 10 \div 30$ мин) определять энергию пучка с точностью $\sim 3 \div 4 \cdot 10^{-5}$ и измерять его энергетический разброс, не требуя при этом поляризации пучка.

В апреле 2005 на ВЭПП-4 был установлен CO₂ лазер GEM Select 50 (Coherent Radiation) с длиной волны 10.591 мкм (энергия фотона - 0.117 эВ) и мощностью непрерывного излучения 25-50 Вт. Излучение лазера взаимодействует с электронным пучком в месте встречи ВЭПП-4М под нулевым углом и, рассеиваясь обратно, регистрируется германиевым детектором Canberra GC2518 с объемом рабочей области около 120 мл. Средняя энергия пучка и энергетический разброс определяются по краю комптоновского рассеяния (энергия γ -квантов около 6 МэВ). На рис. 10 приведены результаты измерения энергии и энергетического разброса электронного пучка, которые проводились в течение суток совместно с калибровкой энергии с помощью резонансной деполяризации.

Система позволила обнаруживать и исключать непреднамеренные уходы энергии пучка на 200-300 кэВ во время набора интеграла светимости на пороге τ -лептона.

В настоящее время имеется возможность измерения энергии с помощью ОКР одновременно с набором статистики. Монитор светимости при этом защищает детектор от жестких тормозных γ -квантов и, одновременно, подавляет мягкую компоненту излучения. Достигнута точность определения энергии ~ 60 кэВ за 30 мин при наборе интеграла (монитор светимости введен) и за 10 мин, если монитор светимости выведен.

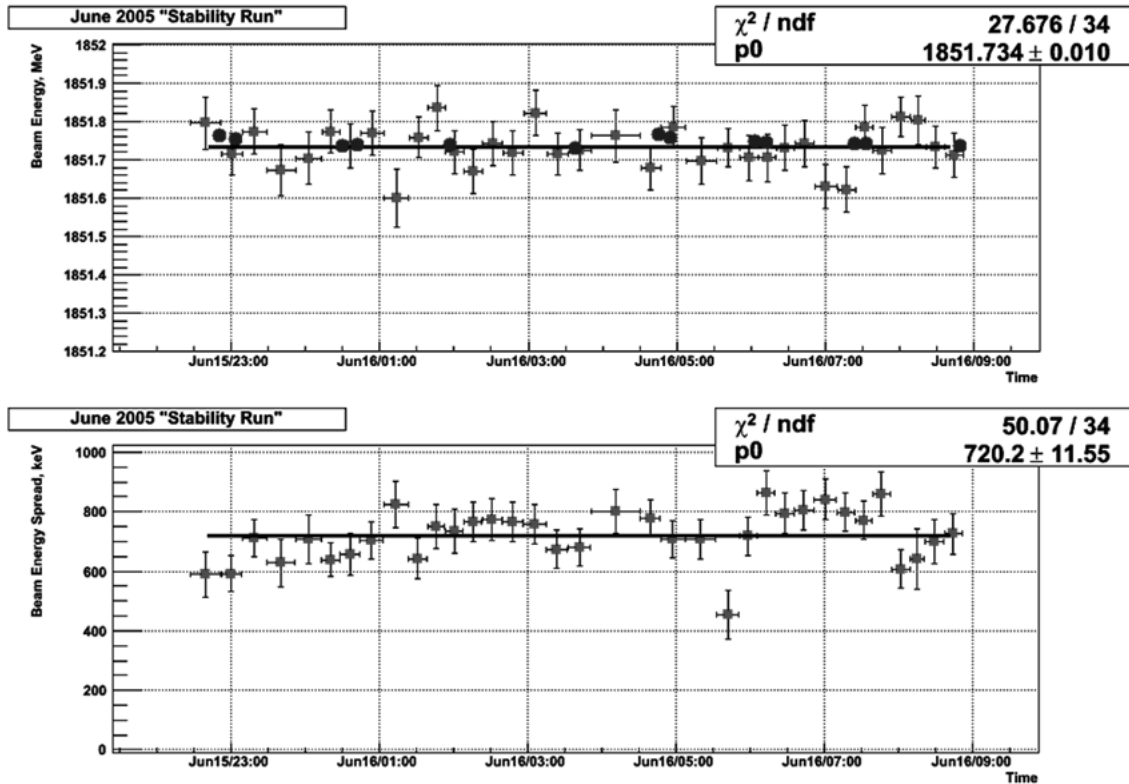


Рис. 10: Вверху - измерение энергии, внизу - измерение энергетического разброса с помощью ОКР (красные точки) и резонансной деполяризации (синие точки).

5.5.3 Модернизация и улучшение работы комплекса

Система обратной связи

Повышение интенсивности пучков ВЭПП-4 - важная задача для увеличения эффективности работы комплекса. Вместе с тем, значительный импеданс ускорителя, который приводит к возбуждению коллективных неустойчивостей, ограничивает предельный ток сгустка значением 3-5 мА на энергии 1.5-2 ГэВ в режиме работы 2x2 сгустка.

Для преодоления этого предела и подавления ТМС-неустойчивости на ВЭПП-4М создается система быстрой обратной связи, которая позволит увеличить ток электронов в сгустке до 40 мА при режиме 2x2 сгустка в диапазоне энергий от 1.8 ГэВ до 5 ГэВ.

В настоящее время разработана силовая электроника, изготовлен полный комплект для одного канала (мощность усилителя 400 Вт, полоса пропускания до 25 МГц),

проложены все необходимые кабельные трассы, изготавливается цифровая часть системы (АЦП, ЦАП и сигнальный процессор). На рис. 11 показан внешний вид изготовленного оборудования.

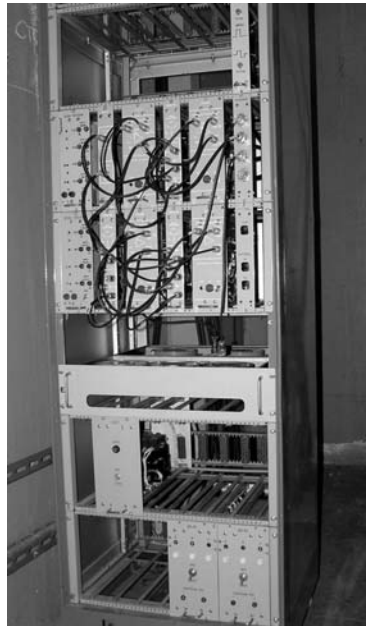


Рис. 11: Система подавления поперечных неустойчивостей на ВЭПП-4.

Начата реальная работа с пучками в ВЭПП-4М. На рис. 12 показан процесс измерения сигнала в нагрузке пластин электростатического “кикера”.

На рис. 13 показан сигнал пучка позитронов, измеряемый с пластин “кикера”.

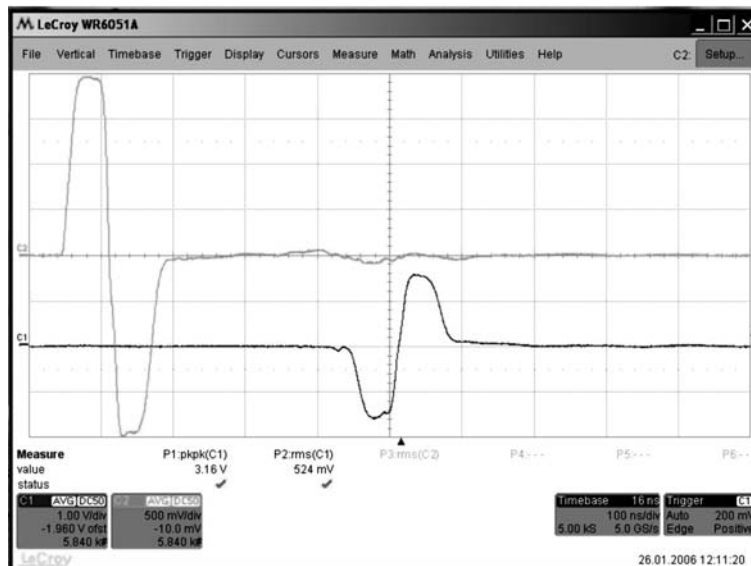


Рис. 12: Сигнал на выходе усилителя (зеленый луч) и на нагрузке пластин “кикера” (синий луч)

Также, разрабатывается система подавления продольных когерентных колебаний, высокочастотные усилители для этой системы имеются в наличии, широкополосный резонатор-кикер сдан в производство.



Рис. 13: Сигнал от позитронного пучка (два сгустка), измеряемый с пластин “кикера”.

Создание одномодовых резонаторов

Важной работой на перспективу является создание новых ускоряющих резонаторов с подавлением высших мод для ВЭПП-4М. Постановка подобных резонаторов позволила бы существенно улучшить ситуацию с продольными когерентными колебаниями. В 2005 г. была разработана конструкция такого резонатора (рис. 14), его параметры приведены в таблице 1. Проведен полный электромагнитный расчет конфигурации резонатора, создан макет резонатора (М1:5) с подавлением высших мод, с помощью которого осуществлено измерение спектра высших мод в сравнении с обычным резонатором. Пример полученных результатов показан на рис. 15 В настоящее время начато изготовление узлов резонатора.

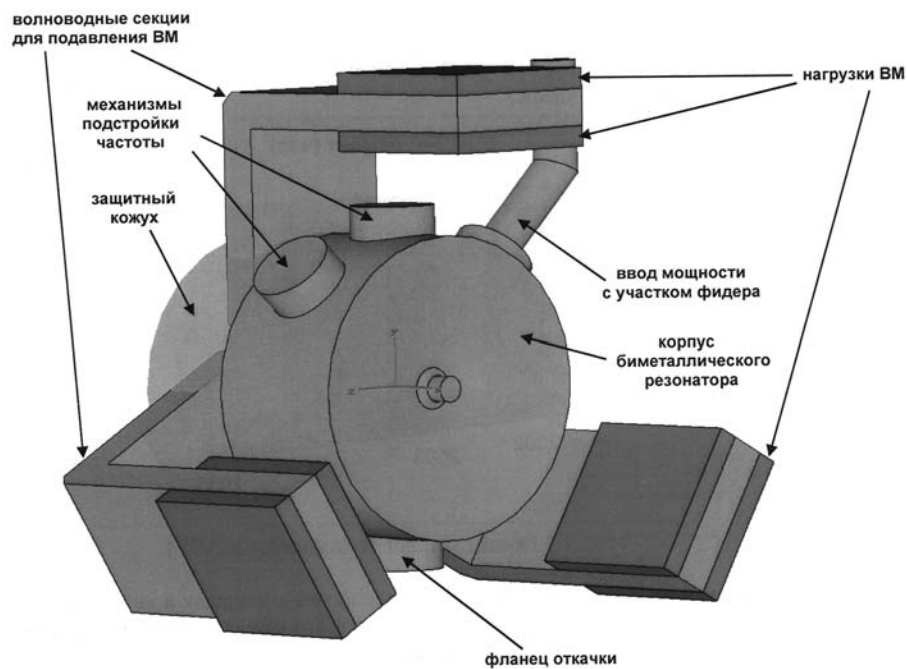


Рис. 14: Внешний вид одномодового резонатора для ВЭПП-4М.

Таблица 5.1: Основные параметры одномодового резонатора ВЭПП-4М.

Рабочая частота	181.8 МГц
Диапазон перестройки частоты	≈ 300 кГц
Добротность рабочей моды	34000 ÷ 36000
Коэффициент пролета	0.86
Характеристическое сопротивление (с учетом пролета)	112 Ом
Шунтовое сопротивление (с учетом пролета)	3.8 ÷ 4.0 МОм
Добротности высших мод	≤ 300
Мощность передаваемая в пучок 4x40мА, при U = 850 кВ	68кВт
Мощность передаваемая в пучок 4x40мА, при U = 850 кВ	68 кВт

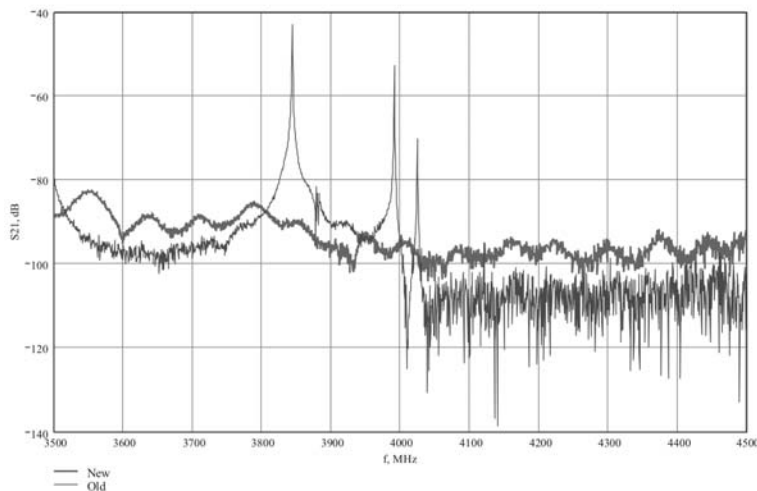


Рис. 15: Спектр высших гармоник, измеренный на макете одномодового резонатора с (красный) в сравнении со спектром обычного биметаллического резонатора.

Стабилизация температуры охлаждающей воды

Стабильность температуры дистиллята охлаждения ВЭПП-4М является существенным фактором надежной и эффективной работы комплекса. С одной стороны, изменение температуры магнитов накопителя приводит к нежелательному сдвигу энергии пучка, с другой - температурный дрейф ускоряющих резонаторов вызывает фазовые колебания, уменьшение светимости и увеличение скорости потери частиц.

На рис. 16 показан график изменения температуры охлаждающей воды резонаторов ВЭПП-4М и светимость за тот же период. Видно, что изменение температуры на 1°C приводит к уменьшению светимости вследствие возникновения фазовых колебаний, а изменение на 2°C заставляет разводить пучки, поскольку возросшие потери частиц неблагоприятно влияют на дрейфовую камеру детектора. Для стабилизации температуры резонаторов разработаны специальные термостаты, позволяющие удерживать заданную температуру с точностью $\approx 0.1 \div 0.05^\circ\text{C}$ (рис. 17).

Температура охлаждающей воды измеряется на входе и на выходе термостата, а встроенный процессор, сопряженный с нагревательным элементом, осуществляет обратную связь.

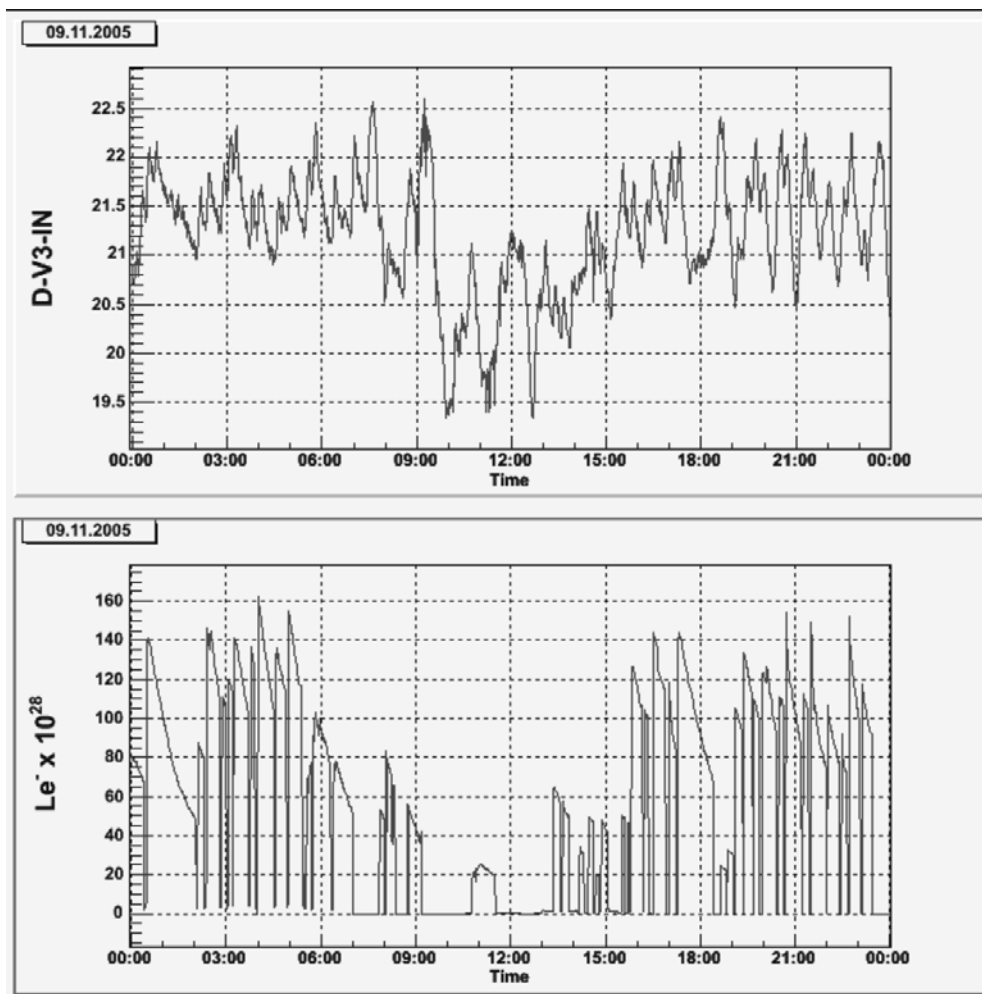


Рис. 16: Вверху - температура охлаждающей воды резонаторов ВЭПП-4М, Внизу - светимость.

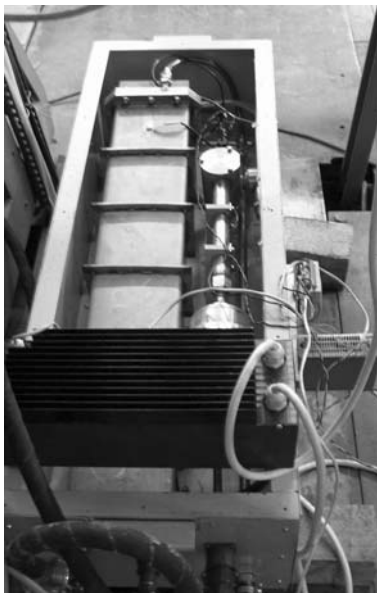


Рис. 17: Внешний вид термостатирующего устройства, установленного возле резонатора ВЭПП-4М.

5.5.4 Международное сотрудничество и контрактные работы

В 2005 г. контрактная деятельность сотрудников комплекса ВЭПП-4 включала следующие пункты:

- Сотрудничество с CERN по производству “теплых” дипольных магнитов прямолинейных промежутков коллайдера LHC входит в заключительную фазу: завершено (досрочно) изготовление магнитов MCBW (20 шт.), MBXWT (3 шт.), MBXWS (3 шт.). Изготовление магнитов MBW (отправлено заказчиком 17 шт. из 24) и MBXW (отправлено 21 из 29) будет закончено в 2006 г.
- Завершено изготовление квадрупольных (QTG) магнитов протонного канала для нейтринного эксперимента Gran Sasso (CERN-DESY).
- Продолжается работа по производству алюминиевых катушек квадрупольных магнитов источника СИ PETRA III (DESY).
- Закончена поставка коммутации магнитов MBI и MBG (CERN).
- Для протонного синхротрона PS CERN изготавливаются 6-метровые алюминиевые катушки поворотных магнитов. Установка этих катушек в поворотные магниты (всего 25 магнитов) также осуществлялась сотрудниками л.1-3 и ЭП (рис. 18) в течение 2005 г.
- Закончена оснастка для ремонта квадруполь PS (CERN).
- Завершен контракт с фирмой Toshiba по изготовлению 24 корректирующих магнитов шести различных типов.
- Начато изготовление секступольных магнитов для источника СИ ALBA (Испания, Барселона).



Рис. 18: Сотрудники л.1-3 около отремонтированного магнита PS (CERN).

В 2005 г. сотрудники лаборатории активно участвовали в работе над различными зарубежными и международными ускорительными проектами: CLIC (CERN, Швейцария), DAFNE (LNF, Италия), PETRA III (DESY, Германия), ALBA (Испания) и др., а также, неоднократно представляли доклады на российских и международных конференциях, совещаниях и симпозиумах.

5.6 Инжекционный комплекс ВЭПП-5

В Институте ядерной физики СО РАН продолжается строительство инжекционного комплекса ВЭПП-5, в состав которого входят форинжектор и накопитель-охладитель.

Накопитель-охладитель

В 2005 году был завершён монтаж и наладка системы питания поворотных магнитов и линз накопителя-охладителя, проведены наладка и испытания ВЧ системы накопителя. Также завершена наладка и проведены испытания системы впуска выпуска. Начат монтаж и наладка системы диагностики пучка. Проведены испытания магнитной и вакуумной систем впускных каналов для электронов и позитронов. На рис. 1 представлена фотография накопителя-охладителя, кольцо подготовлено к приёму пучка.



Рис. 1: Фотография накопителя-охладителя

Форинжектор

В текущем году были произведены три ускоряющие структуры третьего ускоряющего модуля форинжектора. Четвёртая структура и мощные СВЧ нагрузки находятся в производстве. Изготовленные части третьего модуля уже смонтированы в зале форинжектора. Идёт монтаж и наладка магнитной и вакуумной систем линейного ускорителя позитронов. По завершению изготовления четвёртой ускоряющей структуры и СВЧ нагрузок будет возможно ускорение электронов в третьем ускоряющем модуле и их последующая инжекция в накопитель-охладитель на проектной энергии величиной 500 МэВ.

В работе принимали участие:

А.А. Акимов, О.Ю. Баженов, П.А. Бак, М.Ф. Блинов, Ю.М. Боймельштейн, Д.Ю. Болховитянов, А.И. Бутаков, Р.Х. Галимов, Б.И. Гришанов, Р.М. Громов, С.М. Гуров, Е.А. Гусев, Н.С. Диканский, Ф.А. Еманов, И.В. Козарезов, С.Н. Ключев, А.Н. Косарев, А.А. Корепанов, Н.Х. Кот, Д.Е. Куклин, В.И. Кокоулин, Р.М. Лапик, Н.Н. Лебедев, П.В. Логачев, А.И. Михайлов, П.В. Мартышкин, Л.А. Мироненко, В.М. Павлов, А.В. Петренко, И.Л. Пивоваров, О.В. Пирогов, В.В. Подлевских, Ф.В. Подгорный, Т.В. Рыбицкая, С.Л. Самойлов, В.С. Северило, Ю.И. Семенов, Б.А. Скарбо, А.А. Старостенко, А.Р. Фролов, В.Д. Хамбиков, А.С. Цыганов, А.Г. Чупыра, С.В. Шиянков, Т.А. Яскина и др.

5.7 Электронное охлаждение

Основным направлением работ за 2005 год была наладка и испытания электронного охладителя для накопительного кольца LEIR в ЦЕРН. Это кольцо входит в инжекционную цепь создаваемого в ЦЕРН крупнейшего в мире коллайдера со встречными адронными пучками LHC. Электронное охлаждение будет использоваться для накопления интенсивных сгустков ионов свинца для осуществления встречных ион-ионных столкновений в LHC. Электронный охладитель был разработан, построен и испытан в 2004 г. в ИЯФ. В конце 2004 он был демонтирован и доставлен в Женеву 17 декабря 2004. Летом 2005 удалось завершить его монтаж и проверку с электронным пучком. В ноябре были проведены первые успешные опыты по охлаждению четырех зарядных ионов кислорода в накопителе. Результаты охлаждения ионов коллеги из ЦЕРН оценивают как очень успешные и подчеркивают, что впервые в мире было использовано электронное охлаждение с электронным пучком, профиль которого может существенно изменяться для оптимизации охлаждения.

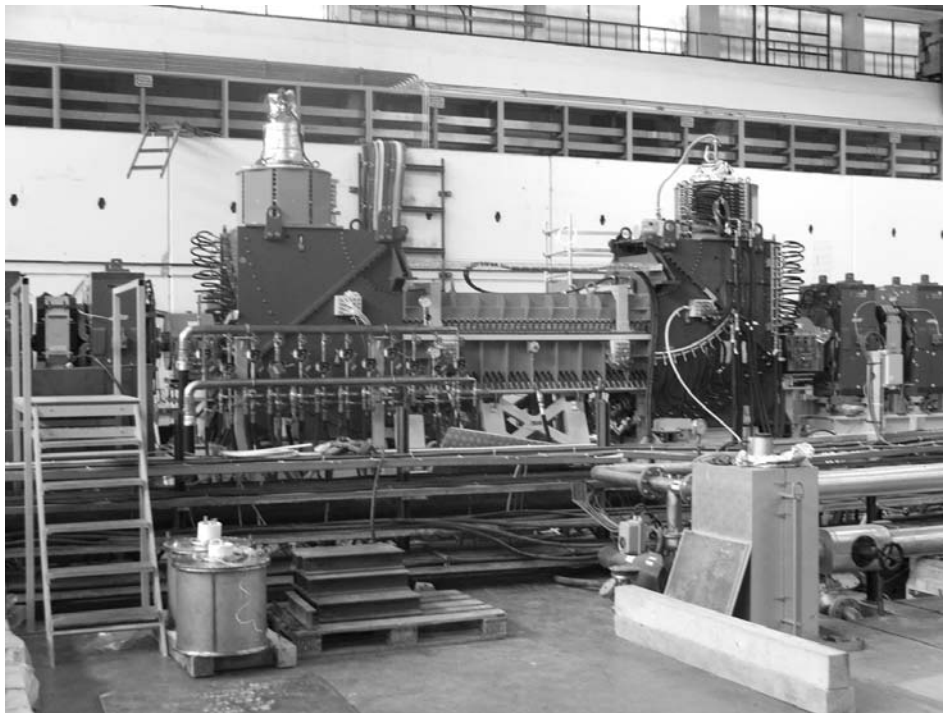


Рис. 2: Фото электронного охладителя после установки в прямолинейный промежуток накопителя LEIR.

Проводилась работа по разработке высоковольтного охлаждения для накопителя COSY. Предполагается заменить уже существующий электронный охладитель на 2-х МэВ-ный для расширения экспериментальных возможностей синхротрона.

Проводилась активная работа по разработке низко энергичного протонного накопителя с электронным охлаждением. Для получения максимальной светимости в накопительном кольце на низкую энергию предложено использовать продольное магнитное поле. Это позволяет в той или иной мере решить проблему пространственного заряда. В августе в Москве проходило совещание по подведению итогов работы в этом направлении. В. Рева и В.Востриков доложили основные достижения ИЯФ в этих расчетах. Другие участники работ Дубна(ОИЯИ), Снежинск(ВНИИТФ), LBN(USA) одобрили эти результаты и предложили довести расчеты до трехмерной модели.

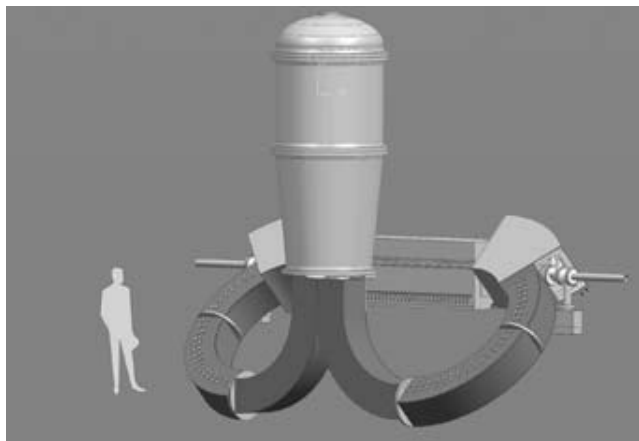


Рис. 3: Внешний вид проекта электронного охладителя для COSY.

Проводились работы по разработке углеродного комплекса с электронным охлаждением для терапии рака. Результаты докладывались на совещании по вкладу фундаментальных наук в медицину проходившее в Академгородке в августе 2005. Ускорительный масс-спектрометр (AMS) для датировки по соотношению изотопов создается в ИЯФ по заказу Сибирского Отделения. В настоящее время заканчивается изготовление основных систем ускорителя.

Изготовлена и смонтирована низкоэнергетическая часть комплекса, на которой проводятся эксперименты с газовым и распылительным источниками отрицательных ионов углерода по генерации и транспортировке отрицательных ионов на вход в первую ускорительную трубку тандема. Проведены эксперименты с парамагнетической перезарядной мишенью на отдельном стенде. Мишень подготовлена для установки на ускоритель. Смонтирован прототип системы высоковольтного питания AMS. Проведены работы по подготовке системы высоковольтного питания AMS к первым экспериментам по ускорению и перезарядке частиц, намеченным на начало 2006 г. В результате экспериментов доработаны элементы системы и получена устойчивая работа без пробоев при ускоряющем напряжении около 550 кВ при применении воздуха в качестве изолирующего газа. Подготовлена элегазовая система. Разработана и изготовлена система регистрации параметров ионных пучков, система питания ионных источников. Разработана и частично изготовлена система компьютерного управления AMS на основе блоков ADAM и SAMAC и ПО LabVIEW. Электроника, находящаяся под высоким потенциалом управляется с помощью блоков оптической связи ADAM. Для питания электроники, находящейся под высоким потенциалом разработан и изготовлен прототип газовой турбины, питаемый потоком изолирующего газа от компрессора, находящегося под земляным потенциалом. Ведется работа по усовершенствованию турбины для увеличения ее КПД. На начало 2006 г. после получения 180° комбинированного поворота из производства запланирована сборка высоковольтной части AMS и эксперименты по ускорению и перезарядке частиц. Работа поддерживается “Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере”, INTAS.

В работе принимали участие:

Н.И. Алиновский, В.В. Анашин, В.Н. Бочаров, М. Брызгунов, А.В. Бублей, М.А. Веденев, В.Ф. Веремеенко, Р.В. Воскобойников, В.А. Востриков, В.К. Гостеев, А.Д. Гончаров, И.В. Горнаков, Ю.А. Евтушенко, Н.П. Запяткин, М.Н. Захваткин, А.В. Иванов, И.В. Казарезов, В.Р. Козак, В.И. Кокоулин, В.В. Колмогоров, Е.С. Константинов, С.Г. Константинов, И.А. Кооп, А.М. Крючков, А.С. Медведко, Л.А. Мироненко, В.М. Павлов, В.М. Панасюк, В.В. Пархомчук, Д.В. Пестриков, С.П. Петров, С.А. Растигеев, В.Б. Рева, Б.А. Скарбо, Б.М. Смирнов, Б.Н. Сухина, М.А. Тиунов, В.Г. Шамовский, Ю.М. Шатунов, К.К. Шрайнер и др.

Результаты работы отражены в публикациях: [293] ÷ [296], [351] ÷ [356].

5.8 Прототип нейтронной мишени

В настоящее время в LNL-INFN (Италия) реализуется проект по получению и исследованию короткоживущих радиоактивных изотопов, для которого необходима высокоинтенсивная нейтронная мишень. В ИЯФ предложена схема высокотемпературной мишени, охлаждаемой излучением.

Предложенная схема мишени представляет собой конвертор, набранный из пластин, закрепленных на вращающемся металлическом диске и охлаждаемый собственным тепловым излучением рис. 4. Наиболее напряженной частью такой мишени является конвертор, который для эффективного охлаждения должен иметь температуру около 1700-2000 °С.

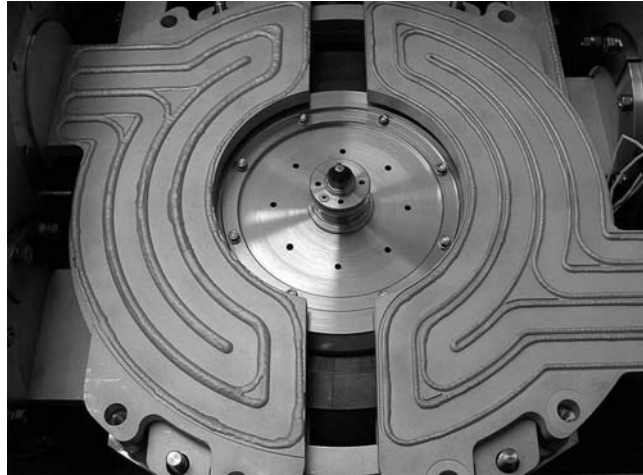


Рис. 4: Прототип нейтронной мишени.

В ИЯФ были проведены испытания материалов - кандидатов на роль конвертора мишени в условиях, максимально близко моделирующих прогнозируемые рабочие условия. Испытания заключались в распределенном объемном нагреве образцов электронным пучком до режимов, имитирующих рабочий режим конвертора.

В качестве конвертора использовались такие тугоплавкие материалы, как графит, стеклоуглерод, карбид бора и специально изготовленный графитоподобный материал из изотопа ^{13}C .

Графитовые материалы показали свою принципиальную применимость в предложенном варианте нейтронной мишени.

К настоящему времени было осуществлено:

- разработка и тестирование прототипа нейтронной мишени,
- исследование и оптимизация различных схем нейтронной мишени,
- предварительный дизайн радиационной защиты,
- концептуальный дизайн источника радиоактивных ионов, обеспечивающий демонтаж и замену мишенной системы способом, исключающим нахождение персонала в зоне облучения,
- концептуальный дизайн биологической защиты.

Данная работа проводилась в рамках проекта МНТЦ № 2257.

По завершении этого проекта предполагается продолжение работ по созданию источника радиоактивных ионов на основе прототипа нейтронной мишени в рамках проекта SPES.

В работе принимали участие:

М.С. Авилов, О.Б. Аникеева, Д.Ю. Болховитянов, Р.В.Горбачев, К.В. Губин, Е.И. Жмуриков, Г.Н. Крюкова, Н.Н. Лебедев, П.В. Логачев, П.В. Мартышкин, А.И. Романенко, А.А. Старостенко, С.В. Шиянков и др.

Результаты работы отражены в публикациях:

[111], [298], [299], [300], препринты 1, 2, 11.

5.9 Прототип жидкой свинцовой мишени для производства позитронов

В Институте ядерной физики СО РАН ведется разработка прототипа жидкой свинцовой мишени для производства позитронов (ILC). Обычные твердые WRe мишени выдерживают падающие мощности $2 \cdot 10^{12}$ ГэВ/мм² за короткий импульс (меньше 100 нс). Чтобы обойти это ограничение была предложена жидкая металлическая мишень. В этой мишени струя металла температурой около 300 °С прокачивается между окнами, через которые проходит пучок.

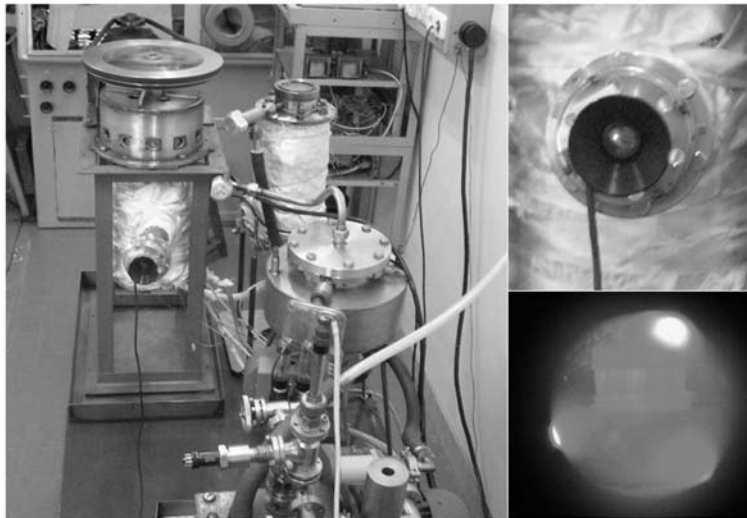


Рис. 5: Прототип жидкой свинцовой мишени.

Для данной цели был доработан существующий шестереночный насос и проведено его тестирование. Насос отработал около 6000 часов, прокачивая сплав состоящий из 90% Pb и 10% Sn, при рабочей температуре 300 °С. После 6000 часов работы насоса не замечено никаких его повреждений.

В работе принимали участие:

М.Ф. Блинов, В.А. Голиков, И.Е. Жуль, П.В. Логачев, С.Н. Морозов, В.А. Попов.

5.10 Работы группы электронных пушек

- Участие в испытаниях ускорителя на энергию 200 кэВ и мощность 2 кВт для США. Ускоритель успешно испытан и поставлен заказчику.

- Разработаны, сконструированы и изготовлены иридий-цериевые катодные узлы для установки получения многозарядных ионов для RHIC Брукхейвенской Национальной лаборатории, США. Диаметры катодов равны 9.5 мм и 14.5 мм. Катоды предназначены для длительной работы при плотностях тока с катода до 20 А/см^2 в длинно-импульсном режиме до 0.1 сек.

- Группа приняла участие в работах по изготовлению установки электроннолучевой сварки рис. 6. Рабочее напряжение до 60 кВ, регулирование тока $1 \div 250 \text{ мА}$. Большой диапазон расстояний до точки сварки, широкие возможности управления электронным лучом.

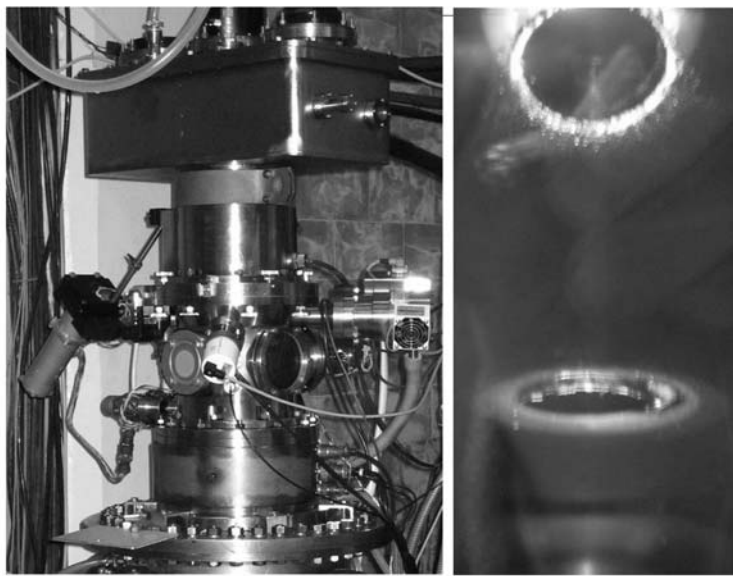


Рис. 6: Электроннолучевая сварка .

- Изготовлены, испытаны и поставлены катодные узлы с эмиттером из гексаборид-лантана для микротрона в KAERI, Корея. Эти катоды обладают в десятки раз большим сроком службы, чем обычно применяемые в микротронах.

- Был проведен ряд работ на установке Charge State Breeder BRIC в национальной лаборатории Ядерной физики, Линьяро, Италия.

Модернизированы:

- ионно-оптическая система;
- затвор выпуска ионов;
- экстракция ионов из ловушки;
- затвор время-пролетного канала.

Получена полная экстракция ионов из ловушки и транспортировка их через всю оптическую систему, улучшено разрешение пиков ионов различной зарядности после время-пролетного канала.

- Проведены исследования катодных материалов для различных применений в пограничных вакуумных условиях.

В работе принимали участие:

М.А. Батазова, К.В. Губин, Г.И. Кузнецов, П.В. Мартышкин, В.М. Павлов и др.

Результаты работы отражены в публикациях:

[301], [302], [303].

5.11 Вакуумные исследования

5.11.1 Измерения коэффициента вторичной электронной эмиссии для НЭГ TiZrV

Подавление эффекта электронной мультипакции в канале пучка является актуальной задачей ускорительной физики. Покрытие стенок вакуумной камеры материалом с низким коэффициентом вторичной электронной эмиссии является одним из приоритетных направлений исследований для решения этой задачи. Хорошие сорбционные свойства пленок нераспыляемого геттера (НЭГ) TiZrV делают этот материал привлекательным для покрытия внутренних стенок вакуумной камеры. В рамках совместных работ с КЕК (Tsukuba, Japan) по изучению эмиссионных свойств перспективного неиспаряемого геттерного покрытия (НЭГ) TiZrV, в ИЯФ были проведены прямые измерения коэффициента вторичной электронной эмиссии (SEY) для этого НЭГ.

Образцы размером 10 x 30 мм были покрыты НЭГ в ИЯФ одновременно с экспериментальной вакуумной камерой для коллайдера КЕКВ (Япония). В ИЯФ также изготовлена специальная экспериментальная установка для измерения SEY этих образцов. Чтобы избежать адсорбции воды на НЭГ, вакуумная камера установки была прогрета при 100°C в течении 24 часов, а образец отдельно нагревался до 300°C. Достигнутое давление 10^{-7} Па. Электронная пушка формировала пучок диаметром 1.5 мм ортогональный образцу. При токе пучка 10 нА диапазон энергий первичных электронов варьировался от 20 до 600 эВ, что было достаточно для измерения максимума SEY, наблюдавшемся при энергии менее 500 эВ. Результаты измерения спектра SEY представлены на рис. 1. После активации при 255 и 300°C SEY снизился со значений 2.3 - 2.5 до 1.5 -1.6 и 1.2 соответственно.

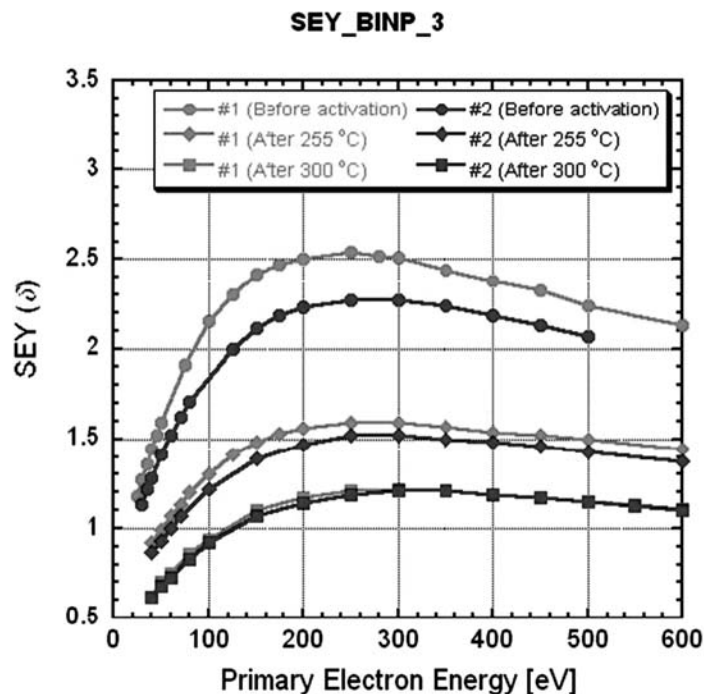


Рис. 1: Зависимость коэффициента вторичной эмиссии SEY от энергии первичных электронов.

Предполагается, что на результаты измерений могло повлиять то, что площадь образцов была значительно меньше площади камеры. В этом случае низкая температура прогрева вакуумной камеры могла привести к недостаточному обезгаживанию камеры, что, как следствие, могло сказаться на состоянии поверхности НЭГ. Возможно также, что время нахождения образцов на атмосфере до начала экспериментов оказалось уже достаточно большим для частичного оксидирования НЭГ. С учетом этих обстоятельств, предполагается в будущем провести новые более детальные эксперименты с расширением диапазона энергий первичных электронов.

5.11.2 Экспериментальные исследования активационных и газопоглощающих свойств нераспыляемого геттера системы Zr-V-Fe

Практический интерес представляет возможность активации современных геттеров с помощью внешнего прогрева, поскольку в этом случае нет необходимости в дополнительных сильноточных токовводах, изоляции геттеров, что значительно упрощает конструкцию установки. Настоящая работа посвящена исследованию возможности активации внешним прогревом геттера St707 SAES Getters (Zr(70%)-V(24.6%)-Fe(5.4%)).

С этой целью в ИЯФ была изготовлена специальная экспериментальная установка. Для достижения большей удельной сорбционной емкости геттерный насос выполняется в виде картриджа. Константановая лента с нанесенным геттером St707 уложена в виде звездочки в слоты. На рис.2 показан картридж, состоящий из 5-и слотов. Общая длина ленты 10м. Длина картриджа составляет 150 мм, внутренний диаметр равен 90 мм, а внешний- 145 мм. Расстояние между стрипами взято 7 мм. Активация геттера осуществляется методом внешнего прогрева при помощи нагревателя. Прогрев картриджа в данной установке может осуществляться по заданному режиму прогрева до температур не менее 400°C. Перед активацией картриджа вакуумная камера, где находился геттер, прогревалась при температуре 150°C в течение полутора суток. Затем вся установка охлаждалась, а картридж оставался нагретым до температуры примерно 150°C. Активация картриджа осуществлялась при температуре 350°C в течение 4 часов.

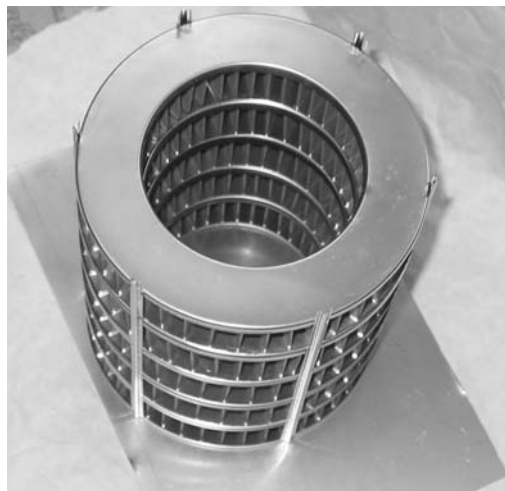


Рис. 2: Картридж (вид сбоку, сверху.)

Контроль эффективности активации картриджа с геттером осуществлялся посредством измерения эффективного коэффициента прилипания H_2 к внутренней поверхности картриджа и сравнения со значениями рассчитанными методом угловых коэффициентов. На рис.3 показаны расчетная зависимость эффективного коэффициента прилипания от расстояния между стрипами (шага укладки ленты) для коэффициентов прилипания $a=0.01$; 0.03 ; 0.05 к открытой поверхности геттера и экспериментальное значение для шага укладки ленты 7мм. Как видно из рис.3, экспериментальное значение соответствует коэффициенту прилипания $0.02 - 0.03$ к открытой поверхности геттера, что находится в хорошем соответствии с измерениями открытого стрипа [C. Benvenuti and P. Chiggiato "Pumping characteristics of the St707 Non- evaporable getter (Zr 70-V 24.6-Fe 5.4 wt%)", 1995]. Таким образом, можно сделать заключение об успешной активации геттера в данном режиме. Последующие измерения емкости картриджа по CO ($2 \text{ л} \cdot \text{Торр}$), подтвердили практически 100% активацию геттера. По истечении трех недель после активации картриджа, давление остаточных газов в экспериментальной установке снизилось до $3E-12$ Торр.

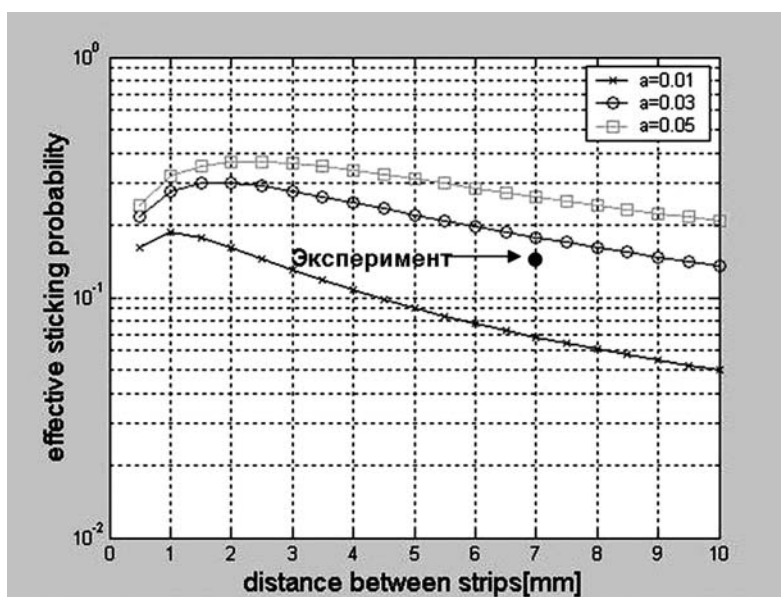


Рис. 3: Зависимость эффективного коэффициента прилипания от шага укладки ленты для коэффициентов прилипания $a=0.01$; 0.03 ; 0.05 к открытой поверхности геттера.

5.11.3 Изготовление вакуумных фототриодов

Для обеспечения потребностей калориметров детекторов СНД и КЕДР ведется работа по изготовлению фототриодов $\varnothing 52$ мм и $\varnothing 32$ мм. Физические параметры фототриодов должны удовлетворять следующим условиям:

- квантовый выход фототриода $\geq 10\%$ ($\lambda = 415\text{мм}$);
- коэффициент усиления ~ 10 ;
- энергетическое разрешение, измеренное по фотопику для γ -квантов от радиоактивного источника $^{137}\text{Cs} \leq 15\%$;
- работа в магнитном поле до 2 Тл.

Для решения этой задачи с 2003 года создается новая автоматизированная система производства фототриодов на основе двух вакуумных постов для изготовления фотокатодов "КРИОП", поскольку аппаратура и программное обеспечение предшествующей автоматизированной системы, созданной в 80-х годах, значительно устарели.

Модернизированная система позволяет производить формирование бищелочных и многощелочных фотокатодов одновременно для шести фототриодов на одном вакуумном посту. Аппаратурная реализация автоматизированной системы основывается на стандартах КАМАК и двух специализированных блоков в стандарте "ВИШНЯ". Программа, контролирующая процесс формирования фотокатода, написана на языке Си под операционной системой Linux. В настоящее время основная часть программы отлажена, ведется программная обработка автоматизированной технологии формирования бищелочного фотокатода (K_2CsSb).

Для измерения основных характеристик фототриодов был создан измерительный стенд. В данном стенде фототриод используется в качестве фотоприемника в сцинтилляционном детекторе на основе монокристалла $NaI(Tl)$. Программа управления измерительным стендом написана на языке Си под операционной системой Linux.

Кроме того, для проверки работоспособности фототриодов в магнитном поле был создан стенд, который позволяет проследить зависимость уровня выходного сигнала фототриода от угла (от 0° до 90°) между осью прибора и направлением магнитного поля при фиксированной величине этого поля.

Совместно с Новосибирским заводом "Экран" в 2005 году было изготовлено 230 фототриодов $\varnothing 52$ мм. Измерены их основные характеристики, проведены испытания работоспособности в магнитном поле. Ближайшие планы - оптимизировать автоматизированную технологию активировки и наладить производство фототриодов $\varnothing 52$ мм и $\varnothing 32$ мм для калориметров детекторов СНД и КЕДР. Выпущен препринт, в котором описана данная автоматизированная система и измерительные стенды, описанные выше [7].

5.11.4 Изготовление электровакуумных компонентов Большого Адронного Коллайдера (БАК)

В настоящее время в производстве ИЯФ находится значительное количество вакуумных и электровакуумных узлов для Большого Адронного Коллайдера (БАК) строящегося в ЦЕРН. Сложность и высокие технические характеристики изделий потребовали освоения и развития целого ряда технологий. Так, для изготовления соединительных узлов вакуумной камеры пучка (Рис.4, 5) освоены прецизионная электронно-лучевая сварка, лазерная сварка и пайка индием в атмосфере водорода высокочастотных контактов. Покрытия золотом, родием и проверка импеданса контактов также проводятся в ИЯФ. Для изготовления высокоточных мониторов пучка отработано импульсное электролитическое толстослойное осаждение меди на нержавеющей сталь. В целом в ИЯФ будет произведено до 152 типов вакуумных узлов для БАК, общим количеством до 12000 шт.

Нельзя не отметить успехи в изготовлении тоководов на 600 и 6000 Ампер (Рис. 6) для БАК с теплопритоками не более 0.1 и 1 Ватт в гелиевую ванну, соответственно. Для производства тоководов отработан режим глубокого провара (до 15мм) медных швов на установке электронно-лучевой сварки (Рис. 7), создана автоматизированная печь для прецизионной вакуумной пайки стрипов из сверхпроводящей керамики



Рис. 4: “Холодные” соединительные узлы вакуумной камеры пучка БАК.



Рис. 5: “Теплые” соединительные узлы вакуумной камеры пучка БАК.



Рис. 6: Сборка токовводов на 600 и 6000 Ампер.

(Рис. 8), приобретена установка (Рис. 9) нанесения органических покрытий из газовой фазы и освоена технология нанесения покрытия Polyene-C, являющегося одним из наиболее эффективных в настоящее время средством защиты от влаги.

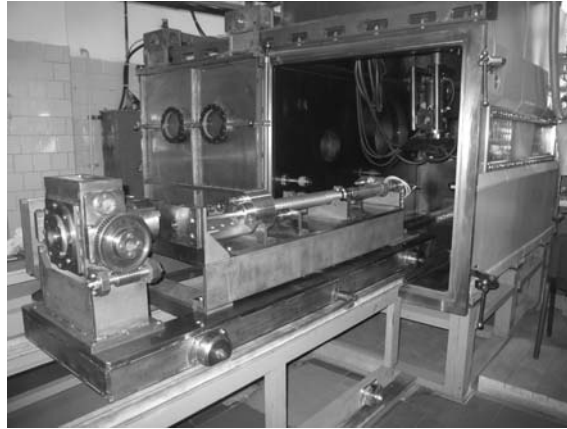


Рис. 7: Загрузка токоввода на 6000 Ампер в установку электронно-лучевой сварки.

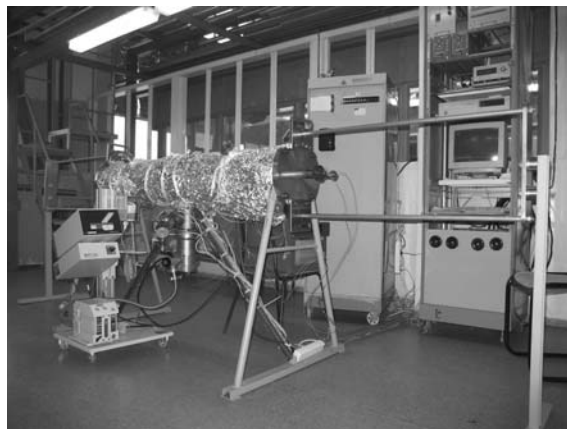


Рис. 8: Вакуумная печь для автоматизированной пайки сверхпроводящей керамики.



Рис. 9: Оборудование нанесения органических покрытий из газовой фазы.
Публикации : [1] ÷ [4], [254], [255], препринты 21.

Глава 6

Синхротронное излучение и лазеры на свободных электронах

1. Введение

На базе установок и лабораторий ИЯФ в настоящее время функционируют два центра коллективного пользования - Сибирский центр синхротронного излучения и Сибирский центр фотохимических исследований.

Программа работ Сибирского центра синхротронного излучения в 2005 году включала в себя следующие направления:

- проведение исследований и разработка новых технологий с использованием синхротронного излучения накопителя ВЭПП-3, подготовка к проведению работ на ВЭПП-4М;
- создание экспериментального оборудования для работы с СИ (каналы, экспериментальные станции, рентгеновская оптика, монохроматоры, детекторы);
- разработка и создание ускорителей – специализированных источников СИ;
- разработка и создание специальных магнитных систем для генерации СИ - вигглеров, ондуляторов, superbends;
- обучение и профессиональная подготовка студентов и аспирантов.

Для проведения работ на пучках СИ на накопителе ВЭПП-3 в 2005 году было выделено 1878 часов рабочего времени в режиме “Синхротронное излучение”. В экспериментах были задействованы 10 станций на 7 каналах вывода СИ.

Программа работ Сибирского центра фотохимических исследований в 2005 году включала в себя следующие направления:

- создание экспериментальных станций и проведение исследований на действующем мощном лазере терагерцового диапазона;
- продолжение работы по созданию многооборотного ускорителя-рекуператора и, на его базе, более мощного лазера на свободных электронах ИК-диапазона;
- участие в зарубежных проектах по разработке и созданию мощных ЛСЭ;
- обучение и профессиональная подготовка студентов и аспирантов.

6.1 Работы на пучках СИ из ВЭПП-3

6.1.1 Экстремальные состояния вещества

Станция “Экстремальные состояния вещества” предназначена для регистрации проходящего излучения и малоуглового рентгеновского рассеяния при исследовании детонационных и ударно-волновых процессов. Она является единственной в мире. В 2005 году на станции отработано с использованием СИ 62 часа пучкового времени, выполнено 119 экспериментальных взрывов. На станции можно проводить эксперименты с использованием до 30 г взрывчатого вещества (ВВ). Особенностью станции является использование взрывной камеры с тонкими бериллиевыми окнами для прохода пучка СИ и однокоординатного детектора с временным разрешением 100 нс.

Взрывная камера. Взрывная камера сделана из нержавеющей стали и имеет:

По условиям минимальных потерь рентгеновского излучения входные и выходные окна для СИ были изготовлены из бериллия толщиной 2 мм. Для сохранения герметичности окон после взрыва в камере были сделаны специальные “глушители ударной волны”. Камера имеет герметичные уплотнения на всех окнах и кранах и может быть откачана и наполнена инертными газами (гелием). Конструкция позволяет

дистанционно перемещать по вертикали экспериментальную сборку внутри взрывной камеры с точностью до 5 мкм. Для иницирования зарядов ВВ используются высоковольтные детонаторы.

Блок детекторов представляет собой стальной шестигранник толщиной 20 мм, внутри которого расположен механизм высокоточного перемещения детектора, а также детектор (приемник) рентгеновского излучения. В этом же блоке расположен быстрый затвор. Для перемещения детекторов установлен двухкоординатный высокоточный привод. Система позволяет дистанционно перемещать детектор по вертикали и горизонтали дискретно с точностью до 5 мкм.

Специально для данной станции был разработан однокоординатный детектор DIMEX для изучения динамики быстропротекающих процессов на пучках СИ, позволяющий накапливать и запоминать информацию о распределении плотности потока рентгеновского излучения за время меньшее, чем расстояние между соседними банчами в накопителе (~ 100 нс для ВЭПП-3). Детектор может записывать 32 кадра, накопленных в таком быстром режиме, и имеет пространственное разрешение 0.1 мм. Апертура детектора в направлении измеряемой координаты составляет 25,6 мм. В перпендикулярном направлении ~ 2 мм. При заполнении камеры смесью Хе-СО₂ (80%- 20%) под давлением > 7 атм обеспечивается пространственное разрешение 200 мкм и эффективность к фотонам 30 кэВ не менее 50%.

ПРОВОДИМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОДДЕРЖАННЫЕ ПРОЕКТЫ.

Исследование детонационных и ударно-волновых процессов с помощью СИ.

Работы проводились в рамках программ РАН “Исследование детонационных процессов в газовых, гетерогенных и конденсированных средах, в том числе для использования их в технологиях.” и “Исследование поведения гомогенных и гетерогенных сред при высокоэнергетическом воздействии”.

Работы были поддержаны грантами СО РАН №120 “Исследование образования и динамики роста наноструктур в детонационных и ударно-волновых процессах с помощью синхротронного излучения” и “Использование синхротронного излучения для исследования динамических процессов в сплошных средах”, программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Теплофизика и механика интенсивных энергетических воздействий”.

Работы также были поддержаны грантами РФФИ № 05-03-32752 “Исследование динамического равновесия зародышей наноалмазов в детонационных волнах.” и № 04-02-16903 “Исследование короткоживущих возбуждённых состояний вещества в экстремальных условиях высоких температур и давлений методами синхротронного излучения”.

В исследованиях принимали участие: Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН.

Используемые в исследованиях методики (особенно измерение малоуглового рентгеновского рассеяния с субмикросекундным временным разрешением) являются уникальными и до сих пор в мире не используются. Полученные экспериментальные результаты будут иметь большое значение для понимания возникновения и развития наноструктур, как углеродных, так и наноструктур других элементов в детонационных и ударноволновых процессах в конденсированных веществах.

Проведенные взрывные эксперименты методически можно разбить на две группы: измерение распределения интенсивности проходящего рентгеновского излучения и

измерение распределения малоуглового рентгеновского рассеяния.

Важным результатом является восстановление распределения плотности в зоне химика в прессованном гексогене. До сих пор в литературе идет дискуссия о существовании химика в этом ВВ.

В экспериментах по ударному сжатию аэрогеля впервые получены ударные адиабаты аэрогеля при начальной плотности $0,25 \text{ г/см}^3$ и $0,15 \text{ г/см}^3$.

Для улучшения временного разрешения при измерении МУРР был опробован режим работы детектора DIMEX без сброса. В таком режиме удалось сделать записи сигналов МУРР через 125 нс. При этом накопитель ВЭПП-3 работал в двухстудковом режиме. Линейное разрешение в этих экспериментах достигло 1 мм (при скорости детонации $\sim 8 \text{ км/с}$).

Получение первых экспериментальных данных о плотности газовых кумулятивных струй

Движение плотных кумулятивных струй (материал струи - медь, вольфрам-медный композит и др.) изучено очень подробно в десятках лабораториях ведущих стран мира, однако существующие физические методы не позволяют исследовать физику движения малоплотных, в частности, газовых, кумулятивных струй.

Экспериментальные сложности обусловлены главным образом низкой чувствительностью стандартных рентгеновских методов регистрации из-за низкой контрастности исследуемого объекта. Проведённые в ведущих лабораториях мира газодинамические расчёты для ВВ тротил-гексоген дали оценку плотности порядка $\rho \approx 0,15 \text{ г/см}^3$. На данной экспериментальной станции впервые в мире удалось зарегистрировать изображение газовой кумулятивной струи и определить её плотность и скорость. В проведённых экспериментах газовая струя образовывалась при детонации трубчатого заряда состава тротил/гексоген 50/50 (Рис.1).



Рис. 1: Постановка эксперимента. Серая трубка - исходный заряд ВВ (длина 240 мм, диаметр 12 мм), черная полоса - положение кумулятивной струи в двух кадрах В и С.

Эксперимент был усложнён еще и тем, что очень малая плотность газовой кумулятивной струи измерялась через стенки заряда ВВ, имеющего плотность $\rho_0 \approx 1,7 \text{ г/см}^3$. Измеренная скорость струи $U = 15,6 \text{ км/с}$ совпадает с расчётными данными, а измеренная плотность $\rho \approx 0,05 \text{ г/см}^3$ оказалась в 3 раза меньше расчётной. Полученный результат чрезвычайно важен для теории кумуляции.

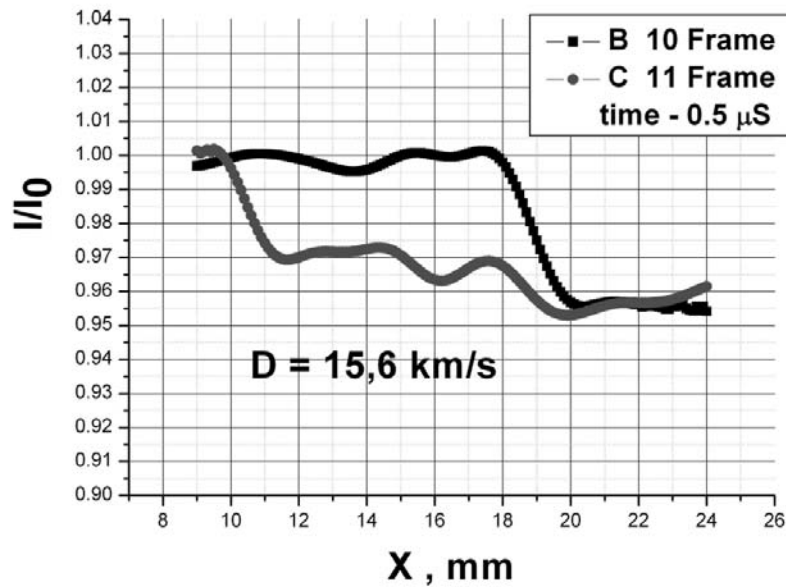


Рис. 2: Относительное поглощение синхротронного излучения вдоль оси заряда в кадрах В и С, сделанных через 0,5 мкс. Скорость переднего края струи составляет 15,6 км/с.

Исследование поведения аэросила под воздействием ударных волн: уравнение состояния и процесс разрушения.

Проведены эксперименты по определению ударной адиабаты (определение уравнения состояния) для аэрогеля, поверхность которого достигает $1000 \text{ м}^2/\text{г}$. Получены величины сжатия в диапазонах $U = 1,0 - 1,7 \text{ км/с}$ и плотности $0,15 - 0,25 \text{ г/см}^3$.

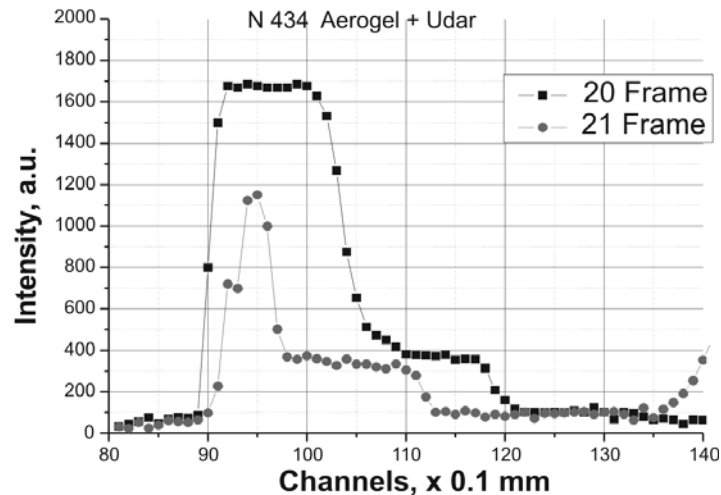


Рис. 3: Распределение интенсивности в двух кадрах при ударном сжатии аэрогеля. 20 кадр - до и 21 кадр - после отражения ударной волны от преграды.

На этих же образцах в 2005 г. проведена серия экспериментов по исследованию их разрушения ударными волнами. Нами обнаружено, что процессы, инициируемые ударной волной (УВ), в аэросиле пороговым образом зависят от скорости ударной волны:

1) при скорости УВ меньше 2,6 км/с происходит разрушение аэросила без изменения его внутренней микроструктуры, т.е. структуры микрочастиц его составляющих (размер частицы 5 нм);

2) при скорости УВ больше 2,6 км/с, УВ инициируют существенные изменения микроструктуры, сопровождаемые разрушением микрочастиц с последующим спеканием в конгломераты, имеющих нормальное логарифмическое распределение со средним размером в 6 нм.

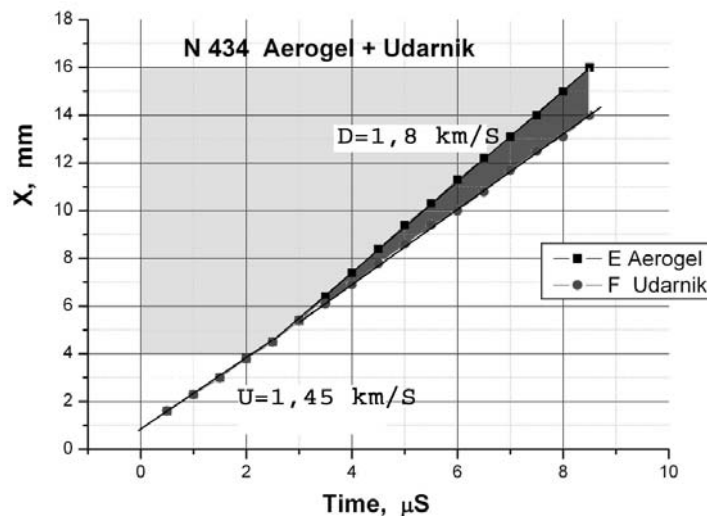


Рис. 4: x-t диаграмма движения ударной волны и ударника. Скорость ударника (A1) - 1,45 км/с, скорость ударной волны в аэрогеле - 1,8 км/с.

6.1.2 LIGA-технология и глубокая рентгеновская литография

В 2005 году на станции LIGA отработано с использованием СИ 27 смен, 107 часов пучкового времени.

Назначение станции:

- рентгеновская литография в толстых резистивных слоях для изготовления микроструктур, в т.ч. рентгеношаблонов;
- экспонирование интенсивным пучком СИ образцов большой площади для методических исследований модификации веществ.

В соответствии с решаемыми задачами реализуется два режима экспонирования. Первый - “рентгеновский литограф” — рисование топологии структуры (например, рентгеношаблона), для этого подложка с резистом перемещается на XY-микроподвижке (шаг 0.1-1 мкм) под микропучком СИ. Второй — теньевое экспонирование образцов большой площади широким пучком СИ через готовый рентгеношаблон. Для этого подложка с резистом и шаблон сканируются поперек пучка СИ в вертикальном направлении с большой скоростью.

Отрабатывается режим “динамической рентгенолитографии” — облучение через неподвижный шаблон подложки с резистом, движущейся по определенному закону, в результате под простым шаблоном получают структуры более сложной формы, например зонные пластины, полосковые структуры и т.п.

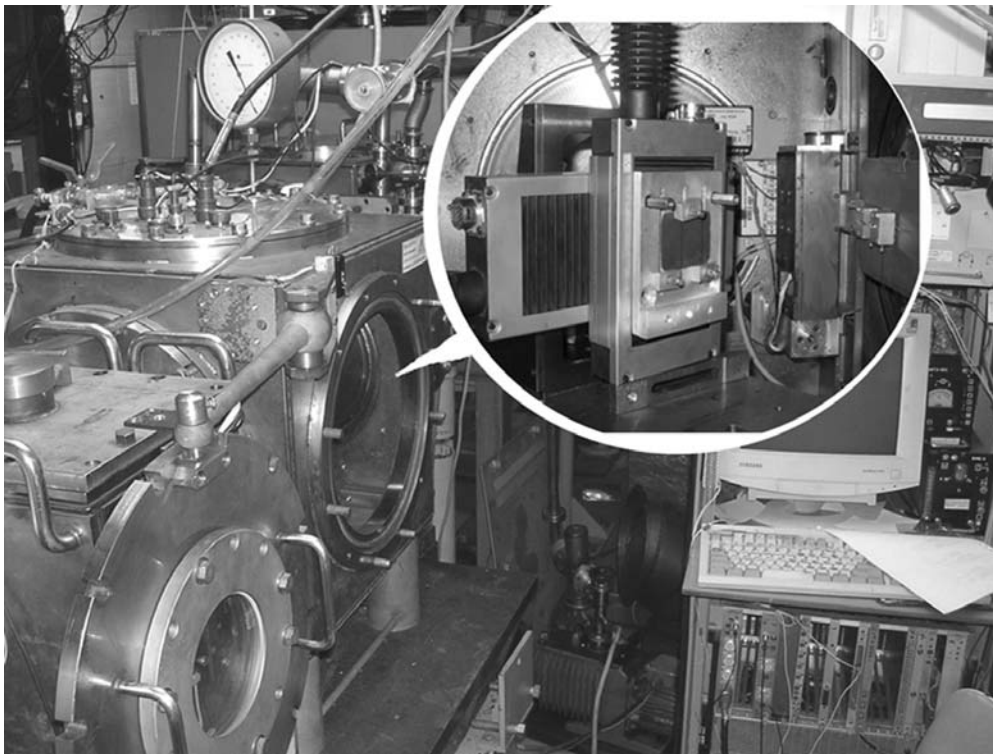


Рис. 5: Общий вид станции “LIGA”.

Технологическое помещение



Для выполнения технологических процедур подготовки, обработки и предварительного исследования образцов, создана специализированная «чистая комната»

Рис. 6: “Чистая комната”.

Канал транспортировки СИ длиной 15м, диаметром 60-100 мм, отделен от накопителя Ве-фольгой (100 мкм), от экспериментальной станции Ве-фольгами (100 мкм+300 мкм), в канале поддерживается вакуум на уровне 10^{-5} Па, в канале установлены монитор положения пучка, блок диафрагм.

На LIGA-станцию накопителя ВЭПП-3 могут выводиться пучки СИ как из 3 полюсного вигглера с магнитным полем 2 Т, так и из 11 полюсного вигглера с полем, варьируемым от 0 до 1 Т. Это позволяет расширить волновой диапазон используемого СИ в соответствии с требованиями конкретных прикладных задач. Спектральная фильтрация СИ осуществляется сменными фольгами (Ве, Al и др.)

Подготовка образцов, нанесение и травление резистов, гальванопластика проводятся в специально подготовленном помещении “Чистая комната”, оснащенном специализированным оборудованием: центрифуга, вакуумный сушильный шкаф, микроскопы, вытяжные шкафы, система обеспыливания атмосферы.

ПРОВОДИМЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОДДЕРЖАННЫЕ ПРОЕКТЫ.

Методические исследования рентгенорезистов ПММА и SU-8 и режимов для рентгенолитографии. ИЯФ СО РАН.

- Проект РФФИ № 03-02-16718, “Исследования возможности развития LIGA-метода для создания микроструктур с заданным профилем”. (2003-2005 г.г.)
- Молодежный проект СО РАН - 2006, “Разработка квазиоптических селективных элементов на основе металлических сеточных структур для частотной и пространственной селекции терагерцового излучения“ (2006-2007 г.г.)
- Междисциплинарный проект СО РАН, “Лучевые технологии синтеза микроструктурированных компонентов для офтальмологии, микрооптики и микрофотоники с применением новых оптических гибридных материалов” (2006- 2008 г.г.)

6.1.3 Аномальное рассеяние и прецизионная дифрактометрия

Станция “Аномальное рассеяние” предназначена для прецизионных исследований структуры поликристаллических материалов методами рентгеновской дифрактометрии.

Статистика использования смен на станции в 2005 году:

Заявлено часов	2009,0
Отработано часов	1198,2
Эффективность использования станции (по часам)	59%

Краткие аннотации основных работ, выполненных на станции в 2005 году

Исследование структуры мезоструктурированных силикатных материалов и их производных. Мезоструктурированные материалы демонстрируют упорядочение структурных единиц - мезопор нанометрового диапазона при отсутствии дальнего порядка на атомном уровне в силикатной матрице. Такие материалы являются перспективными с точки зрения адсорбции, катализа, микроэлектроники, оптики и других областей науки и технологии. Проведены исследования образцов мезоструктурированных силикатов различного генезиса, в том числе образцов, синтезированных с использованием смеси ионогенного и неионогенного ПАВ в различных соотношениях для контроля диаметра мезопор на этапе синтеза материала. Результаты работы по синтезу Ti- содержащего катализатора на основе мезоструктурированного материала, полученного с использованием смеси ПАВ, опубликованы. Исследованы также образцы с post-synthesis нанесением ГПК в мезопоры силиката.

Исследование структуры и субструктурных характеристик катализаторов глубокого окисления углеводородов. Проведено исследование фазового состава и субструктурных характеристик образцов CeO_2 , полученных методом самораспространяющегося поверхностного термосинтеза из церийаммонийнитрата $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6 \cdot \text{H}_2[\text{Ce}(\text{NO}_3)_6]$ $\text{CeO}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{CeO}_2$, нанесенного на стеклоткань. Показано, что в образце практически отсутствуют микронапряжения и дефекты упаковки, уширения дифракционных линий вызваны размерами ОКР частиц CeO_2 , которые не превышают 5 нм.

Исследование фазового состава катализаторов синтеза углеродных нановолокон. Углеродные нановолокна используются в качестве носителей металлических катализаторов, применяемых в топливных элементах. Проведено исследование серии образцов Ni-Cu-Al катализаторов синтеза КВУ: исходный катализатор, после 15, 30, 60 и 1200 мин реакции. Состав исходного катализатора по условиям синтеза: Ni - 65%, Cu - 25%, Al_2O_3 - 10%. Положения рефлексов металлов в исходном образце отличаются от положений рефлексов чистых металлов. Это свидетельствует о частичном растворении металлов друг в друге. Количество никеля, растворенного в меди, оценивается на уровне нескольких процентов (<5%), количество меди, растворенной в никеле - 25%. Характерной особенностью исследуемой системы является неоднородное изменение параметров решетки катализатора с увеличением времени реакции и количества наработанного КВУ.

Исследование фазового состава тонких пленок. Целью этой работы является исследование структуры и фазового состава тонких диэлектрических и полупроводниковых пленок, полученных плазмохимическим разложением легколетучих веществ, а также влияние условий синтеза и подложки на структуру и фазовый состав получаемых слоев. Исследовались структура и фазовый состав тонких пленок сульфида кадмия, смешанного сульфида кадмия и цинка на различных типах подложек, влияние подложек и условий синтеза на структуру сульфидов, структура и фазовый состав тонких пленок карбонитрида бора. Исследовались также структура и фазовый состав тонких пленок карбонитридов кремния. Изучено влияние состава исходной газовой смеси и условий синтеза на структуру карбонитрида кремния, влияние термической обработки на структуру. Проведено исследование серии образцов Ni-Cu-Al катализаторов синтеза КВУ: исходный катализатор, после 15, 30, 60 и 1200 мин реакции. Состав исходного катализатора по условиям синтеза: Ni - 65%, Cu - 25%, Al_2O_3 - 10%.

6.1.4 Рентгенофлуоресцентный элементный анализ

Тема: Изучение проблем распределения макро и микроэлементов в разных отделах миокарда и магистральных сосудов у человека.

Работа ведётся на основании договора о научном сотрудничестве с Государственным учреждением “Новосибирский научно-исследовательский институт патологии кровообращения имени ак. Е.Н.Мешалкина Министерства здравоохранения Российской Федерации”.

Определение межэлементных соотношений в ткани миокарда разных отделов сердца может дать обширную информацию в области исследования механизмов физиологических процессов, протекающих в данном органе в норме и патологии. В случае инфаркта наблюдаются чрезвычайно высокие концентрации Zn и Ni (для всех исследуемых пациентов), что резко отличается от картины, полученной для здоровых людей.

В ходе исследования определялся элементный состав следующих зон ткани миокарда исследуемых пациентов (ишемическая болезнь, инфаркт миокарда): левый и правый желудочки сердца, левое и правое предсердия, зона инфаркта, зона на периферии очага инфаркта и зона рубца. Данные проведенных анализов показали, что существует корреляция между содержанием Zn и Ni в миокарде как больных, так и здоровых людей. В случае возникновения инфаркта, концентрации указанных элементов повышаются на несколько порядков величины, по сравнению со здоровыми людьми. Такая картина наблюдается для всех анализируемых участков ткани миокарда пациентов, тогда как у здоровых людей уровни содержания Ni и Zn значительно ниже. Для больных людей величина концентрации Zn достигает 1.4% масс., а Ni - 0.0017%. Эти элементы могут быть маркерами определённых физиологических процессов. По данной тематике было проанализировано в 2005 г. 250 образцов тканей сердца и было получено около 1200 рентгенофлуоресцентных спектров.

Тема: Работа с материалом из археологических раскопок. Алтай, Укок, Пазырыкская культура, Институт археологии и этнографии СО РАН.

Продолжается работа по данной тематике с археологическим материалом. Это в основном анализ растений из погребений Пазырыкской культуры. Анализ конопли из погребения подтвердил ранее выдвинутую гипотезу о переходе меди из бронзовой курительницы в семя конопли, меди в ней (конопле) по данным наших исследований оказалось более 2% .

Тема: Высокоразрешающая реконструкция климата Сибирского региона последнего тысячелетия по летописям донных осадков континентальных озер.

Грант РФФИ: №03-05-64949-а “Геохимический отклик систем озерной седиментации на быстропротекающие изменения климата в Центральной Азии”.

Грант РФФИ: №05-05-97224-р байкал а “Палеоклимат периферии байкальской природной территории в период постледниковья”

Грант РФФИ:05-05-97229-р байкал а “Современное осадконакопление в озере Байкал как основа высокоразрешающей реконструкции климата последнего тысячелетия”

Цель работы: Разработка методики микроанализа и сканирующего РФА геологических образцов. Изучение распределения микроэлементов в осадках горных озер для проведения палеоклиматических реконструкций.

Содержание работы: На энергиях 17, 25 и 42 кэВ сканированы керны донных осадков озер Забайкальской природной территории, южной части оз.Байкал, глубоководной части оз.Телецкое, оз.Хотон-нур (Западная Монголия). Методические работы проводились с использованием шлифов донных осадков, осадков импрегнированных эпоксидной смолой, а также образцов алмазов, содержащих микровключения. Проведены методические работы по оценке воспроизводимости метода и пределов обнаружения на стандартных образцах состава горных пород.

Результаты: получены временные ряды содержаний 25-30 порообразующих и микроэлементов с разрешением 0.1 - 1 мм. Количество условных образцов (спектров) ~ 45000, количество элементопределений ~ 900 000. Получены метрологические характеристики методики сканирующего РФА СИ.

Пример полученных результатов. Получены вариации нормированных (от 0 до 1) величин XRD (рентгеновской плотности) и содержания Вг в годовых слоях (варвах) образца донных осадков. Шаг сканирования 100 мкм. Видны детали внутреннего (сезонного) устройства годовых слоев. Светлый (весенне-летний) слой характеризу-

ется уменьшением плотности - по мере выпадения более плотных крупноразмерных частиц. Минимум плотности приходится на осенний период - выпадение глины и органики, накопившейся за лето. В зимний период происходит выпадение глинистой фракции, уплотнение и ранний диагенез осадка. Содержание брома отражает максимум выпадения органики, приходится на осенний период и может служить индикатором биопродуктивности озера, следовательно отражает летние температуры. Диапазон концентраций брома от <1 до 5 г/т. На каждый слой приходится порядка 15 точек. Внутренний разброс (ошибка определения) не мешает выявлению четких закономерностей. Время измерения на точку 20 сек. Время сканирования, представленного на картинке диапазона длиной 8 мм составляет 30 мин. Одновременно определялись XRD, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, I, Ba, La, Ce, Th, U.]

Тема: Анализ торфяных разрезов болот Западной Сибири.

Болота Западной Сибири являются удобным объектом для изучения динамики поступления минерального вещества на поверхность из атмосферы. Особый интерес представляют верховые “выпуклые” болота, на которых нарастание биологической массы происходит и происходило в отрыве от притока подземных вод, и поэтому считается, что микроэлементный состав стратифицированных (во временной шкале) горизонтов торфяной залежи определяется минерализацией атмосферной пыли (аэрозоля), дождевой и снеговой воды.

Ранее нами послойно был изучен микроэлементный состав метрового разреза торфа из верхового болота, с выделением слоев XX века и предшествующих по времени за последнее тысячелетие. Оценка потоков 26 химических элементов получена комплексом аналитических методов, включая РФА СИ. Полученные скорости потоков совпадают с опубликованными для Байкальского региона. Выделена так называемая группа “летучих” элементов: Cd, Hg, Sb, Pb, Zn, As, Br, Cu, которыми обогащена атмосферная пыль над Западной Сибирью в течение всего последнего тысячелетия.

В настоящее время РФА СИ используется в изучении микроэлементного состава горизонтов торфяников в трех точках, удаленных друг от друга на 200 - 300 км. Мощность торфяников 2.5, 5.3 и 4.4 м, возраст 4000, 7000 и 11000 лет, соответственно. Впервые выполнено сканирование всего 5метрового керна торфа с шагом 1 мм, соответствующим 1-2 годовому шагу. В записанных спектрах при начальной энергии 26 keV статистически значимые сигналы получены для Fe, Cu, Zn, Br, Sr, Zr по всему разрезу. В двух интервалах, в верхнем (возраста 500 лет) и нижнем (возраста 6500 - 7000 лет), проведено сканирование с начальной энергией 42 keV, получены сигналы от Kx- серий J, Ba, Sn, Sb, (Cd). Ожидается, что на основе временного распределения микроэлементов, представляющих различные по биохимическим свойствам группы химических элементов, удастся изучить динамику поступления минерального вещества на поверхность в период всего Голоцена.

Тема: Применение рентгенофлуоресцентного анализа на синхротронном излучении при эколого-геохимических исследованиях.

РФА-СИ применялся для элементного анализа тканей растений: хвои лиственницы (*Larix sibirica* Mayr), листьев карликовой березы (*Betula divaricata* Ledeb.), листьев ивы корзиночной (*Salix viminalis* L.), хвои кедрового стланика (*Pinus pumila*) в целях изучения влияния атмосферного загрязнения от объектов угольной и топливно-энергетической промышленности в районе Нерюнгри (Якутия), от Оловокомбината в Новосибирске (2005 г.), а также в целях изучения геохимического фона золоторудного района Центрального Алдана (2004 г.) и золотоурановорудного района Эльконского горста (Якутия, 2005 г.).

В результате применения метода РФА-СИ :

- установлены природные и техногенные аномалии на золоторудном поле (Якутия, Алдан);
- определены шлейфы атмосферного загрязнения у Оловокомбината г. Новосибирска, в окрестностях г. Нерюнгри с созданием математической модели техногенного загрязнения
- проведены биогеохимические исследования концентраций элементов в тканях растительности Якутии и г. Новосибирска с определением фоновых и аномальных уровней;
- оценено техногенное загрязнение естественными радионуклидами в сопряженных экосистемах у отвалов горных выработок на золотоурановом рудном районе Эльконского горста (Якутия), изучено поведение урана в гипергенных условиях горнотаежных ландшафтов Якутии.

Тема: Исследование осадочных архивов на континенте для климато-стратиграфических корреляций и палеоландшафтных реконструкций.

Были проведены измерения многоэлементного состава отложений озера Хубсугул (Монголия), озера Керек (Западная Сибирь) и соленого озера Ши́ра (Хакасия). Режим измерений - сканирование, шаг 100-, 200- и 1000 мкм, с такой же апертурой. Диапазон элементов - от К до Ва, с конкретным перечнем, зависящим от типа осадка, обычно с панорамой на ок. 10-15 элементов.

Для Хубсугула эта серия измерений является продолжением эксперимента по сплошному сканированию осадочной пятидесятиметровой колонны с разрешением 1 мм. Данное разрешение соответствует временному интервалу в несколько десятков лет. К настоящему времени изучено свыше 40 метров керна, т.е. почти миллион лет летописи (в 2005 году проведено свыше 20 000 измерений). Результаты по ряду элементов позволяют связать наблюдаемые вариации концентраций с изменением биогенной жизни озера, а также с изменениями интенсивности выветривания в водосборе и потока аутигенной минерализации из озера на дно как следствие изменений условий среды и климата этого центральноконтинентального региона. Исследование позволило идентифицировать следы очень значительной реорганизации экосистемы озера Хубсугул на рубеже 420-470 тыс. лет. Свидетельств крупного масштаба и значительности данного события для Центральной Азии ранее до этого получено не было. Данная реорганизация на Хубсугуле характеризовалась появлением ритмических осцилляций позже этого рубежа как для биогенной составляющей осадка (реконструированной по распределению Вг), так и в маркерах режима водообмена озера с водосбором (по избытку/дефициту растворимого Са относительно кластической составляющей).

Изучались также осадки нескольких колонок из бессточного соленого озера Ши́ра (Хакасия). Природный баланс воды в нем обеспечивается речным и дождевым питанием, расходом на испарение, а также подземным гидрогеологическим режимом. Климатические условия региона - аридные, резко континентальные. Изменения уровня бессточных озер обычно весьма контрастно отражают палеовариации температуры и влажности климата в связи с изменениями испарения и атмосферных осадков. Сопутствующие перестройки в биопродуктивности озера и минералогии и геохимии осадконакопления обуславливают четкий климатический сигнал в этих осадках.

Детально изучено 4 колонки по трансекту север-юг, проведено свыше 15 000 измерений.

Тема: Изучение состава изделий древнего металлургического производства из археологических памятников Восточной Сибири.

Проанализирован состав 60-ти медно-бронзовых археологических находок из стоянок древнего человека Прибайкалья. Целью работы являлось изучить и систематизировать химический состав медно-бронзовых сплавов, из которых они были изготовлены, для реконструкции последовательности развития древнего металлургического производства Восточной Сибири. В сплавах количественно идентифицированы следующие макрокомпоненты, в разных соотношениях: Cu, Zn, As, Sb, Sn, Ag, Pb, а также ряд микроэлементов. Полученные данные позволили археологам из Иркутского технического университета (А.В. Харинский, Г.В. Туркин) установить, что все предметы, по классификации, являются бронзовыми, различной технологии приготовления; чисто медных предметов среди них нет. Данные позволяют установить источники металлургических технологий и по-новому взглянуть на периодизацию и хронологию истории медного и бронзового века Прибайкалья. Достоинством метода РФА-СИ здесь явилась неdestructивная процедура анализа, позволяющая сохранить уникальные находки.

6.1.5 Дифрактометрия при энергии квантов 33.7 кэВ

Назначение станции – исследование структуры веществ при высоких давлениях до 6.5 кбар (в аппарате “цилиндр-поршень”) и до 100 кбар (в алмазных наковальнях) или при высоких (до 1200 °С), либо низких (от -190°С) температурах методами рентгенодифракционного анализа. Использован однокристалльный кремниевый (111) монохроматор по схеме Лауэ. Для снижения теплового воздействия на кристалл “белого” синхротронного излучения перед кристаллом установлен алюминиевый attenuator толщиной 1 мм. Для лучшего охлаждения кристалла корпус монохроматора заполнен гелием под давлением 0.3 атм. На станции 4-го канала СИ был установлена детектирующая система mar-345 фирмы Marresearch на базе image plate с системой считывания и стирания дифрактограмм на месте. Использование данной системы позволило резко увеличить количество экспериментов, выполняемых на станции.

Статистика использования станции в 2005 году. Заказано 1689 часов работы с пучком. Использовано 1251.5 часов пучкового времени. Эффективность работы составила 74%. Снято 3027 файлов. В 2005 году была разработана, изготовлена и установлена на станцию высокотемпературная камера, позволяющая проводить дифракционные исследования при температурах до 1200 градусов на воздухе.

Краткие аннотации работ в 2005 году.

Структурные исследования клатратных гидратов высокого давления (ИНХ СО РАН). Данная тема представляет интерес с точки зрения кристаллографии и физики высоких давлений, обнаруженные типы структур могут представлять интерес как топологические модели для каркасных структур на основе кремния, германия, SiO₂ и др. Изучение свойств и условий образования крайне важно для решения проблем экологии и энергетики будущего. По некоторым данным большая часть углеводородного сырья на планете находится под дном океанов и морей в виде клатратных гидратов. В данной работе удалось определить структуру существующего при высоком давлении гидрата ацетона. Структура, как оказалось, весьма близка к исследованной ранее структуре гидрата тетрагидрофурана, однако уже сейчас

можно сказать, что на примере данного гидрата мы впервые столкнулись с новым явлением, не характерным для ГГ обычного давления - понижением симметрии хозьйского каркаса вследствие упорядочения гостевой подсистемы (до сих пор были известны только случаи частичного упорядочения в гостевой подсистеме). Кроме того, проведенное нами исследование показало практическую возможность получения однофазных закаленных кристаллических образцов ГГВД, что открывает возможность для дальнейшего развития исследований подобных соединений, трудновыполнимых *in situ*.

Рентгенографическое изучение закаленного гидрата аргона высокого давления. Настоящая работа является развитием проводившихся ранее структурных исследований газовых гидратов высокого давления и посвящена абсолютно не затронутой в мировой литературе области - изучению поведения закаленных газовых гидратов высокого давления. В работе методом рентгеновской дифракции проведено изучение свойств синтезированных при высоких давлениях гидрата аргона (структура Н) и гидрата метана кубической структуры I. Впервые обнаружено, что газовые гидраты высокого давления способны закаливаться, т.е. могут изучаться при атмосферном давлении и низких температурах. На примере гидрата аргона структуры Н обнаружено, что для гидратов высокого давления может наблюдаться явление самоконсервации. Исследованы изменения в порошковой рентгенограмме обоих гидратов в зависимости от температуры, показано, что при температурах около 200 К весьма вероятно появление в этих системах заметных количеств льда Ic. Изученные для обоих гидратов кривые термического расширения оказались близкими к таковым для других газовых гидратов.

Изучение поведения микропористых каркасных алюмосиликатов (цеолитов) при сжатии в различных средах (Институт минералогии и петрографии СО РАН). Основным направлением работ, проводимых ИМП, является экспериментальное изучение структурного механизма адаптации микропористых алюмосиликатов к повышению давления, в зависимости от типа их каркаса, внекаркасного воднокатионного комплекса и состава сжимающей среды. Изучение структурного поведения микропористых алюмосиликатов при высоких давлениях важно как для современной трактовки эволюции каркасных минералов в земной коре, так и для развития физикохимии нанопористых соединений, в частности, индуцированных давлением явлений сверхгидратации и аномалии ионной проводимости в цеолитах, необычайно перспективных с точки зрения их технологического применения. В 2005 году исследовалась сжимаемость природного волокнистого цеолита сколецита $\text{CaAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и широкопористого синтетического цеолита Na-A ($12\text{NaAlSi}_4\text{O}_{27}\cdot 27\text{H}_2\text{O}$) в водной среде до 45 кбар с использованием камеры высокого давления.

Изучение минерального состава почечных камней методами дифракции синхротронного излучения (ИХТТМ СО РАН, ИК СО РАН). Методом дифракции синхротронного излучения исследовался фазовый состав почечных камней, помещенных в специальный объект-фантом, имитирующий человеческое тело. Для этого были взяты куски подкожного свиного жира общей массой ~ 3 кг и свиная почка (общая толщина биологической ткани доходила до 165 мм). Получены удовлетворительного качества дифрактограммы 50 уролитов, в том числе смешанного состава. Во всех случаях минеральный состав надежно идентифицировался. Расчетная доза при накоплении каждой дифрактограммы не превышала 5 мЗв. Проведенные исследования показали возможность создания диагностической системы для определения минерального состава почечных камней *in vivo*.

Изучение последовательности фазообразования при химическом взаимодействии металлов, находящихся в твердом и жидком состоянии (ИХТТМ СО РАН). Взаимодействие твердых металлов с жидкими имеет место в различных процессах: при спекании с участием жидкой фазы, при пайке, в металлургических процессах, в процессах СВС, и других. Для исследования в качестве твердофазного компонента были выбраны твердые растворы на основе меди, полученные методом механохимического сплавления. В качестве жидкого компонента галлий и его эвтектические сплавы с индием и оловом.

Проведенные исследования показали, что при химическом взаимодействии твердых металлических сплавов с жидкими эвтектиками первым образуется интерметаллид CuGa_2 . По прошествии некоторого времени, характерного для различных систем, начинается кристаллизация освобождающихся элементов. Фаза, образующаяся из освобождающихся элементов, имеет более крупный размер зерна, а в некоторых системах кристаллизуется в виде монокристалла. Если в системе освобождающихся элементов имеются интерметаллические соединения, то будет кристаллизоваться интерметаллид с максимальным содержанием элемента, находящегося в жидкой фазе. Если в жидкой фазе находятся оба освобождающихся элемента, то в результате они образуют два интерметаллида.

Тройные теллуриды свинца. С помощью дифракции синхротронного излучения выполнены структурные исследования тройных и нестехиометрических теллуридов и селенида свинца [$\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ ($x=0.29$), $\text{Pb}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ($x=0.05$), $\text{Pb}_{0.45}\text{Te}_{0.55}$, $\text{Pb}_{0.55}\text{Te}_{0.45}$, $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ ($x=0.125$)]. Полученные ранее данные термоэдс при высоком давлении для этих составов свидетельствовали, как о сдвиге в давлении фазового перехода, так и о различии в электронной структуре этих тройных соединений, и служили отправной точкой для исследования структурных фазовых превращений. Было установлено, что несмотря на серьёзные различия в составе, все соединения испытывают схожие структурные превращения из структуры NaCl в промежуточную фазу высокого давления, а затем в CsCl . Установлено, что во всех теллуридах свинца реализуется орторомбическая структура Pnma (а не GeS и III , как предполагали ранее). В то время как структурный тип промежуточной фазы высокого давления $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Se}$ не описывается ни GeS , ни Pnma решётками, и в настоящее время эта структура уточняется по данным выполненных авторами синхротронных измерений. Сдвиги в давлениях перехода в промежуточную фазу высокого давления, обнаруженные по термоэдс, подтвердились и при исследовании перехода по структурным свойствам. Так, можно сделать вывод о том, что замещение свинца марганцем или оловом приводит к заметному снижению величины давления фазового перехода. Избыток свинца в кристалле PbTe способствует фазовому переходу и также приводит к снижению величины давления, тогда как избыток теллура сдвигает переход к большим давлениям.

Органический сверхпроводник $\Theta\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{CsZn(SCN)}_4$. Впервые выполнено исследование структуры при сверхвысоком давлении в органической сверхпроводящей соли на основе группы “BEDT-TTF”. В измерениях электрофизических свойств под давлением был установлен ряд аномалий, которые предположительно могли быть связаны со структурными переходами. Установлено, что при сдавливании до 5 ГПа объём кристалла сокращается на $\sim 40\%$. В настоящее время проверяется гипотеза о структурном фазовом переходе в этом кристалле (как типичном представителе семейства “BEDT-TTF”-сверхпроводников). Работа выполнялась при финансовой поддержке РФФИ 04-02-16178.

Дифракционные исследования особенностей строения и температурно-временной эволюции многокомпонентных оксидных расплавов (in situ) и стёкол. (Институт минералогии и петрографии СО РАН).

Получение экспериментальных результатов дифракции СИ и их обработка с построением функций радиального распределения (ФРР) электронной плотности в исследованных образцах поможет изучить строение оксидных расплавов, выявить влияние термовременной обработки расплавов на их свойства в твердом состоянии. Работа выполнялась в рамках Гранта РФФИ № 04-05-64438-а и Интеграционного проекта СО РАН № 155.

Выполнено in situ дифракционное исследование расплавов Na_2SiO_3 , Na_2SO_4 и NaNO_3 вблизи температур плавления, при перегреве на 50-100°C и в переохлаждённом состоянии. Построено девять ФРР, характеризующих закономерности изменения межатомных расстояний в этих расплавах. Выявлено определённое смещение дифракционных максимумов и существенное падение их интенсивности в переохлаждённых расплавах, отражающих феномен их предкристаллизационного самоструктурирования.

6.1.6 “Дифракционное кино”

Назначение станции - исследование фазовых превращений в процессе химических реакций с участием твердых тел. Получение как качественных (стадийность фазообразования), так и количественных (кинетика) параметров этих реакций. На установке можно проводить исследования как в области больших (WAXS), так и в области малых углов (SAXS). На станции в 2005 году проводились совместные работы институтов СО РАН - ИНХ, ИХТТМ, ИК, а также ИСМАН (г. Черноголовка). Снято около 60 образцов.

Краткие аннотации выполненных работ.

Исследование “in situ” разложения сложных комплексов благородных металлов.

Данная работа представляет интерес, поскольку продукт разложения определяется условиями проведения реакции. Образующиеся твердые растворы очень сложно, а иногда и невозможно получить из чистых металлов традиционными (сплавление) методами. Установлено, что в зависимости от газовой среды либо сразу образуется твердый раствор, либо сначала происходит выделение фаз отдельных металлов, а лишь затем образование твердого раствора. (ИНХ СО РАН).

Исследование разложения окси- и карбоксилатов висмута.

Данные соединения нашли применение в медицинской практике. Поэтому важно знать пути их синтеза, а также фазовые превращения при нагреве. Кроме того, карбоксилаты металлов часто являются исходными для получения чистых металлов или их оксидов. (ИХТТМ СО РАН).

Исследование отжига мехактивированных смесей металлов с углеродом.

При мехактивации смеси $M + C$ (в частности $M - Ni$) происходит образование наночастиц металла, карбидов и твердых растворов углерода в металле. В процессе отжига в инертной атмосфере углерод выделяется на поверхности наночастиц в виде графитовой, т.е. кристаллической углеродной шубы. (ИХТТМ СО РАН).

Исследование кинетики взаимодействия активированного галлием алюминия с водой и спиртами.

Показано, что продуктами этой реакции являются гидроксиды алюминия в основном в форме псевдобембита и водород в случае воды, алкоголяты и водород в случае спиртов. (ИК СО РАН).

Предпринята попытка исследования СВС процессов в системе Al-Ni-Co.

Данная реакция интересна тем, что продуктами являются квазикристаллы - кристаллы с осью пятого порядка. Сложность работы определяется довольно нестабильным режимом горения и морфологическими особенностями как исходных смесей, так и продуктов. (ИХТТМ СО РАН).

В рамках подготовки к совместному проекту с Национальной АН Белоруссии проведены первые эксперименты по изучению фазообразования в мехактивированных смесях NiO+Al.

В результате мехактивации мы имеем наноразмерные частицы NiO, покрытые слоем алюминия (т.к. он более пластичен). При реакции с алюминием из оксида никеля образуется никель и оксид алюминия. В дальнейшем никель реагирует с избытком алюминия, давая интерметаллид. В итоге мы должны получить нанокompозит интерметаллид - оксид алюминия. Целью исследования является установление последовательности фазообразования в режиме горения. (ИХХТМ СО РАН).

Кроме того, значительная часть времени работы станции посвящена тестированию новых детекторов, изготавливаемых по заказу других организаций.

Так, в сентябре 2005 г. была собрана малоугловая установка, изготовленная по заказу ИТЭБ (Пушино). Она включала в себя вакуумируемый объем от образца до детектора с фокусным расстоянием 1.5 м, сам детектор и две подвижки. Проведены эксперименты по изучению поведения мышцы с временным разрешением - 3 мс. После успешного окончания тестовых экспериментов установка была поставлена заказчику в Курчатовский институт.

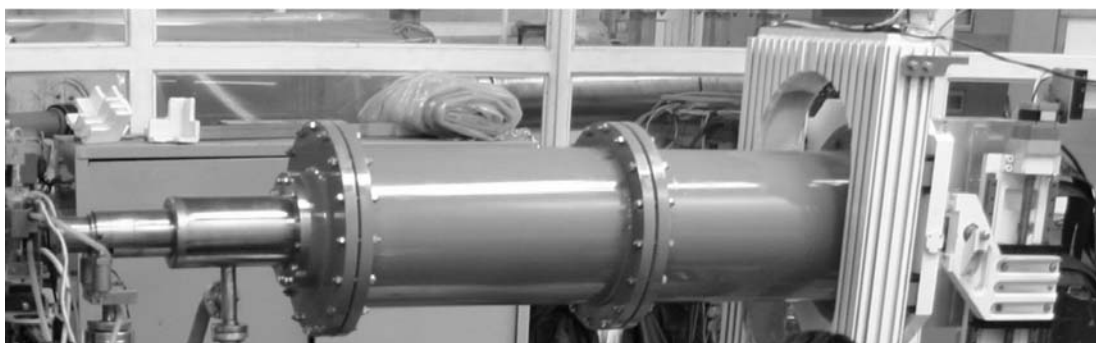


Рис. 7: Малоугловая установка, изготовленная по заказу ИТЭБ (г. Пушино).

6.1.7 EXAFS-спектроскопия

Исследуемые объекты - рентгеноаморфные образцы в жидкофазном и твердом состояниях, т.е. образцы, для которых неприемлемы рентгенографические структурные методы. Преимущественная специализация на исследовании высокодисперсных объектов - катализаторов, наноматериалов. Исследуется структура локального

окружения атомов избранного химического элемента (координационное число, межатомные расстояния). В зависимости от применяемой методики анализируются: объем, поверхность либо приповерхностные слои. Реализованы методики: “на пропускание”, рентгеновской флюоресценции, полного фототока, рентгеностимулированной оптической люминесценции. Разработаны методики подготовки образцов для съемки реакционно-активных соединений и катализаторов в инертных условиях. Возможно исследование образцов при температурах от 77 до 900 К в условиях заданной атмосферы.

Краткие аннотации выполненных работ.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ EXAFS СПЕКТРОСКОПИИ МОЛЕКУЛ-ЗОНДОВ (Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Институт нефтехимического синтеза РАН, Москва, Instituto de Ciencia de Materiales, Centro Mixto CSIC-Universidad, Sevilla, Spain).

Работа посвящена изучению реальной структуры поверхности наночастиц и поверхностных дефектов. Для этого предлагается декорировать поверхность молекулами - зондами, содержащими атом тяжелого элемента, за окружением которого можно следить методом EXAFS спектроскопии. Испытания большого числа зондов и различных наносистем, позволили сформулировать общие требования к подбору молекул-зондов и методикам проведения адсорбции, а также определить класс объектов исследования, к которым применима данная методика. Методика применима к достаточно широкому кругу объектов, в частности для нанесенных катализаторов (оксидных, сульфидных и металлических), и имеет мало ограничений по сравнению с традиционными методами, используемыми для исследования поверхности наночастиц. Наилучшими зондами оказались соединения селена.

Показано, что адсорбция H_2Se происходит на дефекты, типы которых различны для различных предшественников. Проведено исследование алюмоникелевых катализаторов получения нитевидного углерода путем разложения метана. Показано, что рабочие грани катализатора имеют сложную структуру в виде ступенек малой высотой и протяженностью. Проведено исследование биметаллических сульфидных катализаторов $(Ni-Mo)S_2/Al_2O_3$. Показано, что адсорбция селенофена происходит посредством координации селена на атом никеля, локализованный на боковой грани наночастицы MoS_2 . Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 03-03-32340а) и гранта NATO (Ref. EST.CLG 979855).

ИЗУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕЗ-ГАЗА МЕТОДОМ XAFS (Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Institute of Chemical Engineering & High Temperature Processes, Patras, Greece).

Работа посвящена изучению локальной структуры нанокompозитной системы на основе диоксида церия и манганита лантана, используемой для производства синтез-газа методом XAFS-спектроскопии. В последнее время большое внимание уделяется разработке мембран, позволяющих производить конверсию метана в синтез-газ, причем транспорт кислорода (с внешней стороны мембраны) происходит благодаря смешанной O^{2-} /электронной проводимости. Разработка таких мембран в настоящее время является важнейшей задачей материаловедения. Также материалы, обладающие смешанной ион/электронной проводимостью, вызывают огромный интерес, как пригодные в качестве анодов или катодов в твердооксидных топливных элементах.

Для приготовления допированного Gd либо Pr оксида церия и $LaMnO_3$ был использован метод Пекини (Pechini). Бинарные композиты были приготовлены добав-

лением соединений-прекурсоров допированного CeO_2 в спиртовую суспензию манганита лантана с последующим выпариванием и прокалкой при 500°C . Далее, порошковые образцы прессовались в таблетки и прокаливались на воздухе при температурах до 1300°C . Все измерения XAFS спектров Mn-K, Pr-L₃, Gd-L₃, La-L₃ Ce-L₃ краев были выполнены в Сибирском Центре СИ (SSRC).

Установлено, что метод Пекини (Pechini) обеспечивает гомогенное смешивание компонентов для всех приготовленных образцов. Показано, что локальное окружение атомов Ce во всех случаях близко к таковому для реперного образца CeO_2 (кубическая структура типа флюорита). Анализ XAFS спектров La L₃-края, также не выявил существенных отличий в локальном окружении лантана для образцов LaMnO_3 и нанокompозитов, что свидетельствует о минимальном внедрении La в структуру оксида церия. С другой стороны, анализ кривых PPA, полученных из EXAFS Mn-K края спектров нанокompозитов прокаленных при высокой температуре (1300°C), выявил некоторые отличия с таковыми для низкотемпературных образцов, при этом наблюдалось падение амплитуды первого пика Mn-O, а также сдвиг и расщепление и дальних пиков Mn-Me. По всей видимости, это связано с искажениями псевдокубической структуры наноразмерных доменов LaMnO_3 в нанокompозитах, при этом степень их допирования катионами Gd или Pr остается неопределенной. Работа выполнена при поддержке INTAS (01-2162), ISTC 2529, NATO (CBP NUKR. SFPP. 980878), NATO (Ref. EST. CLG 979855) и РФФИ (03-03-32340a).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛ-ЗОНДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ EXAFS СПЕКТРОСКОПИИ (Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Институт нефтехимического синтеза РАН, Москва, Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla, Centro Mixto CSIC-Universidad de Sevilla, Spain).

Предлагается методика для изучения реальной структуры поверхности наночастиц и поверхностных дефектов путем декорирования поверхности молекулами-зондами различной природы, содержащими атом тяжелого элемента, за окружением которого можно следить методом EXAFS спектроскопии. Методика применима к достаточно широкому кругу объектов, в частности, для нанесенных катализаторов (оксидных, сульфидных и металлических) и имеет мало ограничений по сравнению с традиционными методами, используемыми для исследования поверхности наночастиц.

Разработаны методики избирательной адсорбции на поверхность молекул-зондов различной природы, позволяющие наиболее оптимально изучить поверхность выбранных объектов исследования.

В качестве зондов были использованы инертные газы (Kr, Xe), HBr, Br₂, галогенорганика, H₂Se, оксиды селена, селенофен и др.

В качестве объектов были выбраны $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, ZrO₂/SiO₂, TiO₂, сульфидные катализаторы ((Ni-Mo)S₂/Al₂O₃), нанесенные металлические катализаторы (Ni/C, Pd/Al₂O₃).

Показана перспективность используемого подхода для тестирования поверхности катализаторов и изучения протекания реакций. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 03-03-32340a) и гранта NATO (Ref. EST. CLG 979855).

ИССЛЕДОВАНИЕ $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ($x = 0.0 \div 0.5$) МЕТОДАМИ РЕНТГЕНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ПОГЛОЩЕНИЯ И НЕЙТРОННОЙ ДИФРАКЦИИ (Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Институт физики твердого тела Латвийского университета,

Рига, Институт Хана и Майтнер, Берлин, Германия, Институт физики твердого тела и полупроводников, Минск, Белорусия).

Методами рентгеновской спектроскопии поглощения и нейтронной дифракции высокого разрешения исследованы корреляции локальной атомной и электронной структуры с изменением структурных параметров кристаллической решетки в соединении $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ при допировании стронцием ($x = 0.0, 0.2, 0.3$ и 0.5). Методом XANES исследовано валентное состояние кобальта. Показано, что замещение La^{3+} на Sr^{2+} приводит к незначительному увеличению расстояния Co - Co и появлению смешанного распределения ионов Co^{3+} и Co^{4+} , находящихся преимущественно в промежуточном спиновом состоянии. По методу Ритвельда проведено уточнение структуры кобальтитов и проанализированы зависимости расстояния Co-O и меж-атомного угла Co-O-Co от степени допирования.

EXAFS-ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РАЗУПОРЯДОЧЕННЫХ СПЛАВОВ Fe-Ge (Физико-технический институт УрО РАН, Ижевск, Институт катализа им. Борескова, Новосибирск).

В работе представлены результаты EXAFS-исследований (К-края Fe и Ge) бинарных пересыщенных нанокристаллических твердых растворов $\text{Fe}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($x=15-40$ ат.% Ge), полученных методом механического сплавления. Однофазное нанокристаллическое разупорядоченное состояние сплавов было аттестовано методами рентгеновской дифракции, мессбауэровской спектроскопии и магнитных измерений. Анализ EXAFS-спектров проводился путем решения обратной бинарной задачи по комбинированным данным на двух краях поглощения. Параметры полученных парциальных парных корреляционных функций свидетельствуют о высокой степени локальных статических искажений кристаллической решетки, наличии ближнего химического упорядочения, нарастающего по мере увеличения концентрации Ge и “локальной” стадии формирования макроструктуры гексагонального типа в ОЦК решетке.

6.1.8 Метрология и EXAFS-спектроскопия в мягком рентгеновском диапазоне

(Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН).

Данная станция (Рис. 8) является единственной, которая принципиально отличается от всех других экспериментальных станций СИ на накопителе ВЭПП-3. Станция полностью выполнена в высоковакуумном исполнении и не имеет никаких вакуумноплотных фольг, отделяющих ее от вакуумной камеры накопителя. Станция предназначена для проведения широкого круга фундаментальных и прикладных исследований в мягком рентгеновском диапазоне спектра 100-5000 эВ в области метрологии (калибровка рентгеновских детекторов, элементов рентгеновской оптики и др.), катализа (методики спектроскопии EXAFS и XANES), материаловедения (методики магнитного дихроизма MCD и MLD).

Работа выполнялась в рамках:

- проекта № 2500 Международного научно-технического центра (МНТЦ);
- проекта № 2920 Международного научно-технического центра (МНТЦ);
- проекта № 3943 Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

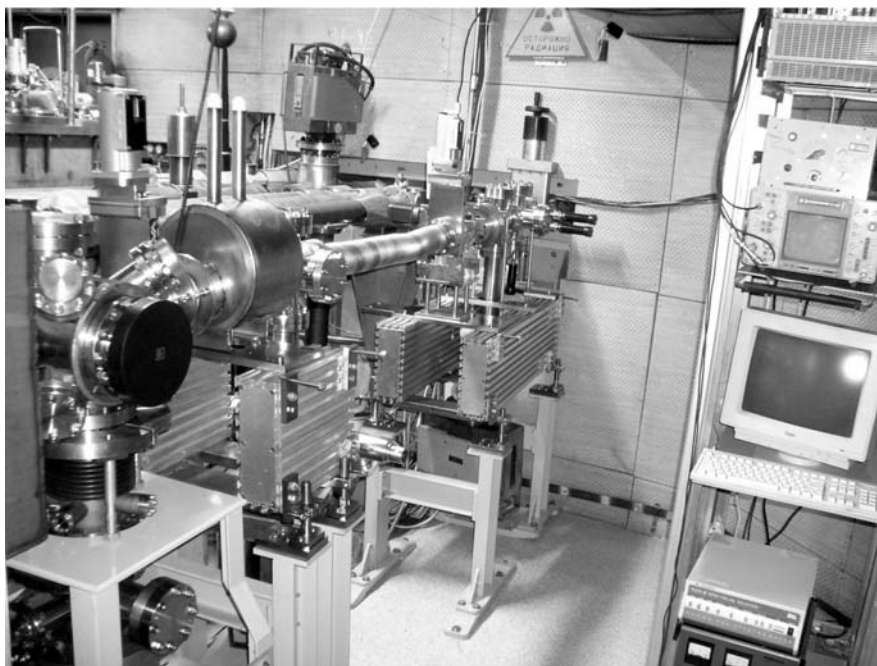


Рис. 8: Общий вид станции для работы с мягким рентгеновским излучением на ВЭПП-3.

Физический запуск первой очереди канала и станции, первые работы на пучке.

В 2005 году был произведен физический запуск первой очереди канала и станции, выполнены первые измерения на “белом” пучке. Продолжалась работа по созданию высоковакуумного монохроматора для станции. Изготовлен и установлен на пучок блок монохроматизации “белого” пучка СИ на основе пары параллельных многослойных зеркал, который будет использован на станции до того времени, пока не будет изготовлен монохроматор. Блок позволяет получать монохроматическое излучение в области 100-1500 эВ с разрешением $\Delta E/E=10^{-1}-10^{-2}$. Основное отличие блока монохроматизации от монохроматора - невозможность оперативной перестройки по энергии без нарушения вакуума. Проведены вакуумные испытания блока под пучком СИ и трассировочные работы, необходимые для его установки. Создана система блокировки для предотвращения попадания пучка СИ на аварийный вакуумный шибер в случае срабатывания аварийной защиты по вакууму (для предотвращения нарушения вакуума в накопителе).

Первые измерения на пучке были посвящены отработке новой оригинальной методики абсолютной калибровки сцинтилляционных счетчиков в области мягкого рентгена. Проблема абсолютной спектральной калибровки детекторов в ВУФ и мягком рентгеновском диапазонах (определение абсолютной спектральной чувствительности и эффективности регистрации) до сих пор остается актуальной в мире. Единственным универсальным способом решения этой задачи в настоящее время является использование криогенного болометра, работающего при температуре жидкого гелия. Такие болометры дороги, и в мире их насчитывается всего несколько штук. В то же время потребность в калиброванных детекторах излучения в указанных диапазонах спектра довольно обширна и обусловлена космическими исследованиями, исследованиями по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу, потребностями современного научного приборостроения и другими областями применений.

В качестве одного из возможных решений указанной проблемы была предложена

новая методика абсолютной калибровки сцинтилляционных счетчиков в диапазоне мягкого рентгеновского излучения. Разрабатываемый метод основан на определении статистического распределения числа электронов, вылетающих с фотокатода фотоэлектронного умножителя. В сочетании с определением толщины “мертвого” слоя сцинтиллятора по методу самокалибровки предложенная методика позволит, как ожидается, калибровать СС в области 500-5000 эВ с погрешностью порядка 10-15%.

В ходе измерений были получены амплитудные спектры сигналов сцинтилляционного счетчика (СС) на основе фотоэлектронного умножителя ФЭУ-130 со сцинтиллятором УАР. Работы проводились без использования монохроматизирующего блока, на флуоресцентном излучении от мишеней, возбуждаемых “белым” пучком СИ. В качестве таких мишеней были выбраны алюминий (1.48 кэВ), кремний (1.74 кэВ) и медь (8 кэВ). При помощи светодиода был также получен набор одно- и многоэлектронных эталонных амплитудных спектров СС. Эталонные спектры используются в рамках методики калибровки для сравнения со спектрами, полученными на рентгеновском излучении. Начата обработка полученных спектров. Для завершения работы необходимы дополнительные измерения, проведение которых запланировано на 2006 год.

6.1.9 Рентгеновская томография и микроскопия

Назначение станции - выполнение задач, связанных с неразрушающими исследованиями объектов археологии, геологии и материаловедения, требующих трехмерного анализа внутренней структуры объектов с высоким пространственным разрешением. Второй класс задач связан с аттестацией и внедрением рентгеновской оптики в экспериментах с использованием синхротронного излучения. (Станция находится в стадии разработки)

Планируемые параметры станции.

Энергетический диапазон монохроматического излучения получаемого на станции	10 - 60 кэВ
Размер поля регистрации	50 мм
Пространственное разрешение метода	100 мкм
Время съемки образца	≥ 15 мин

Статистика использования станции: в 2005 году на станции проводились эксперименты, связанные с отработкой метода рентгеновской компьютерной томографии (504 часов), а также исследования характеристик рентгенооптических элементов (432 часа).

Области применения:

Археология: неразрушающее определение внутренней структуры уникальных образцов.

Минералогия: изучение контрастных включений в минералах и других геологических объектах.

Материаловедение: неразрушающие исследования внутренних микроповреждений материала на стадии предразрушения.

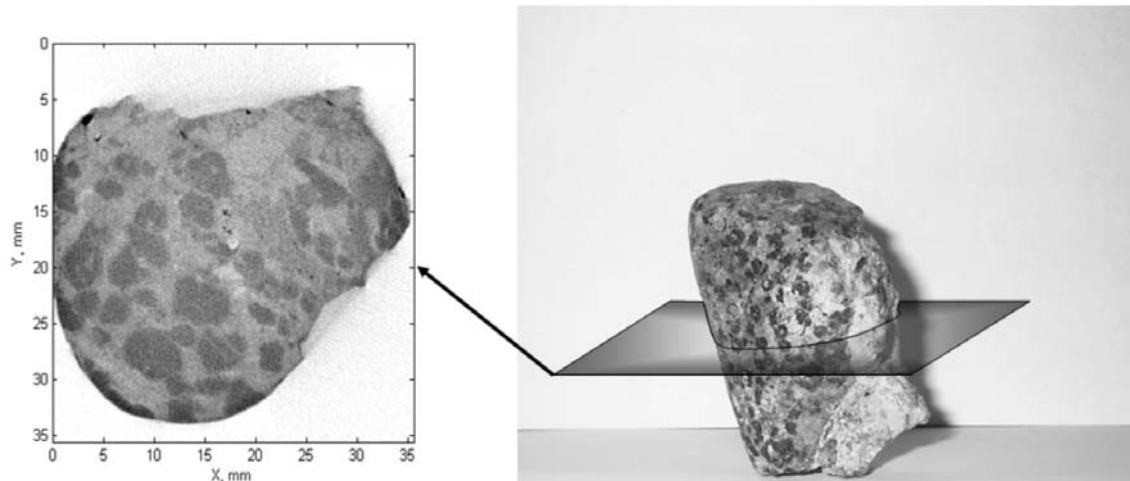


Рис. 9: Срез кимберлитовой породы, полученный методом компьютерной рентгеновской томографии.

6.2 Работа с пучками терагерцового излучения

6.2.1 О терагерцовом излучении

В последнее десятилетие наблюдается резкий рост числа фундаментальных и прикладных работ в области генерации и применения излучения в интервале длин волн от 30 мкм до 0,3 мм, что соответствует частотному диапазону 10 - 1 ТГц. Эта область лежит между фотоникой и электроникой, перекрываясь с длинноволновым далеким инфракрасным излучением и высокочастотными миллиметровыми волнами. За последние годы появился целый ряд новых типов источников терагерцового излучения от милливаттных генераторов субпикосекундных импульсов широкополосного излучения на основе фемтосекундных лазеров до лазеров на свободных электронах, генерирующих перестраиваемое узкополосное когерентное излучение со средней мощностью до сотен ватт.

Интерес к терагерцовому излучению обусловлен следующими его свойствами:

- это неионизирующее излучение (энергия фотонов 0,04 - 0,004 эВ);
- это излучение хорошо проходит через мутные среды и мелкодисперсные материалы из-за резкого подавления рэлеевского рассеяния ($1/\lambda^4$);
- это область вращательных спектров молекул, колебаний биологически важных коллективных мод ДНК и белков, колебаний твердотельной плазмы;
- это область водородных связей и вандерваальсовских сил межмолекулярного взаимодействия;

- энергия фотонов терагерцового излучения лежит в области энергетической щели сверхпроводников;

До недавнего времени источники терагерцового излучения были в небольших количествах в физических лабораториях и почти полностью отсутствовали в химических, биологических и медицинских лабораториях. Создание лазеров на свободных электронах, как источников терагерцового излучения, позволило создать на их базе центры коллективного пользования в США, Голландии и Японии, которые используются учеными разных специальностей. Созданы национальные программы использования терагерцового излучения в США, Японии и Европе.

Использование Новосибирского лазера на свободных электронах в качестве терагерцового источника излучения позволяет:

- плавно перестраивать длину волны излучения в диапазоне 120-235 микрон с монохроматичностью лучше 0,3%;
- иметь большую среднюю мощность (до 400 Вт);
- иметь короткие импульсы излучения (меньше 100 пс);
- иметь большую пиковую мощность (0,5 - 1 МВт);
- иметь полностью пространственно когерентный источник с длиной продольной когерентности ~ 2 см.

Для запуска рабочих станций пользователей и эффективного использования лазера на свободных электронах требовалось решить нескольких проблем. Во-первых, это вывод излучения из лазера и транспортировка до рабочих станций пользователей. Во-вторых, это создание нескольких станций пользователей с подводом излучения к каждой станции. В-третьих, важным моментом является исследование параметров самого излучения ЛСЭ, которые необходимо знать пользователям. Далее, для эффективной работы необходимо решить проблему детекторов (одно- и двухкоординатных), монохроматоров, оптических элементов (выходные окна, поляризаторы, фокусирующие зеркала, линзы). Мало что из этого оборудования можно купить по каталогам в российских и зарубежных фирмах, его необходимо разрабатывать и изготавливать самим экспериментаторам. Решению этих задач, а также обеспечению работ пользователей на рабочих станциях было уделено основное внимание в 2005 году. В то же время значительные усилия были направлены на проектирование второй очереди лазера на свободных электронах, которая позволит расширить спектр генерации до 30 - 300 мкм.

6.2.2 Общая информация об источниках терагерцового излучения на основе электронных пучков и параметры Новосибирского ЛСЭ

Можно выделить три основных типа генераторов излучения, использующих излучение релятивистских электронов. Прежде всего это - синхротроны, излучение которых используется в прикладных целях в течение уже нескольких десятилетий. За прошедшее время применение синхротронного излучения позволило получить уникальные результаты в самых различных областях науки, что подтверждает многолетний опыт функционирования Центра синхротронного излучения в ИЯФ им. Г.И. Будкера. Источники синхротронного излучения генерируют широкополосное излучение при движении в магнитном поле. Однако интенсивность их излучения в терагерцовом диапазоне длин волн до недавних пор была относительно невелика (см.

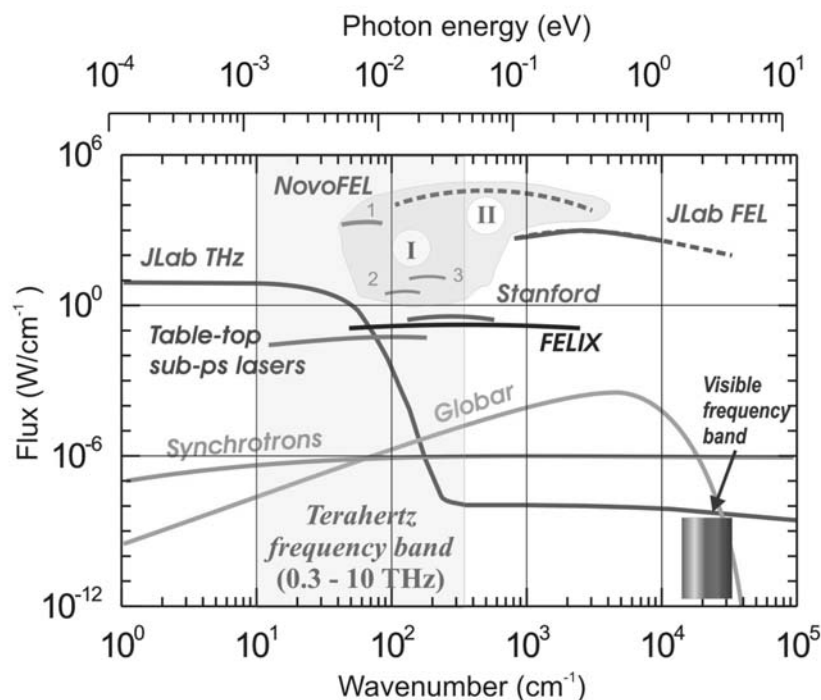


Рис. 10: Спектральная плотность излучения некоторых источников в терагерцовом и соседних диапазонах, в том числе лазеров на свободных электронах Джефферсоновской лаборатории (JLab FEL), Стэнфордского университета (Stanford), ФОМ-института в Нидерландах (FELIX), фундаментальной, первой и второй гармоник Новосибирского ЛСЭ (NovoFEL), а также терагерцового источника Джефферсоновской лаборатории (JLab THz). Римской цифрой II обозначена ожидаемая спектральная плотность мощности второй очереди Новосибирского ЛСЭ.

рис. 10). По этой причине исследований в терагерцовом диапазоне с их помощью не проводилось.

Ситуация в последние несколько лет существенно изменилась после предложения использовать для генерации излучения сверхкороткие электронные пучки высокой плотности. Если длина пучка значительно короче длины волны излучения, то последнее является полностью когерентным. На этом принципе основан источник излучения, недавно запущенный в Джефферсоновской лаборатории (JLab THz), который генерирует излучение в широкополосное терагерцовое излучение (спектр см. на рис. 10) со средней мощностью около 100 Вт. Имеются планы создания мощного источника такого типа в Брукхевенской национальной лаборатории (США) и на источнике четвертого поколения в Дарсбери (Великобритания).

Еще одним источником длинноволнового излучения является источник Смита-Парселла, в котором электронный пучок генерирует излучение, пролетая вблизи поверхности металлической решетки. В первых источниках этого типа использовался относительно низковольтный электронный пучок. Существует более мощный источник с 15-МэВ электронным пучком. Источники такого типа маломощны и вряд ли могут серьезно конкурировать с синхротронами и лазерами на свободных электронах.

Наиболее мощными источниками, способными генерировать излучение терагерцового диапазона, являются лазеры на свободных электронах (ЛСЭ). Их излучение можно плавно перестраивать по частоте в достаточно широком спектральном диа-

Таблица 6.1: Характеристики некоторых ЛСЭ терагерцового диапазона.

	Stanford	UCBS	UCSB	FELIX	ENEА Compact FEL
$\lambda(\mu\text{m})$	15÷80	63÷340	340÷2500	3÷250	2000÷3500
$\nu(\text{THz})$	3.75÷20	0.88÷4.8	0.12÷0.88	1.2÷100	0.09÷0.15
Micropulse width	2÷10 ps	-	-	6÷100cycles	50 ps
Micropulse Rep Rate	11.8 MHz	-	-	1000 MHz, 50 MHz, 25 MHz	3 GHz
Micropulse Energy	1 μ J	-	-	1÷50 μ J	0.5 μ J
Micropulse width	0.5÷5 ms	1÷20 μ s	1÷6 μ s	5 ms	4 μ s
Micropulse Rep Rate	0 ÷20 Hz	0 ÷7.5 Hz	0 ÷1.5 Hz	10 Hz,	1÷10 Hz
Average Power	<1 W	5÷100 mW	5÷100 mW	< 1 W	4÷40 mW
Peak Power	<500 kW	< 6 kW	< 15 kW	< 10 MW (@ 20 μ m > 1 MW (@ 100 μ m)	10 kW (@ 2600 μ m)
Peak Field	<250 kV/cm	< 70 kV/cm	< 20 kV/cm	< 10 MV/cm (@ 20 μ m < 2 MV/cm (@ 100 μ m)	3.5 kV/cm (@ 2600 μ m)

пазоне. Из терагерцовых лазеров, работающих в течение достаточно длительного времени, следует выделить лазеры в Стэнфордском университете, Калифорнийском университете в Санта Барбаре, FELIX, и INEA (Фраскатти). Параметры этих лазеров приведены в таблице 1. Эти устройства реально являются пользовательскими машинами, на которых специалисты из многих научных лабораторий выполнили множество работ в самых разных областях - от материаловедения до биологии и медицины.

Эффективность генерации лазеров на свободных электронах не очень велика, поэтому следующее поколение ЛСЭ, рассчитанное на генерацию излучения с высокой средней мощностью, с необходимостью должно использовать электронные ускорители с рекуперацией энергии электронов. Самым мощным из существующих ЛСЭ сегодня является лазер Джефферсоновской лаборатории со средней мощностью генерации до 10 кВт. Его спектр, однако, лежит вне терагерцового диапазона, где самым мощным источником сейчас является первая очередь Новосибирского ЛСЭ со средней мощностью излучения до 400 Вт.

При достаточно высокой монохроматичности излучения оно является полностью пространственно когерентным по волновому фронту и имеет временную когерентность в диапазоне 40 - 100 пс, ограниченную длительностью импульса электронов. Описание некоторых экспериментов, в которых были измерены те или иные параметры лазера, приводятся ниже.

Таблица 6.2: Характеристики излучения Новосибирского ЛСЭ.

Длина волны основной гармоники	(120 ... 235) мкм
Область спектра 2-й и 3-й гармоник	(40 ... 117) мкм
Относительная спектральная ширина	(0.3 ... 1) %
Диаметр гауссова пучка на выходе beamline	80 мм
Степень поляризации излучения	> 99.6 %
Поперечная когерентность	Полная
Временная когерентность	(40 ... 100) пс
Максимальная средняя мощность,	0.4 кВт (@11.2 МГц)
Длительность импульса	(40 ... 100) пс
Частота повторения	(2.8 ... 11.2) МГц

6.2.3 Канал вывода терагерцового излучения лазера на свободных электронах

Оптический резонатор ЛСЭ представляет собой два зеркала, помещенных в вакуумный объем (см. Рис. 11). Отверстие в левом зеркале используется для вывода излучения, а в правом - для ввода луча гелий-неонового лазера, который используется для юстировки зеркал оптического резонатора и канала вывода излучения.

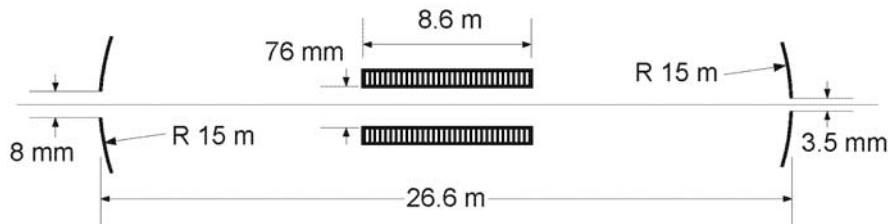


Рис. 11: Схема оптического резонатора ЛСЭ.

Так как максимальная длина волны λ излучения довольно велика (235 микрон), то велика и расходимость излучения $1.22 \lambda/D = 0.03$ ($D = 8$ мм - диаметр выходного отверстия в зеркале), поэтому для транспортировки излучения на десятки метров требуется применение фокусировки. Это само по себе является технической проблемой, так как преломляющая оптика (линзы) с достаточно малым поглощением в терагерцовом диапазоне длин волн отсутствует, сферические зеркала дают астигматизм фокусировки, а тороидальные или эллипсоидальные зеркала большого размера сложны в изготовлении и дороги. Для уменьшения угловой расходимости применено сферическое медное зеркало с радиусом кривизны 2.5 м, на которое излучение падает под малым (около 7°) углом к нормали.

Для обеспечения сверхвысокого вакуума в ЛСЭ и ускорителе-рекуператоре вакуумный объем последних отделен от канала вывода алмазным окном. Так как электрическое поле излучения ЛСЭ горизонтально, окно повернуто на угол Брюстера



Рис. 12: Канал в зале для пользователей. Видны спуски к экспериментальным станциям.

вокруг вертикальной оси, что обеспечивает практически полное прохождение излучения через окно. Для минимизации размеров окна оно расположено вблизи выходного отверстия зеркала оптического резонатора, где поперечные размеры пучка излучения минимальны. Алмазная пластинка имеет диаметр 40 мм, толщину 0,7 мм и вакуумно уплотняется индиевой проволокой. Сам канал вывода состоит из пяти камер, где расположены плоские медные зеркала, соединенных трубами. Вакуумная система выполнена из нержавеющей стали и закреплена на специальных подвесках. Канал должен быть откачан или заполнен инертным газом, так как терагерцовое излучение сильно поглощается в воздухе (в основном, водяным паром).

6.2.4 Экспериментальные станции

1. СТАНЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОДУКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЕЩЕСТВА.

Назначение:

Станция предназначена для исследования дисперсного состава, морфологии и биологической активности продуктов абляции/десорбции биологических структур и неорганических материалов при воздействии терагерцового излучения на вещества.

Оснащение станции:

- диффузионный спектрометр аэрозоля для определения дисперсного состава частиц в диапазоне 3-200 нанометров,
- фотоэлектрический счетчик аэрозольных частиц для определения дисперсного состава частиц в диапазоне 0.3-10 микрон,

- оборудование для отбора проб для химико-биологического и электронно-микроскопического анализа.

2. ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

Назначение:

Станция для диагностики и контроля параметров излучения терагерцового излучения из лазера на свободных электронах.

Оснащение станции:

- спектральный комплекс на основе монохроматора МДР23 для измерения длины волны излучения и ширины линии излучения,
- фурье-спектрометр фирмы BRUKER для измерения длины волны излучения и ширины линии излучения,
- двухмерный сканирующий датчик терагерцового излучения для измерения профиля светового пучка,
- визуализатор терагерцового излучения на основе теплового экрана и тепловизора, разработанного в ИФП СО РАН,
- визуализатор терагерцового излучения на основе термочувствительного люминесцентного экрана фирмы Micken Instrument,
- измеритель добротности оптического резонатора лазера на свободных электронах с помощью диода Шоттки.

3. СТАНЦИЯ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Назначение:

Станция предназначена для исследования спектров поглощения газов в терагерцовом диапазоне.

Оснащение станции:

- оптико-акустическая ячейка для измерения слабого поглощения в газах со схемой синхронного детектирования. Минимальное измеряемое поглощение 10^{-5} см^{-1} .

4. СТАНЦИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИИ МЕТАЛЛО-ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛСЭ

Назначение:

Станция предназначена для масс-спектрометрического изучения процессов распада металло-органики при поглощении молекулами под действием излучения ЛСЭ в молекулярном пучке и на поверхности.

Оснащение станции:

- время-пролётный масс-спектрометр МСХ-6,
- система формирования молекулярного пучка на основе ячейки Кнудсена ,
- быстрый АЦП с памятью 32 Мб типа NI 5112.

6.2.5 Разработка и создание специализированной аппаратуры

Отсутствие стандартного оборудования для регистрации терагерцового излучения и управления им при создании и эксплуатации рабочих станций ставит задачу разработки соответствующего оборудования на первый план. Первой задачей, реализованной в истекшем году, была разработка, изготовление и запуск “транспортного канала” - системы доставки излучения от Новосибирского ЛСЭ к рабочим станциям пользователей. Ввиду важности этой системы она описана в отдельном разделе. При

создании этого канала и другого оборудования, кроме всего прочего, следует учитывать, что интенсивность излучения Новосибирского ЛСЭ на несколько порядков величины выше, чем у всех остальных существующих в мире источников терагерцового излучения. С одной стороны, имеется опасность разрушения оборудования, но, с другой стороны, высокая мощность позволяет разработать методы измерений, которые недоступны пользователям обычных источников излучения.

Для измерения мощного субмиллиметрового ЛСЭ в помещении пользователей были разработаны и запущены в работу два калориметра. Наиболее точное измерение мощности дает простейший эспозиционный калориметр на основе теплоизолированной сапфировой пластины. Сапфир является идеальным материалом для таких измерений из-за достаточно большой длины поглощения субмиллиметрового излучения. Соответственно мнимая часть его показателя преломления много меньше действительной. Кроме этого, действительная часть слабо зависит от длины волны и легко измеряема. В результате точно известна (и эксперимент подтверждает эти расчеты) доля отраженной от сапфировой пластины мощности (25%), и эта доля не меняется с длиной волны. Таким образом, сапфировая пластина является идеальным “черным телом” с коэффициентом черноты 75%. Конструктивно этот прибор намного проще гипотетического идеального (с коэффициентом черноты 100%) чернотельного калориметра.

Другим калориметром, более удобным для оперативных измерений, является модернизированный промышленный гигагерцовый калориметр МКЗ-71. Вместо волноводной поглощающей головки в этот прибор установлен специальный квазиоптический конический поглотитель на основе меди с детонационным керамическим покрытием. Однако, из-за конструктивных особенностей в этом приборе возникают дополнительные тепловые потери. Поэтому его показания должны быть увеличены на величину около 25%.

Модернизирован пироэлектрический реперный детектор излучения ЛСЭ, установленный за одним из зеркал оптического резонатора. Теперь между этим датчиком и выходным окном отсутствует атмосферный промежуток, искажающий измерения на линиях поглощения воды.

Проведено множество экспериментов с термофлюоресцентными экранами фирмы Macken Instruments. Экраны имеют хорошее пространственное и временное разрешение и после элементарной калибровки с помощью сапфирового калориметра и поляризационного проволочного ослабителя позволяют измерять абсолютное распределение интенсивности субмиллиметрового излучения.

Введен в строй модернизированный монохроматор МДР-23. Для него изготовлены дополнительные субмиллиметровые и инфракрасные дифракционные решетки и более широкие щели. С помощью этого монохроматора зарегистрированы первая, вторая и третья гармоники излучения ЛСЭ. Преимуществом этого прибора перед другими спектральными приборами, используемыми в эксперименте ЛСЭ, является реальное пространственное разделение гармоник, что важно для проведения многих пользовательских экспериментов.

Продолжались эксперименты с сеточным Фабри-Перо интерферометром. При помощи этого прибора была построена калибровочная зависимость длины волны излучения ЛСЭ от тока ондулятора. Этой зависимостью пользуются операторы ЛСЭ для установки заданной длины волны в различных экспериментах.

Продолжались эксперименты по измерению параметров ЛСЭ при помощи быстрых детекторов на основе диодов Шоттки. Измерены потери в модернизированном оптическом резонаторе с большим выходным отверстием. Потери оказались очень

близкими к аналитическому расчету, проведенному ранее. С учетом высокой мощности излучения были созданы (или адаптированы к терагерцовому диапазону) три системы визуализации терагерцового излучения. Оперативный мониторинг распределения плотности мощности терагерцового излучения осуществляет разработанный в ИФП СО РАН термограф, матрица которого размером 128x128 пикселей чувствительна к ближнему инфракрасному излучению в диапазоне 2.5 - 3 мкм. Термограф способен регистрировать изображение в ИК-диапазоне экрана, устанавливаемого на пути пучка лазерного излучения, с частотой кадров до 40 Гц.

Для получения хорошего временного разрешения совместно с ИФП СО РАН ведется разработка специального экрана. Пространственное разрешение ограничивается относительно малым числом пикселей, и создание регистратора излучения с большой матрицей является одной из актуальных задач на ближайшее время. Для получения изображений с хорошим временным разрешением для измерений в терагерцовом диапазоне был адаптирован термочувствительный люминесцентный экран (thermal image plate), выпускаемый компанией Macken Instruments для регистрации излучения лазеров ближнего и среднего ИК-диапазона. Принцип действия этого устройства основан на термическом тушении люминесценции сцинтиллятора, освещаемого ртутной лампой. Экран светится желто-оранжевым цветом. Нагрев сцинтиллятора приводит к тушению люминесценции. Съемка экрана видеокамерой позволяет изучать временную зависимость распределения интенсивности в терагерцовом пучке с частотой кадров 25 Гц.

Два описанных выше метода визуализации передают качественно распределение интенсивности в поперечном сечении терагерцового пучка, но для определения абсолютных значений плотности мощности излучения требуется поставить в соответствие измеряемую температуру поверхности с мощностью падающего на поверхность излучения. Выполнив измерения абсолютного значения мощности излучения (например, сапфировым калориметром) и прокалибровав одновременно величину тушения люминесценции, можно затем проводить абсолютные измерения и термочувствительным люминесцентным экраном.

Устройством, в котором измеряется не изменение температуры, а собственно поглощенная энергия терагерцового пучка, является термочувствительный интерферометр видимого диапазона. В этом устройстве регистрируется изменение оптической разности хода для пробного красного излучения полупроводникового лазера при поглощении терагерцового излучения в плоскопараллельной пластинке стекла К8. Зная термооптические характеристики стекла и измерив коэффициент отражения стеклом терагерцового излучения, по изменению интерференционной картины можно легко восстановить в абсолютных единицах распределение плотности мощности терагерцового излучения, падающего на поверхность экрана.

Очень полезным для пользователей является разработанная система автоматического сканирования длины волны генерации ЛСЭ и выдачи ее величины в систему регистрации пользователей. В настоящее время существует возможность сканирования по длине волны когерентного излучения ЛСЭ. Эта возможность реализована через программу управления магнитной системой, в которой встроен сервер удаленного управления Epics Channel Access.

Клиентская программа организует цикл пошаговой перестройки тока ондулятора в заданных пределах и с заданным шагом. Одновременно с перестройкой тока ондулятора посылаются запросы на перестройку ещё нескольких магнитных элементов, если это необходимо для установки нужной длины волны. После отправки запросов на перестройку токов в программе заложена пауза в 3 секунды, которая необходима для

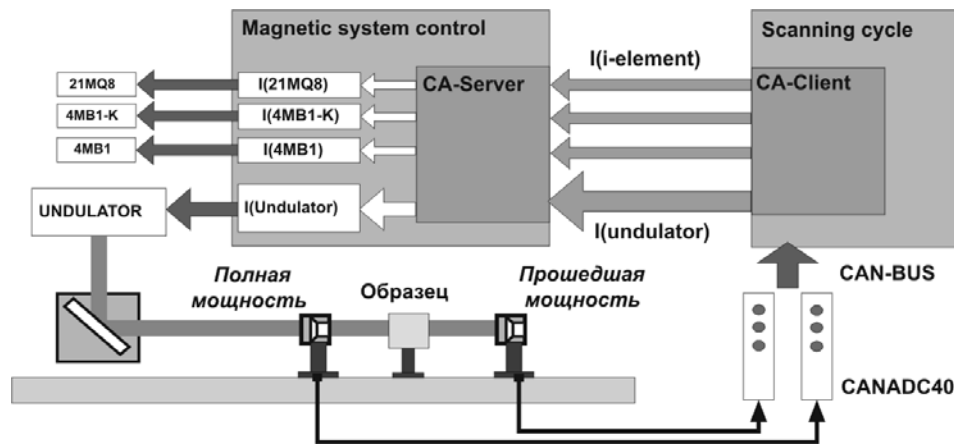


Рис. 13: Система автоматического сканирования длины волны генерации ЛСЭ.

установления поля в ондуляторе. После этого производится измерение интенсивности. При этом производится измерение как полной (падающей) мощности излучения, так и поглощенной в образце или прошедшей мощности излучения. Искомый спектр получается при нормировке полученной зависимости второй величины от тока ондулятора на первую (полную мощность), так как в процессе цикла измерения она может слабо меняться. В настоящее время возможный диапазон сканирования по току ондулятора составляет 700-1800 А. Это соответствует диапазону длин волн в 117-160 мкм.

Использование для управления терагерцовым излучением киноформных элементов представляется весьма перспективным. Действительно, в терагерцовом диапазоне крайне трудно найти не поглощающие излучение материалы для пропускающей оптики. К тому же, поскольку в терагерцовом диапазоне длины волн составляют 0.1 - 0.2 мм, изготовление киноформных элементов здесь существенно проще, чем для видимого диапазона. Мы провели первые испытания отражающих под углом 45° зонных пластинок Френеля. Они представляли собой эллиптическую структуру, вытравленную на фольгированном гетинаксе размером до 14 см. Даже это простейшее устройство позволило сфокусировать излучение в пятно размером менее 1 мм. Их дифракционная эффективность в простейшей конфигурации очень мала, но высокая интенсивность излучения ЛСЭ, тем не менее, позволяет использовать их для построения изображений. Если же изготовить их в виде фазового отражательного элемента (что очевидно не представляет проблемы при использовании станков с ЧПУ), то эффективность может возрасти почти до 100%.

6.2.6 Некоторые результаты, полученные в 2005 году

Мягкая абляция биологических макромолекул под действием субмиллиметрового излучения (ИХКиГ СО РАН, ИЦиГ СО РАН, ИЯФ СО РАН). Целью работы было исследование абляции (“возгонки материала без плавления”) образцов, содержащих “биологические” молекулы (ДНК, белки и т.п.) излучением лазера на свободных электронах. Основная идея состояла в том, что благодаря крайне малой энергии кванта в терагерцовом спектральном диапазоне окажется возможным “испарить” молекулы без их разрушения.

Оказалось, что при правильном подборе плотности мощности излучения можно

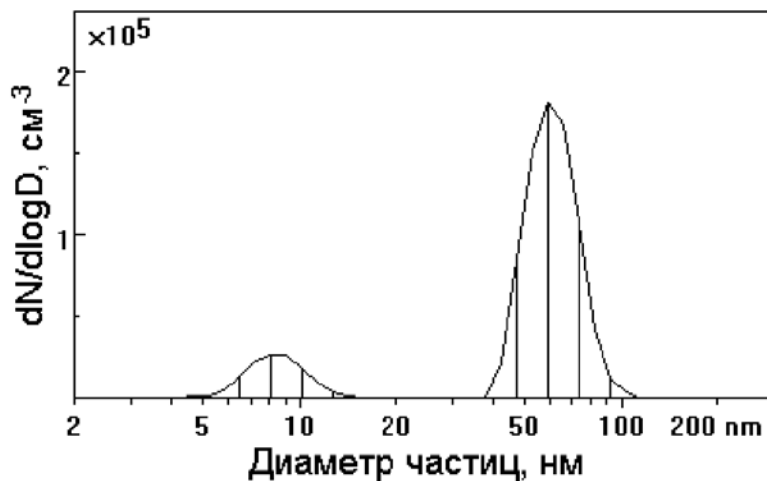


Рис. 14: Распределение по размерам аэрозольных частиц, образующихся в результате мягкой абляции кольцевой ДНК плазмиды pBScript (3.6 тип) и ДНК фага (48 тип).

достичь режима, при котором происходит “испарение” молекул без их разрушения. Этот эффект четко виден на Рис. 14 для случая, когда мишень состояла из двух различающихся по размеру в 10 раз молекул ДНК. Нужно заметить, что при абляции с помощью лазеров с длиной волны от ультрафиолета до 10 мкм никому не удавалось избежать дефрагментации биологических молекул. Этот результат может привести к созданию новых биотехнологий.

Визуализация изображений и голография в терагерцовом диапазоне (ИЯФ СО РАН).

Важной составляющей развития инструментария для исследований на НЛСЭ была разработка методов визуализации, описанных выше. Эти методы были апробированы в уникальных экспериментах по демонстрации возможности записи голограмм в терагерцовом диапазоне. Были записаны голограммы двух типов: простейшая габоровская голограмма при отражении гауссовского пучка ЛСЭ от сферического зеркала с малым отверстием в центре зеркала и френелевская голограмма по схеме с делением волнового фронта.

В первом случае были записана точно соответствующая теории система концентрических колец. Во втором случае была записана голограмма статуэтки. Учитывая, что глубина сцены (четыре сантиметра) превышала длину когерентности излучения ЛСЭ (около двух сантиметров), результат восстановления достаточно хорошо воспроизвел оригинал. Это дает основание перейти к созданию голографических схем, которые позволят проводить детальные исследования отражающих, а также частично прозрачных для терагерцового излучения объектов. В частности, это представляет интерес для интроскопии конденсированных сред, исследования их деформации и разрушения, исследования газовых потоков. Другой областью применения голографии может быть исследование порошков и фазовых объектов. Учитывая высокую частоту повторения лазерных импульсов и возможность выделения двух импульсов с произвольной задержкой, начиная от 90 нс (а при делении волнового фронта одного импульса и короче), возможна запись двух последовательных голограмм и получение “двухэкспозиционной” голограммы. Возможность плавного изменения длины волны лазера позволяет записать ряд голограмм при нескольких длинах волн, а значит, получать спектрально селективные голограммы.

6.2.7 Развитие Центра фотохимических исследований на базе ускорителя - рекуператора и ЛСЭ второй очереди на область 3-10 ТГц.

Полномасштабный ускоритель - рекуператор (УР) использует ту же ускоряющую ВЧ-структуру, что и УР первой очереди, но расположен, в отличие от последнего, в горизонтальной плоскости. Таким образом, не требуется демонтаж одного для постройки другого. Выбор режима работы осуществляется простым переключением поворотных магнитов. Полномасштабный УР построен по схеме разрезного микротрона, причем рекуперация энергии электронного пучка происходит по той же схеме, что и ускорение, но фазы пролета ускоряющей структуры отображаются зеркально.

Основные проектные параметры полномасштабного УР следующие:

Энергия инжекции полная, МэВ	2;
Максимальная энергия пучка, МэВ	40;
Максимальная частота повторения, МГц	90;
Максимальный средний ток пучка, мА	150.

В дальнейшем планируется установить на последнюю (40 МэВ) дорожку УР мощный ЛСЭ ближнего ИК диапазона в области длин волн 5 - 12 мкм, а на вторую дорожку (байпас) еще один ЛСЭ с диапазоном 40 - 100 мкм. Ожидаемая средняя мощность каждого ЛСЭ - 10 кВт.

ЛСЭ второй дорожки установлен на байпасе. Если магниты байпаса выключены, то пучок проходит вдоль оси второй дорожки и продолжает ускоряться. Если же магниты включены, то пучок проходит через ЛСЭ второй дорожки. Длина траектории в этом случае на 66 см больше, поэтому "отработанный" пучок приходит в высокочастотные резонаторы УР позже и замедляется. Для ЛСЭ второй дорожки была выбрана схема, близкая к ЛСЭ первой очереди. Период ондулятора $d = 120$ мм - выбран с учетом энергии электронов (15 - 20 МэВ) и диапазона перестройки длины волны излучения (40 - 100 микрон). Полная длина ондулятора - около 4 м. Она ограничена из-за механических проблем (жесткости и трудности изготовления длинного магнитопровода с требуемой точностью).

На основании численного решения уравнений для усиления слабого сигнала проведен расчет усиления в таком ЛСЭ при разных параметрах основной моды оптического резонатора. Усиление должно превышать потери в оптическом резонаторе, которые зависят от коэффициента отражения зеркал. Многослойные диэлектрические зеркала имеют высокие значения коэффициента отражения, но узкополосны и могут не выдержать большой (порядка 100 кВт) средней мощности в оптическом резонаторе, поэтому в настоящее время предполагается использовать медные зеркала с золотым покрытием.

Разработана программа, моделирующая работу ЛСЭ с относительно короткими электронными сгустками. Проведена проверка программы с использованием экспериментальных данных (спектра излучения, зависимости мощности от длины оптического резонатора и др.), полученных на первой очереди ЛСЭ.

После завершения проверки работы программ была проведена оптимизация оптической системы для второй очереди ЛСЭ. Расчетная средняя мощность излучения превышает 1 кВт при относительной ширине линии менее 1% и пиковой мощности несколько МВт. При длине ондулятора $L_u = 4$ м получим минимальную апертуру вакуумной камеры ондулятора $2\sqrt{\lambda}L_u$. Для максимальной длины волны 100 микрон это составит 40 мм. С учетом увеличенной длины Рэлея, а также для снижения

требований к точности геодезической выставки элементов вакуумной камеры, была выбрана апертура 60 мм, а зазор между полюсами ондулятора - 70 мм.

Так как период ондулятора довольно велик, то можно применить электромагнитную конструкцию. Расчеты поля были проведены с использованием программы MERMAID, разработанной в ИЯФ. Они позволили выбрать ширину полюсов, при которой амплитуда поля мало отличается от случая бесконечной ширины.

Серьезной проблемой является сильная вертикальная фокусировка в ондуляторе. Фокусировка может быть количественно охарактеризована величиной согласованной бета функции

$$\beta = \frac{\Upsilon d}{\sqrt{2\pi K}}$$

для энергии $E = 20$ МэВ и параметра ондуляторности $K = 1$ $\beta = 0.5$ м. Несколько усложнив конструкцию ондулятора можно обеспечить увеличение β в 1.5-2 раза и получить горизонтальную фокусировку. Численные расчеты поля в модифицированном ондуляторе позволили найти оптимальную форму полюсов. Эта форма обеспечивает одинаковую фокусировку по вертикали и по горизонтали, а также минимальную нелинейность фокусировки.

Для зануления первого и второго интегралов вертикального поля на концах ондулятора зазор в первых двух и последних двух парах полюсов может изменяться при помощи вертикального смещения полюсов. Кроме того, первые и последние полюса охвачены одним витком тока, а не двумя, как все остальные полюса. На каждом краю ондулятора установлено по два корректора, создающих вертикальное магнитное поле. По заданной длине ондулятора (4 м) можно сразу найти <оптимальную> длину Рэлея для оптического резонатора - 2 м. Такая длина Рэлея обеспечивает минимальные поперечные размеры основной моды оптического резонатора на концах вакуумной камеры ондулятора.

Полная длина оптического резонатора (т.е., расстояние между его зеркалами) L определяется из условия синхронизации продольных мод

$$\frac{2L}{c} = \frac{n}{f_0}$$

где c - скорость света, f_0 - частота следования электронных пучков, n - целое число. Для существующей электронной пушки ускорителя-рекуператора $f_0 = 22.5$ МГц, поэтому $L = n \cdot 6647$ мм.

Для снижения интенсивности излучения на поверхности зеркал оптического резонатора следует выбрать максимальную длину резонатора. Поэтому была выбрана максимальная доступная длина 20 м.

При больших отношениях L к длине Рэлея ужесточаются допуски на угловую юстировку зеркал. Для симметричного оптического резонатора с зеркалами радиуса R разъюстировка одного из зеркал на угол $\Delta\Theta$ приводит к смещению оптической оси на противоположном зеркале на

$$\Delta x = \frac{R^2}{2R - L} \Delta\Theta .$$

С другой стороны, длина Рэлея определяется по формуле

$$z_0 = \frac{1}{2} \sqrt{L(2R - L)}$$

следовательно,

$$\Delta x \approx \frac{L^3}{16z_0^2} \Delta\Theta .$$

Учитывая, что для основной моды излучения с длиной волны λ среднеквадратичный размер на зеркале равен $\sqrt{\frac{\lambda}{4\pi} \left(z_0 + \frac{L^2}{4z_0} \right)}$, получим требование на точность установки угла

$$\Delta\Theta < \frac{z_0^2}{L^2} \sqrt{\frac{\lambda}{4\pi z_0}} .$$

При $z_0 = 2$ м и $\lambda = 40$ микрон имеем $\Delta\Theta < 1 \cdot 10^{-5}$, что находится в пределах возможностей коммерческих держателей зеркал.

Представляется целесообразным несколько увеличить длину Рэля по сравнению с “оптимальной”. Например, выбрав $R = 10,9$ м, получим $z_0 = 3$ м. При $\lambda = 100$ микрон среднеквадратичные размеры моды на краях ондулятора и на зеркалах равны, соответственно, 6 мм и 17 мм. Чтобы дифракционные потери были малы, диаметр отражающей поверхности зеркала должен превышать среднеквадратичный размер не менее, чем в шесть раз. Учитывая возможность работы на длинах волн более 100 микрон, а также добавочные 10 мм для крепления зеркала, можно выбрать диаметр зеркала равным 160 мм. Заданное значение радиуса кривизны зеркала должно быть выдержано с точностью ± 0.1 м. Схема оптимизированного оптического резонатора показана на Рис. 15. Она близка к схеме уже существующего резонатора ЛСЭ на 1-3 ТГц.

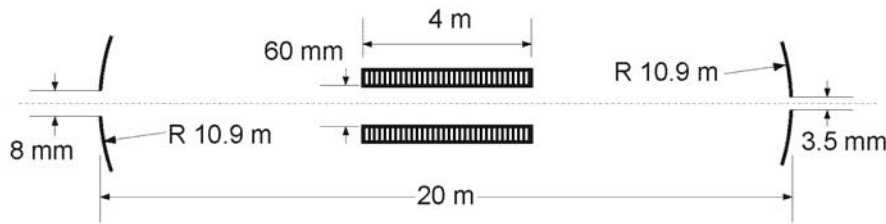


Рис. 15: Схема оптического резонатора ЛСЭ второй очереди.

Серьезной проблемой является изменение радиуса кривизны зеркал вследствие их нагрева излучением. Для расчета этого эффекта была создана специальная программа. С ее помощью ведется оптимизация толщины зеркала и формы охлаждающих деталей.

6.2.8 Рабочее совещание по терагерцовому излучению

По результатам работы было проведено Первое рабочее совещание “Генерация и применение терагерцового излучения” (Новосибирск, 24 - 25 ноября 2005 года). На Совещании были заслушаны и обсуждены 22 доклада, охватывающих все темы, входящие в Программу Президиума РАН, а также целый ряд исследований, выполненных вне рамок Программы. В настоящее время заканчивается подготовка к печати сборника трудов Рабочего совещания. Общее число публикаций по программе составляет 72, не считая работ направленных в печать.

Первая группа из шести проектов была посвящена разработке источников терагерцового диапазона. Создание источников терагерцового излучения различного

типа, отличающихся по спектру, мощности и режиму работы, является одной из важнейших задач, обеспечивающей дальнейшее развитие этой области науки и эффективность ее приложений. Поскольку терагерцовый диапазон лежит между областями электроники и фотоники, в нем оказывается возможным использовать методы генерации излучения, характерные для обоих спектральных интервалов.

Проект “Разработка оротронов субмиллиметрового диапазона (ИПФ РАН)”. Продемонстрирована возможность работы оротрона в непрерывном режиме на частоте 140 ГГц с выходной мощностью 200 мВт. Разработан оротрон, рассчитанный на работу в диапазоне частот 0,2-0,4 ТГц. Проведено экспериментальное исследование этого генератора в длинноволновой части диапазона.

Проект “Разработка импульсных и непрерывных гиротронов диапазона 0.3-1.0 ТГц (ИПФ РАН)”. Для освоения терагерцового диапазона на высоком уровне мощности развиты три перспективных разновидности гироприборов с частотами генерации 0,29-0,41 ТГц: традиционный гиротрон на основном циклотронном резонансе с полем 11 Т, обеспечиваемым “сухим” криомагнитом (частота 0,3 ТГц, мощность излучения 3 кВт в непрерывном режиме); гиротрон с большой орбитой на третьей циклотронной гармонике (частоты 0,37-0,41 ТГц, мощность до 20 кВт в режиме микросекундных импульсов); гироумножитель с самовозбуждающейся входной секцией (частота 0,28 ТГц, мощность 30 Вт в непрерывном режиме). Кроме того, разработан гиротрон на основном циклотронном резонансе на частоту генерации 1 ТГц с импульсным полем до 40 Тл. Разработанные методы открывают возможности для создания эффективных и доступных многим лабораториям мощных гироприборов терагерцового диапазона.

Проект “Параметрическая генерация излучения терагерцового диапазона в полупроводниковых лазерных диодах и волноводах (ИФМ РАН)”. Рассмотрена возможность создания источников излучения терагерцового и мультитерагерцового диапазонов, в которых будет реализована параметрическая генерация разностной гармоники в двухчастотных лазерах ближнего ИК диапазона (длина волны около 1 мкм.), работающих при температурах вплоть до комнатной, на основе гетероструктур с квантовыми ямами InGaP/InGaAs/GaAs (за счет решеточной нелинейности второго порядка, связанной с отсутствием центра инверсии в решетке GaAs), а также во внешних полупроводниковых волноводах.

Проект “Генерация терагерцового излучения путем умножения частоты на полупроводниковых структурах (ИФМ РАН, ИПФ РАН)”. Показана перспективность использования:

- 1) низкобарьерных диодов Шоттки для чувствительных детекторов субтерагерцового диапазона частот;
- 2) матриц с торцевыми встречными диодами для создания мощного терагерцового умножителя;
- 3) искусственной среды на основе массивов металлических кластеров внедрённых в полупроводниковую матрицу для целей оптической генерации и преобразования ТГц-ИК излучения. Разрабатывается измерительный стенд для исследования характеристик приборов ТГц диапазона.

“Проект для второй очереди лазера на свободных электронах на область 3 - 10 ТГц (ИФМ РАН, ИЯФ СО РАН)”. В результате работы спроектированы основные элементы второй очереди новосибирского лазера, запуск которого позволит расширить диапазон генерации от нынешних 120 - 240 мкм до 3 - 300 мкм. Это позволит существенно расширить диапазон исследований, включая высокочастотную часть терагерцового диапазона.

Проект “Оптические методы генерации когерентных сверхширокополосных терагерцовых импульсов (ИПФ РАН)”. Представлены результаты по генерации и регистрации сверхкоротких импульсов электромагнитного излучения в терагерцовом диапазоне длин волн оптическими методами. Приведен сравнительный анализ эффективности генерации и детектирования при использовании импульсов титан-сапфирового лазера с относительно высокой энергией (2 мДж) и низкой частотой повторения (1 кГц) и низкой энергией (10 нДж) и высокой (70 МГц) частотой повторения. Достигнута спектральная ширина импульса около 1,5 ТГц.

Вторая группа работ посвящена разработке элементной базы и технологиям, обеспечивающим возможность развития терагерцовой науки и технологий. Прежде всего, это детекторы терагерцового излучения как одноэлементные, так и матричные. Другим очень важным достижением является разработка технологии выращивания искусственных алмазов, что дает возможность выводить мощное терагерцовое излучение из источников и использовать их для разделения сред в технологических устройствах.

Проект “Разработка и создание сверхпроводниковых элементов и интегральных приемных устройств с рабочими частотами до 1 ТГц (ИРЭ РАН)”. Основной целью проекта является разработка и исследование интегральных приемных сверхпроводящих структур терагерцового диапазона с чувствительностью, ограниченной лишь квантовыми эффектами. Была предложена и экспериментально апробирована принципиально новая концепция построения полностью сверхпроводникового интегрального приемника субмиллиметровых волн для космической и наземной радиоастрономии, а также мониторинга окружающей среды. Интегральный приемник состоит из одной сверхпроводниковой микросхемы и включает в себя СИС-смеситель, приемную планарную квазиоптическую антенну и сверхпроводниковый генератор гетеродина на основе распределенного туннельного перехода (ФФО).

Проект “Исследование и разработка технологии высокоскоростного выращивания поликристаллических алмазных пленок и пластин, основанной на использовании газового разряда в пучках миллиметровых волн (CVD-технология) (ИПФ РАН)”. Проведена серия экспериментов по осаждению алмазных пленок на кремниевые подложки диаметром 60 и 75 мм в газовой смеси Ar/H₂/CH₄ при варьировании давления и состава газовой смеси, скорости газовых потоков и температуры подложки. Получены высокие скорости роста алмазных пленок до 9 микрон в час. Проведено сравнение результатов выращивания алмаза в 2,45 ГГц и 30 ГГц МРАСVD реакторах. Показано, что скорость роста алмазных пленок в 30 ГГц реакторе в 5-7 раз выше, чем скорость роста в 2,45 ГГц реакторе при одинаковых рабочих параметрах. Экспериментально подтверждена возможность использования технологии высокоскоростного выращивания алмазных пленок из газовой фазы на 30 ГГц CVD реакторе для получения толстых высококачественных алмазных пластин. Получены экспериментальные образцы алмазных пластин диаметром 60мм и толщиной 0,13 мм, диаметром 75мм и толщиной 0,65мм. Обе пластины отличаются высоким качеством, однородностью поверхности роста и толщины.

Проект “Субмиллиметровый матричный радиометр на высокочувствительных болометрах (ИРЭ РАН, ИПФ РАН)”. Цель создания высокочувствительных субмиллиметровых матричных радиометров - установка их на телескопах наземного и космического базирования для проведения астрономических наблюдений и измерений. За 2005 год была отработана технологии изготовления болометров с использованием электронного литографа, создан низкотемпературный лабораторный стенд, разработана топология элементов и матриц болометрических приемников.

Достигнутая на сегодняшний день ширина болометра, входящего в состав приемного элемента, составляет 0,3 мкм.

Проект “Разработка и исследование сверхвысокочувствительного болометра на разогреве электронов в нормальном металле при сверхнизких температурах (ИРЭ РАН, ИПФ РАН)”. Разработан и исследован компактный криостат растворения для охлаждения до 50 мК сверхвысокочувствительных микроболометров терагерцового диапазона. Разработаны и проверены электронные схемы измерения характеристик таких болометров при сверхнизких температурах.

6.3 Разработка и создание специализированных генераторов СИ

6.3.1 Сверхпроводящие вигглеры

В 2005 году активно продолжались контрактные работы по разработке и изготовлению различных сверхпроводящих криогенно-магнитных систем для генерации СИ.

1. В январе 2005 был доставлен и собран на территории накопителя CLS (Canadian Light Source, г. Саскатун, штат Саскачеван) 63-полюсный вигглер с очень коротким периодом - 34 мм, межполюсным зазором 13.5 мм и магнитным полем 2.2 Т. После заключительных испытаний и проведения цикла магнитных измерений вигглер был установлен на накопитель и активно используется для экспериментов по дифракции, XAFS, DAFS и микроскопии в области энергий 4-40 КэВ. Одной из особенностей данного генератора СИ является то, что для сглаживания спектра в области низких энергий фотонов (4-10 КэВ) была преднамеренно нарушена регулярность периода магнитных полюсов, так что величина периода находится в диапазоне от 33 до 34 мм. Другая особенность магнитной системы данного вигглера состоит в том, что были достигнуты предельно возможные параметры использованного сверхпроводящего провода и ток в обмотках приблизился к теоретическому пределу - току короткого образца. Так же на данном вигглере впервые был получен нулевой расход жидкого гелия, благодаря удачно найденному техническому решению по использованию холодильных машин - реконденсоров.

2. В начале 2005 был спроектирован и в апреле 2005 испытан “короткий” прототип магнитной системы многополюсного вигглера для строящегося накопителя DLS (DIAMOND Light Source, Англия). В декабре 2005 уже была завершена сборка в собственном криостате полноразмерного 49-полюсного вигглера с периодом 60 мм, магнитным полем 3.7 Т и межполюсным зазором 16 мм. В данном вигглере был вновь достигнут нулевой расход потребления жидкого гелия. В марте 2006 начнется сборка и цикл испытаний вигглера на территории накопителя DLS, а в сентябре 2006 запланирована установка и запуск его непосредственно на накопительном кольце.

3. В 2005 году было начато проектирование магнитной системы 21-полюсного вигглера с полем 7.5 Т и периодом 164 мм для накопителя “Сибирь-2” (РНИЦ “Курчатовский институт”, Москва). В июле 2005 был изготовлен и успешно испытан “короткий” прототип, на котором было достигнуто максимальное магнитное поле 7.7 Т. Данный вигглер будет являться самым мощным в мире среди устройств такого рода. Полная мощность СИ составит 100 кВт. В декабре 2005 закончено изготовление всех магнитных полюсов для полноразмерного вигглера. Испытание его на собственном магнитопроводе в экспериментальном криостате намечено на февраль 2006.



Рис. 16: 63-полюсный вигглер с полем 2.2 Т на накопителе CLS (Канада).

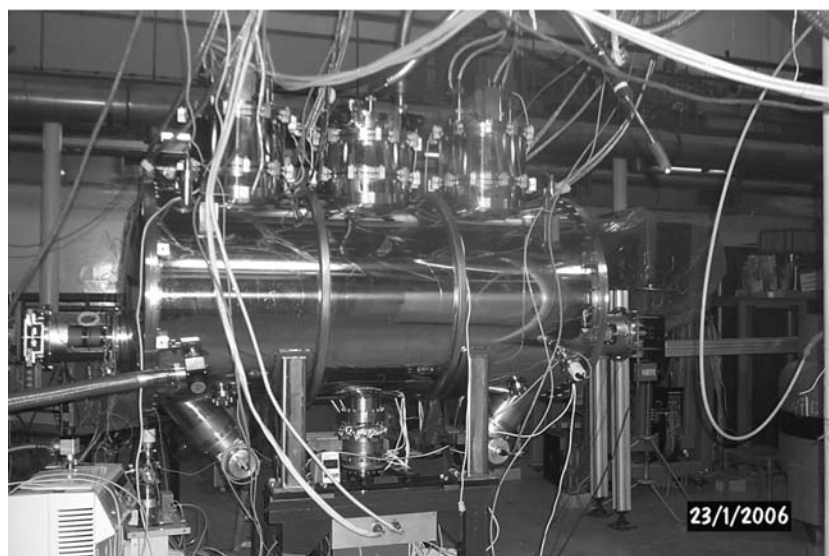


Рис. 17: Испытания 49-полюсного вигглера с полем 3.7 Т для накопителя DIAMOND.

6.3.2 Несверхпроводящие магнитные системы для источников СИ

Для источника СИ SLS (PSI, Швейцария) изготовлены и измерены 12 магнитных элементов (два быстрых корректора, четыре медленных корректора, три квадрупольные линзы, три отклоняющих магнита).

Проведены магнитные расчёты и изготовлены чертежи вигглера-затухателя на постоянных магнитах для ускорителя-источника СИ Petra-3 (DESY, Германия). Период $\lambda=200$ мм, зазор $h=24$ мм, длина $L=4000$ мм, максимальное поле $B=1.6$ Тл. Изготовлен полномасштабный прототип вигглера-затухателя на постоянных магнитах для Petra-3 DESY. Закончено изготовление 174 секступольных магнитов для источника СИ Diamond (Англия). Закончено изготовление трёх электромагнитов (супербенд) с максимальным полем 3Тл в зазоре $h=39$ мм для SLS (PSI, Швейцария).

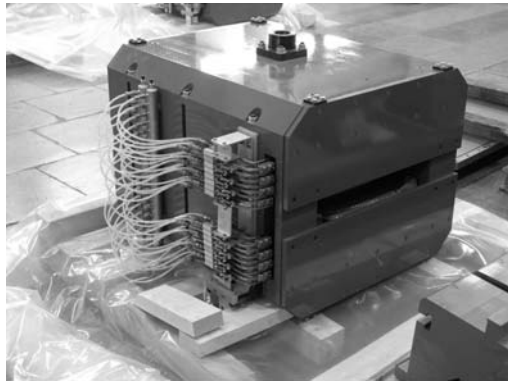


Рис. 18: Отклоняющий магнит для источника СИ SLS (PSI., Швейцария).

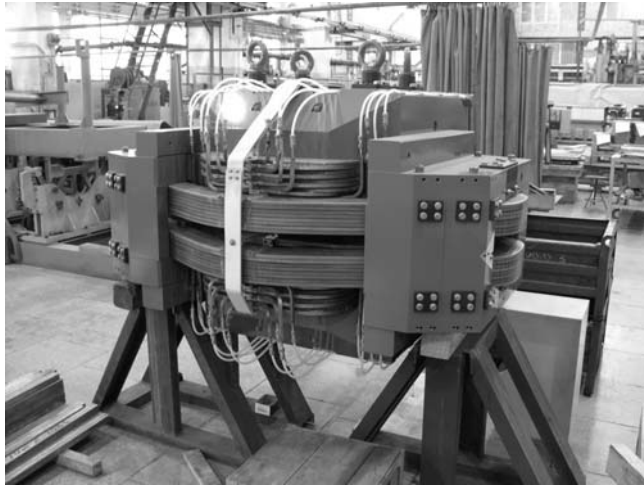


Рис. 19: Супербенд с полем 3 Тл для SLS (PSI., Швейцария).

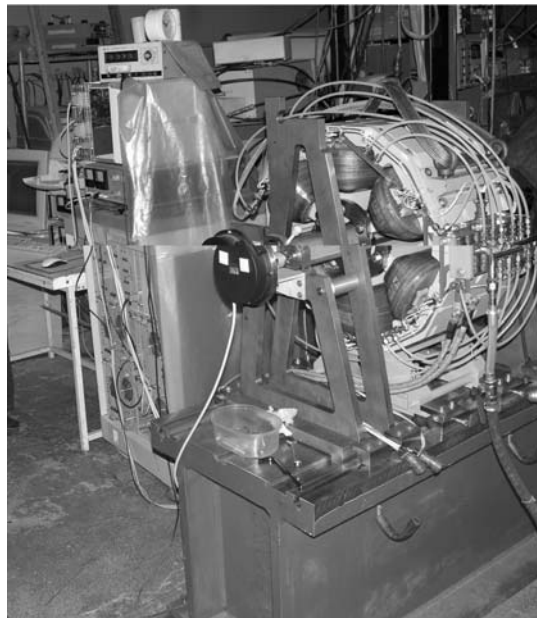


Рис. 20: Магнитные измерения секступольной линзы для Diamond.

Магнитная система для метрологического источника света. В 2005 году продолжались контрактные работы по созданию магнитной системы (8 поворотных магнитов, 24 квадруполь, 24 секступоль, 4 октуполь) для метрологического источника света - накопительного кольца на энергию 600 МэВ, строящегося в Берлине на базе Института метрологии (Германия).

Высокие требования к точности изготовления ($\pm 20\text{-}30$ мкм для полюсной области) потребовали привлечения ведущих специалистов института, работы проводились в тесном сотрудничестве между подразделениями. В начале 2006 года изготовленные магнитные элементы должны быть поставлены заказчику и в течение 2006 года установлены на накопительном кольце.

Эллиптические ондуляторы NU256 для Synchrotron Soleil. В 2005 году была завершена контрактная работа по созданию трех эллиптических ондуляторов с периодом 256 мм для источника синхротронного излучения Soleil (Франция). Электромагнитные ондуляторы имеют закрытую структуру вертикального (0.44 Т) и горизонтального (0.33 Т) магнитных полей, формируемых 12 полными и 2 корректирующими периодами при полной длине ондулятора 3,6 метра. На основе расчетов и тестовых магнитных измерений была выполнена оптимизация расстановки диполей (sorting), что позволило улучшить магнитные параметры ондуляторов.

В рамках контрактной работы по магнитным измерениям ондуляторов была разработана специализированная система на основе датчиков Холла. Точность измерения магнитных полей ($\leq 0,15$ Гс) позволяет “измерять” первый интеграл с точностью не хуже ± 50 Гс.см. Изготовленные ондуляторы были переданы заказчику, где прошли успешные повторные измерения датчиками Холла и “подвижной струной”. В первой половине 2006 года эллиптические ондуляторы NU256 будут установлены на станциях “Cassiopee”, “Pleiades”, “Antares”.

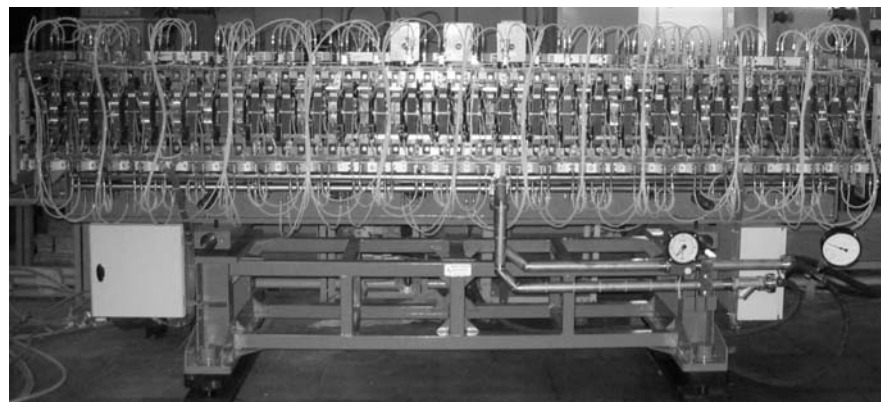


Рис. 21: Эллиптический ондулятор NU256 для Synchrotron Soleil (Франция).

Технологический накопительный комплекс (ТНК). В 2005 году продолжались работы на накопителе-источнике СИ для научно-производственного центра микроэлектроники и микромеханики (г.Зеленоград).

К началу года были смонтированы основные системы бустерного кольца, и в течение года проводились работы с пучком. К концу года были получен захват и ускорение электронного пучка в бустерном кольце.



Рис. 22: Команда ИЯФ-КИСИ-НИИФП после успешного запуска бустерного кольца в Зеленограде (декабрь 2005 г.).

6.3.3 Проект компактного накопителя-источника СИ

Отсутствие специализированного источника в Сибирском центре синхротронного излучения является главным препятствием для дальнейшего развития исследовательских методов с использованием СИ. Главной проблемой является сильная конкуренция между различными исследовательскими программами на накопительном комплексе ВЭПП-3/ВЭПП-4. Несмотря на ограниченное выделение времени для работы в режиме, удобном для пользователей центра, интерес сторонних пользователей к методикам с использованием СИ постоянно растет. Поэтому вопрос о создании специализированного накопителя для генерации СИ встал в полной мере.

В 2002-2004 г. в ИЯФ был разработан и изготовлен прототип сверхпроводящего поворотного магнита для накопителя BESSY-II (Берлин, Германия) с полем до 9 Тл. Использование таких магнитов позволяет реализовать компактную схему накопителя с достаточно невысокой энергией электронов (около 1 ГэВ). При этом высокое значение магнитного поля в поворотных магнитах позволяет получать СИ с достаточно жестким спектром, позволяющим реализовать большинство популярных рентгеновских методов с использованием СИ.

С экономической точки зрения высокая стоимость магнитной системы такого накопителя компенсируется уменьшением стоимости системы инжекции и ВЧ системы и резким уменьшением затрат на строительство инфраструктуры комплекса.

Одним из самых важных параметров такой системы является жесткость спектра СИ. Мировой опыт использования синхротронного излучения в различных центрах СИ показывает, что большинство востребованных исследовательских методов используют рентгеновское излучение с энергией фотонов до 40 - 50 кэВ.

Необходимо отметить, что существует ряд интроскопических методов, требующих энергии рентгеновских квантов до 120 кэВ. Такие требования возникают в медицинской и технологической рентгенографии и томографии. Однако простых и дешевых способов генерации мощного потока квантов с такой энергией пока не найдено, поэтому эти задачи придется исключить из списка реализуемых методов на подобных накопителях.

Несмотря на постоянно возрастающий интерес пользователей к жесткому рентгеновскому диапазону, продолжается развитие исследовательских и технологических методов в мягком рентгеновском диапазоне. Например, относительно новый метод массового производства микроизделий (LIGA- технология) основан на использовании синхротронного излучения с характерной энергией около 2 кэВ. Поэтому схема компактного накопителя должна предусматривать возможность организации каналов вывода СИ как с жестким, так и с мягким спектром.

Для реализации таких требований подходит комбинированная структура магнитной системы, включающая в себя как сверхпроводящие, так и обычные "теплые магниты". Преимуществом схемы является возможность избавиться от излишней "компактизации" накопителя, и, следовательно, обеспечить достаточную конструкторскую свободу для организации каналов вывода СИ. Из общих соображений можно также определить оптимальное количество сверхпроводящих магнитов в структуре. Большое количество таких магнитов приведет к существенному увеличению стоимости всего комплекса, а малое - ухудшит симметрию кольца и создаст проблемы неустойчивости пучка из-за возникновения опасных резонансов. По-видимому, оптимальное количество сверхпроводящих магнитов в кольце должно быть равным 4 (или 3 в кольцах с симметрией, кратной 3).

Энергия электронов в накопителе может быть в пределах от 1 до 1.5 ГэВ, что тоже является близким к оптимуму по организации системы инжекции и биозащиты. При этом в сверхпроводящих магнитах с полем 8.5 Тл критическая энергия квантов СИ будет около 10 кэВ, что обеспечивает достаточный поток фотонов для реализации вышеотмеченных методик в области спектра до 40 кэВ. Кроме того, используя "теплые" магниты для генерации СИ в мягком рентгеновском диапазоне, можно вполне успешно покрыть нужды пользователей и в этой спектральной области. Если энергия электронов равна 1.5 ГэВ и эффективная магнитная длина сверхпроводящего магнита с полем 8.5 Тл равна 20 см, угол поворота пучка в магните будет около 20°. Это означает, что из магнита можно вывести без больших конструкторских проблем 3-4 канала для транспортировки пучка СИ. Таким образом, эффективность использования ресурсов накопителя может быть весьма высока.

Можно определить некоторые требования на величину фазового объема пучка (эмиттанса). Несмотря на то, что в последнее время основным направлением в эволюции накопителей - источников СИ прослеживается магистральная тенденция постоянного снижения эмиттанса и увеличения спектральной яркости, в большинстве случаев применения СИ большую значимость имеет поток фотонов, который при всех прочих условиях не зависит от фазового объема пучка. Конечно, для реализации некоторых уникальных методик необходимо иметь большую спектральную яркость, но, цель данного проекта - увеличение числа пользователей традиционных методов с использованием СИ. Поэтому величина эмиттанса накопителя должна лежать в разумных пределах, например, как в источниках СИ второго поколения - 50-100 нм·рад. Так как компактность установки является одним из главных требований, обеспечить меньший фазовый объем без увеличения размеров кольца не представляется возможным. Периметр данного накопителя должен быть в пределах 50 м. Тем самым, размер помещения для организации центра может составлять 20 на 20 м, хотя для размещения пользовательских станций необходимо дополнительное место.

Была предложена одна из возможных схем такой системы (Рис. 23). Периметр кольца составляет 51.12 м, и для размещения подобного накопителя достаточно иметь помещение с размерами 17 на 17 метров. Данный вариант позволяет организовать до 16 каналов вывода СИ с жестким спектром и достаточно большое количество

Таблица 6.3: Основные параметры компактного накопителя - источника СИ (требования).

Энергия электронов	1 - 1.5 ГэВ
Критическая энергия квантов СИ	8 - 10 кэВ для СИ из сверхпроводящих магнитов 1 - 2 кэВ для пучков из обычных магнитов
Фазовый объем пучка	50 - 100 нм·рад
Ток пучка	300 - 500 мА
Время жизни пучка	8 - 10 часов
Периметр орбиты	50 м
Размеры помещения для установки накопителя	20x20 м (без учета места, необходимого для размещения пользовательских станций)

каналов для мягкого рентгеновского излучения.

Полученный расчетный горизонтальный эмиттанс пучка составляет 20 нм·рад, что позволяет надеяться на то, что реальный эмиттанс будет лучше чем у специализированных накопителей-источников СИ второго поколения.

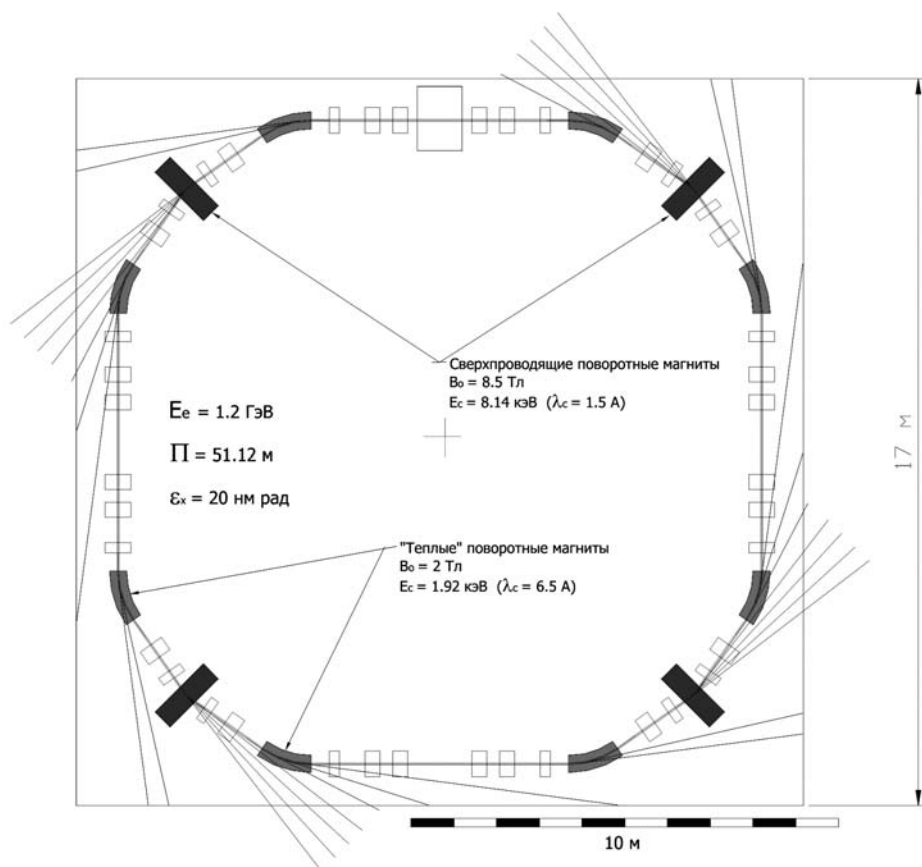


Рис. 23: Одна из возможных схем построения компактного накопителя на сверхпроводящих магнитах.

Глава 7

Радиофизика и электроника

Введение

Работы ИЯФ в области радиофизики и электроники сосредоточены, в основном, в Радиофизической лаборатории. Основная тематика лаборатории связана с разработкой и исследованиями радиофизических систем для ускорителей и накопителей заряженных частиц, которые, в свою очередь, разрабатываются Институтом в соответствии с государственными программами “Встречные пучки”, “Физика высоких энергий”, “Синхротронное излучение”, “Физика микроволн”.

В рамках этих программ сотрудники лаборатории занимаются разработкой различного радиоэлектронного оборудования: систем питания, управления, диагностики, систем компьютерного управления; занимаются разработкой высокочастотных ускоряющих систем и источников ВЧ и СВЧ энергии, исследованием поведения пучков заряженных частиц во взаимодействии с ускоряющими системами и другими элементами и устройствами ускорителей и накопителей заряженных частиц. Очевидно, что основные результаты работы лаборатории являются частью общих результатов исследований и работ, проводимых на действующем комплексе ВЭПП - 4, результатов создания вновь разрабатываемых и модернизируемых комплексов: ВЭПП-2000, Инжекционного комплекса ВЭПП-5; ЛСЭ; работ по физике плазмы.

Как следствие универсального характера некоторых разработок лаборатории, часть из них становится основой для разработки приборов и/или устройств, имеющих самостоятельную научную или технологическую ценность. Некоторые разработки в той или иной степени применяются и используются в работах по другим тематикам Института, при выполнении работ по контрактам с российскими и зарубежными научными центрами из США, Германии, Южной Кореи, Швейцарии, Японии, Италии, Китая. Здесь следует особо отметить контрактные работы для CERN по созданию элементов ЛНС, для Института Атомной Энергии (KAERI, Южная Корея) по разработке и изготовлению элементов будущего разрезного Микротрона - рекуператора. Сотрудничество с этими центрами успешно развивается.

7.1 Разработка систем, обеспечивающих питание электрофизических установок

Разработка источников стабилизированного тока или напряжения для питания различных электрофизических установок и отдельных их узлов является одной из главных задач исследований, проводимых в Радиофизической лаборатории. Устройства этого класса включают, прежде всего, источники постоянного тока для питания электромагнитов накопителей заряженных частиц. Выходной ток таких источников, в зависимости от задачи, может иметь значения от единиц ампер до десятков килоампер. Соответственно, выходная мощность - от десятков ватт до сотен киловатт и единиц мегаватт. Источники тока, как правило, должны иметь широкий диапазон регулирования величины тока (60-80 дБ) и высокую точность регулирования и стабилизации (погрешность 0,01% и меньше). Источники тока являются сами по себе сложными электрофизическими устройствами с компьютерным управлением, контролем, тестированием и со сложной системой блокировок и устройств внутреннего контроля.

В лаборатории также ведутся разработки высоковольтных источников постоянного стабилизированного напряжения с диапазоном мощностей:

- десятки ватт - питание электростатических устройств отклонения или фокусировки пучков заряженных частиц;
- от сотен ватт до десятков киловатт - питание силовых высоковольтных устройств.
- сотни киловатт - высоковольтное питание диагностических инжекторов нейтральных атомов, питание анодных цепей ВЧ и СВЧ усилителей.

Устройства обладают высокой стабильностью и точностью регулирования, они защищены от пробоев и коротких замыканий, имеют компьютерный контроль токов и напряжений, разветвленный статусный контроль.

Отдельную группу специализированных источников питания, разрабатываемых в лаборатории, составляют источники импульсных напряжений и токов. Эти устройства выполняют функции модуляторов в импульсных источниках ВЧ и СВЧ мощности; функции первичных источников импульсных напряжений в системах, вырабатывающих высоковольтные импульсы наносекундного диапазона длительностей; функции источников тока для питания импульсных электромагнитов в каналах транспортировки частиц и др.

Ниже кратко приведены некоторые результаты работ, проводившихся в 2005г. и ориентиры по работам, которые будут продолжены в 2006г. и в дальнейшем.

1. В ушедшем 2005 году была в основном завершена многолетняя работа по модернизации электроники прецизионных источников серии "ИСТ", предназначенных для питания электромагнитов. Это устройства мощностью 50кВт, 100кВт и 200кВт. Были введены в работу восемь ИСТ-ов на комплексе КИСИ (в Курчатовском институте), два - на ТНК в Зеленограде, семь источников для накопителя-охладителя. Работа по подключению к ним реальных нагрузок (электромагнитов накопителя-охладителя) будет продолжена в 2006г.

2. Продолжалась работа над источниками питания типа ВЧ-300-12 и ВЧ-400-8. Напомним, что каждый источник размещается в одном этаже конструктива "Вишня" и имеет рабочий ток для ВЧ300-12 до 300А при напряжении до 12В, для ВЧ400-8, соответственно 400А и 8В. Стабильность тока лучше, чем 10^{-4} . Каждый источник оборудован двумя бесконтактными датчиками тока: один для осуществления стабилизации, другой - для независимых измерений. Стойка-шкаф содержит до 8 таких источников. Система снабжена управляющим модулем ЦАП/АЦП "СДАС20" содержащим также статусный регистр. Блоки связаны с системой управления комплекса с помощью CAN - интерфейса. Разработан вариант источников, семейство которых планируется применить для питания элементов магнитной системы комплекса ВЭПП-2000. В семействе этих прецизионных источников существует также группа, предназначенная для питания сверхпроводящих магнитов. Эти источники оборудованы системой вывода энергии из магнитов в случае срыва сверхпроводимости. В настоящее время весь комплект источников для ВЭПП - 2000 изготовлен, почти все настроены и начата их постановка на комплекс. Группа источников ВЧ-300 введена в работу на линейном ускорителе комплекса ВЭПП-5, где используются для питания квадрупольных линз (теплые электромагниты). Около десятка таких источников установлено на различных стендах Института, где используются для питания теплых магнитов, для испытания сверхпроводящих вигглеров и дипольных магнитов, разрабатываемых и поставляемых Институту по контрактам. Накопленный опыт позволил нам в 2005 году закончить разработку специализированного источника ВЧ 300-8 в конструктиве "Евромеханика" для применения на стенде испытания сверх-

проводящих магнитов одной из лабораторий Курчатовского института (г. Москва). Один такой источник поставлен заказчику, второй будет введен в работу в начале 2006г. Далее планируется изготовить небольшую серию таких устройств.

3. Как сообщалось в предыдущих отчетах 2003 и 2004г.г., в семействе "УМ-ов (источников питания корректирующих электромагнитов) помимо УМ-4 ($\pm 10\text{A}$, $\pm 20\text{В}$) и УМ-3/10 ($\pm 3\text{A}$, $\pm 10\text{В}$) появилась разновидность УМ-6 ($\pm 6\text{A}$, $\pm 100\text{В}$). Управление этими источниками осуществляется с помощью CANDAC 16, их контроль - с помощью CANADC 40. В 2005 году было изготовлена около 150 таких источников, половина из них, размещенная в нескольких стойках, установлена на комплекс ВЭПП-2000, полностью укомплектовав систему питания корректоров БЭП. В 2006г. предполагается продолжить их производство для полного укомплектования систем комплекса. На базе электроники УМ-6 проведена разработка также четырехквadrантного источника УМ-25 с рабочим током до 25А и напряжением до 100В. В следующем году планируется произвести их небольшой серией. Продолжалась работа по оснащению форинжектора и накопителя - охладителя системами питания корректоров. Запускается в работу три стойки с общим числом каналов более ста. Планируется завершить их настройку и испытания в первом полугодии 2006г.

Ниже в Таблице 1 приведены сведения об основной номенклатуре источников питания электромагнитов, которые были разработаны или модернизированы и изготовлены в последние годы и успешно применяются на установках Института и за его пределами. Таблица не включает в себя источники питания, которые были разработаны и выпущены в "штучном" исполнении. Стойка "Вишня" – 8 этажей, $0.55 \times 0.55 \times 2.0\text{ м}^3$

Таблица 7.1: Источники постоянного тока для питания электромагнитов.

Тип	I_{max}	U_{max}	P_{max}	dI/I	Тип Охлаждения	Размеры
	A	V	kW	%	—	м^3
В-1000	1000	15	15.0	0.01	Вода/воздух	
В-2000	2000	6	12.0	0.01	Вода/воздух	$1.8 \times 0.7 \times 0.5$
ВЧ-300-12	300	12	3.6	0.01	Воздух	Один этаж "Вишни"
ВЧ-400-8	400	8	3.2	0.01	Воздух	Один этаж "Вишни"
ИСТ-1000(*)	1000	50	50	0.01	Вода/воздух	$2.2 \times 1.4 \times 0.8$
ВЧ-100-ТК	100	60	6	0.01	Вода/Воздух	"Вишня" - 6 кнл.
УМ-4	± 10	± 20	0.2	0.1	Воздух	"Вишня" - 32 кнл.
УМ-4М	+20	+20	0.4	0.1	Воздух	"Вишня" - 16 кнл.
УМ-6/100	± 6	± 100	0.3	0.1	Воздух	"Вишня" - 32 кнл.
УМ-3	± 3	± 20	0.06	0.1	Воздух	"Вишня" - 48 кнл.
УМ-25	± 25	± 100	1.0	0.1	Вода.Воздух	

(*) - модернизация, включающая замену электроники и модернизацию силовых цепей.

4. В 2005г. изготовлена электроника для источников питания поворотных электромагнитов БЭП и ВЭПП - 2000. Это системы мегаваттного диапазона мощностей. Их силовая часть, основанная на секциях тиристорных выпрямителей, разрабатывается и изготавливается совместно сотрудниками нескольких подразделений Института при координации работ сотрудниками комплекса ВЭПП-2000. Управляющая и измерительная электроника выполнена в конструктиве Евромеханики. В 2005г. начата

настройка системы питания БЭП, питание магнитной системы кольца ВЭПП-2000 также подготовлено к пусковым работам.

5. Успешное развитие серии Диагностических инжекторов нейтральных атомов (DNBI) в предыдущие годы (руководитель работ зав. лаб.9 Иванов А.А.), создало в 2004 и в 2005 годах пик загрузки участников этих работ, как в части разработок, так и в изготовлении и поставках. В 2005г. успешно введены в работу на действующих Токамаках инжектора в Мадриде, Мэдисоне, Бостоне и в Падуе. Проведена небольшая модернизация инжектора в Лозанне. Продолжаются работы над элементами Инжектора для строящегося в Германии комплекса W-7X.

Напомним, что одним из центральных устройств в DNBI является высоковольтный источник с выходным напряжением 55 - 65 кВ, током в несколько Ампер и длительностью от 50 мсек до нескольких секунд (в зависимости от модификации). Источники имеют уникальную возможность 100% модуляции выходного напряжения с частотой до 500 Гц. Силовая и управляющая электроника DNBI размещаются в нескольких стойках типа "Евромеханика".

6. В рамках работ Института по системам электронного охлаждения протонов и тяжелых ионов Институт в течение нескольких предыдущих лет разработаны для IMP (Ланчжоу, Китай) две системы охлаждения с энергией электронов до 35 кэВ и до 300 кэВ. Эти системы экипированы нами уникальной электроникой, содержащей не только высоковольтные источники с указанными напряжениями и с небольшим током (несколько миллиампер), но и набором всех управляющих напряжений для пушки, находящейся под высоким потенциалом: всего порядка 10 каналов, в том числе канал, передающий под потенциал 300 кВ мощность более 10 квт. Системы включают также разветвленную сеть управления, контроля и диагностики. Обе системы в течение 2003 и 2004.г. поставлены в Ланчжоу и ожидают готовности ускорительных колец. К сожалению, в 300кВ системе не удалось достичь требуемой стабильности высокого напряжения (погрешности уровня 10^{-5}) и получить необходимо малый уровень пульсаций. Работа над улучшением системы продолжалась в 2005г.

7. В 2004г. также в рамках сотрудничества с CERN было успешно подготовлено и развернуто производство элементов и целиком систем вывода энергии из 600 - амперных корректирующих сверхпроводящих магнитов LHC. Всего должно быть изготовлено 205 систем, включающих заметное количество электромонтажа, слесарной и механо-сборочной работы, а также большого объема электроники, размещаемой в корзинах Евромеханики. К концу 2005г. большая часть объема работ выполнена, одновременно успешно проводилась сборка, настройка и тестирование систем на территории CERN. Дело в том, что системы частично разбирались для транспортировки. Работу по пуску систем в туннеле CERN планируется завершить в 2007 году.

8. В течение отчетного года продолжалась разработка и изготовление элементов и узлов "Энергоблока" и его систем питания, управления и контроля для установки электронно-лучевой сварки. Работа начата в начале 2004г. по контракту с НИТИ "Прогресс", г. Ижевск. Тракт базируется на пушке с рабочим напряжением 60кВ при мощности в пучке до 15 кВт. Тракт включает около 20 каналов управления, питания и регулирования и более 40 каналов измерения и контроля. Разработка рассчитана на два года и ведется совместно Радиофизической лабораторией и лабораторией П.В. Логачева. В конце 2005г. первый Энергоблок был собран и подготовлен к испытаниям на стенде.

9. Продолжена разработка нового поколения импульсных генераторов для питания магнитных элементов каналов транспортировки пучков. Системы ориентирова-

ны, в первую очередь, на проектируемый в Институте 500-МэВ-ный канал транспортировки пучков электронов и позитронов от инжекционного комплекса к ВЭПП-4 и ВЭПП-2000.

10. Следует также упомянуть, что и в 2005 г. продолжалась техническая поддержка в рабочем состоянии ранее изготовленных систем и их узлов, находящихся в эксплуатации на установках Института.

7.2 Разработка систем и устройств автоматизации физических экспериментов

Участие лаборатории в автоматизации установок, стендов и больших физических комплексов состоит:

- В разработке и поставке готовых систем (систем управления, контроля, диагностики, компьютерных систем) с последующим участием авторов в адаптации систем к физическим установкам;
- В разработке элементов контроля, управления, таймирования систем питания с последующей комплексной поставкой этих систем на ускорители и накопители заряженных частиц и с исследованием их влияния на комплекс в целом;
- В поставке отдельных унифицированных модулей (КАМАК, VME, Вишня, Евромеханика) в действующие или в новые установки и стенды;
- В разработке новых подходов, методик и, как следствие, новых устройств, позволяющих решать физические экспериментальные задачи на новом уровне;
- В модернизации существующих систем автоматизации, управления и диагностики на действующих физических установках.
- В ремонте и техническом обслуживании нескольких тысяч блоков электроники и целых систем, разработанных нами и находящихся в эксплуатации.

Аппаратура, разработанная и произведенная в ИЯФ, широко используется не только в СО РАН, но и во многих научных организациях России и за рубежом. Номенклатура ежегодно выпускаемой аппаратуры составляет несколько десятков типов цифровых, аналоговых и цифро-аналоговых устройств, блоков или модулей.

Из работ, выполненных в 2005г., следует отметить:

- Продолжена разработка новой системы автоматизированного управления комплексом ВЭПП-2000. Проведены комплексные испытания различных подсистем импульсного и постоянного питания, проверена работоспособность многоканального измерителя вакуума нового поколения, испытана электроника новой разработки измерителя положения пучка (ИПП), начались испытания цифровых ПЗС-камер для контроля за пучком с помощью синхротронного излучения.
- Продолжена разработка, изготовление и внедрение на новые и действующие установки измерительной и управляющей аппаратуры, использующей в качестве интерфейса моноканал CAN-BUS. В настоящее время комплект аппаратуры с этим интерфейсом включает в себя следующие устройства, представленные в Таблице 2:

Таблица 7.2: Семейство устройств с CAN-BUS интерфейсом

Название	Краткая характеристика
CANDAC16	16-канальный, 16-разрядный ЦАП, 8-битовые входной и выходной регистры
CANADC40	40-канальный, 24-разрядный АЦП (класса 0,03%), 8-битовые входной и выходной регистры
CDAC20	20-разрядный ЦАП, 5-канальный, 24-разрядный АЦП (класса 0,003%), 8-битовые входной и выходной регистры
CEDAC20	20-разрядный ЦАП, 5-канальный, 24-разрядный АЦП (класса 0,003%), 8-битовые входной и выходной регистры, формат евромеханики
CAC208	8-канальный, 16-разрядный ЦАП, 20-канальный, 24-разрядный АЦП (класса 0,003%), 8-битовые входной и выходной регистры
CGVI8	8-канальный, 16-разрядный генератор задержанных импульсов, 8-битовые входной и выходной регистры
CPKS8	8-канальный, 16-разрядный преобразователь код-скважность
SLIO24	Интерфейс CANbus - 24-разрядная двунаправленная шина, встраиваемая плата
CKVCH	Коммутатор высокочастотных сигналов 8-1, 2*(4-1), 4*(2-1)
CANIPP	Интерфейс CANbus- 2 ветви типа ИПП
CANIVA	16-канальный измеритель вакуума (тока магниторазрядного насоса)
CURVV	Универсальный регистр ввода/вывода (2 выходных и 4 входных регистра по 8 бит)
CAC168	8-канальный, 16-разрядный ЦАП, 16-канальный, 24-разрядный АЦП (класса 0,03%), входной и выходной регистры, встраиваемая плата
CAN-DDS	Модуль CAN-DDS представляет собой делитель входной тактовой частоты с дистанционно перестраиваемым дробным коэффициентом. Модуль предназначен для использования в цепи обратной связи возбуждателей для ВЭПП-5 и ВЭПП-2000
CAN-ADC3212	Для замыкания цепи обратной связи в схеме термоподстройки резонатора, контроля температур в отдельных точках резонатора и осуществления блокировок. 24-канальный 12-битный дифференциальный АЦП с переключаемым коэффициентом усиления; 4-канальный 12-битный двуполярный ЦАП.

- Изготовлены, налажены и переданы в эксплуатацию очередные 70 блоков с интерфейсом CAN-BUS для систем управления и контроля различных электрофизических установок. Следует отметить, что устройства этого семейства широко используются и при выполнении контрактных работ. За последние 3 года более 110 модулей в комплекте с различными источниками питания поставлены в КАЕРИ (Южная Корея), IMP (Китай), ОИЯИ (Россия), КИСИ (Москва), НИТИ “Прогресс” (Ижевск).

- В связи с непрерывно возрастающим в Институте объемом различных магнитных измерений, в 2002 году было принято решение разработать в стандарте VME набор модулей, позволяющих проводить прецизионные измерения полей как с помо-

щью матриц на датчиках Холла, так и с помощью подвижных катушек. Сейчас в состав набора входят:

- прецизионный АЦП со встроенным аналоговым коммутатором;
- 32-канальный коммутатор с погрешностью коммутации 1 мкВ, для работы с датчиками Холла в модуле предусмотрен прецизионный (0,001%) генератор тока;
- прецизионный интегратор с цифровым выходом.

• На базе этих модулей создан и успешно используется стенд для измерения мультиполей в квадрупольных и секступольных линзах, изготавливаемых по контракту с Diamond Light Source (DLS). В 2005 году закончено измерение мультиполюльных компонент и положения магнитной оси в секступольных линзах для Diamond'a. Для этих измерений было написано соответствующее программное обеспечение, в результате чего стало возможно проводить измерения квадрупольных и октупольных линз. В настоящее время стенд используется для измерения квадрупольных, секступольных и октупольных линз, изготавливаемых по контракту для BESSY-PTB. Выполнены измерения карт и интегралов полей трёх электромагнитных ондуляторов для SOLEIL'a. Измерения проводились с помощью новой специализированной VME-системы с датчиками Холла и термостабилизированной кареткой с горизонтальным и вертикальным расположением датчиков (для X и Z полей). Высокое качество системы позволило измерить первый интеграл с ошибкой менее ± 50 Гс*см при длине ондуляторов 3.8 м. Проведена доработка матобеспечения, написанного ранее для новой системы, что позволяет учитывать пространственное расположение и углы наклона, приклеенных датчиков Холла.

Установлен и запущен на стенде магнитных измерений в 13-м здании комплект VME-аппаратуры с датчиками Холла. С помощью этого комплекта выполнены измерения прототипа ондулятора для DESY. Такой же комплект установлен на стенде магнитных измерений в ЭП-1. С его помощью измерены дипольные магниты, корректоры и квадрупольные линзы для PSI. Изготовлено оборудование, написаны программы и запущен стенд для измерения вектора намагниченности постоянных магнитов. Стенд предназначен для подбора по вектору намагниченности постоянных магнитов, из которых будут собираться секции ондуляторов для DESY.

• Продолжена разработка стендов на базе "Интеграторов с цифровым выходом" и комплектов подвижных катушек для измерения характеристик ондуляторов.

• Начата разработка аппаратуры для двухкоординатных, монолитных датчиков Холла.

• Продолжена работа по переносу компонентов EPICS на разработанные в лаборатории контроллеры крейтов SAMAC и VME. Это дает возможность плавного перехода на современные системы сбора данных. Для построения EPICS системы можно использовать весь существующий в Институте набор блоков SAMAC и VME. Относительная дешевизна разработанных контроллеров, а также использование открытого бесплатного программного обеспечения позволяют создавать системы с минимальными финансовыми затратами. В рамках этих работ разработан новый контроллер VME на основе PowerPC, изготовлены и налажены очередные 10 интеллектуальных КАМАК контроллеров и 15 шлюзов CAN-Ethernet. Устройства предназначены для применения на установках с использованием CAN-BUS интерфейса.

• Разработан и изготовлен блок для сопряжения CAN-BUS интерфейса с магистралью VME. Написаны соответствующие драйверы.

• Проведены первые эксперименты с аппаратурой в стандарте Wi-Fi для оценки применимости данного стандарта в системах автоматизации ИЯФ.

• По контракту с ЦЕРН изготовлены первые 6 крейтов с 8-канальными регистра-

торами дуги. Проведены успешные испытания окончательного варианта на испытательном стенде в Протвино. Принято решение о производстве полного комплекта.

- Для поиска труднодиагностируемых неисправностей в мощных высокочастотных генераторах лазера на свободных электронах разработана и введена в эксплуатацию 6-канальная система для обнаружения и фиксации разрядов.

- Для замены популярного, но физически устаревшего контроллера крейта K0607 в 2003 году был разработан новый, на современной элементной базе. В 2005г. выпущено и передано в эксплуатацию 15 очередных контроллеров и 25 интерфейсных плат (20 шт для шины PCI).

- Продолжены работы по созданию цифровых регистраторов двумерных оптических изображений (цифровые телекамеры) с интерфейсом Fast Ethernet. Выпущена очередная партия новых блоков и проводятся их испытания в системах диагностики пучков комплексов ВЭПП-4 и ВЭПП-2000. В новых блоках модернизированы микропрограммы управления ПЗС, что позволило реализовать режим синхронного старта накопления изображения (неопределенность привязки уменьшена с 80мс до 100мкс).

- Продолжена разработка оборудования для исследования быстропротекающих процессов на пучках СИ : завершена разработка быстрого 12-канального 16- разрядного АЦП с трактами обработки сигналов детектора (тракты обеспечивают интегрирование коротких импульсных сигналов, подавление шумов в паузах, индивидуальную регулировку усиления в каналах и переключение полярности входного сигнала); разработан и изготовлен блок синхронизации АЦП.

- Для замены физически устаревшего оборудования для систем коррекции магнитного поля накопителя ВЭПП-4 разработан 16-канальный интерполирующий ЦАП с интерфейсом MIL-STD-1553B с использованием современной элементной базы. Модуль полностью совместим с предыдущей разработкой. Проведены испытания на работающем ускорителе с подменой одного из старых модулей новой разработкой. Сдан заказ на производство всего комплекта (28 шт) интерполирующих ЦАП.

- Для замены физически устаревшего оборудования для систем питания основных магнитных элементов накопителя ВЭПП-4 начата разработка прецизионного интерполирующего ЦАП с интерфейсом MIL-STD-1553B с использованием современной элементной базы. Модуль должен быть программно полностью совместим с предыдущей разработкой.

- Начата разработка шлюза-мультиплексора для сбора данных на детекторе КМД-3. Изготовлены первые образцы. Готовится встроенное программное обеспечение.

- Закончена разработка и подготовлен комплект конструкторской документации для нового цифрового регистратора ADC-502. Написаны тестовые программы для этого модуля. Данный регистратор предназначен для замены морально устаревших АЦП-850SK.

- Начата разработка многоканальной системы для измерения температуры и расхода охлаждающей жидкости. Датчики в данной разработке не имеют подвижных частей, а блок электроники может располагаться на значительном удалении от датчиков. Эти обстоятельства позволяют надеяться на создание высоконадежного измерителя для работы в условиях повышенной радиации.

- Продолжена разработка устройства нового поколения для измерения мгновенных значений магнитного поля в импульсных элементах каналов.

- Разработан и передан для испытаний на ЛСЭ 8-канальный блок для сбора данных дозиметрических датчиков. После завершения испытаний предполагается оснастить подобными устройствами все установки Института.

- Для работ с газовыми системами детектора “Кедр” изготовлен и настроен ряд модулей, предназначенных для измерения и управления газовыми потоками.
- Начата разработка высокочастотного таймера для инжектора лазера на свободных электронах в KAERI (Корея).
- Завершена разработка контроллера источника питания для сверхпроводящих магнитов. Источник питания будет применяться не только в Институте, поэтому предусматривается возможность его автономной работы, то есть, без внешнего управляющего компьютера.
- Начаты испытания первого варианта модулятора электронной пушки и источника питания накала для установки электронно-лучевой сварки в реальных условиях. Эти устройства размещаются под потенциалом до 60кВ и имеют оперативное управление, включая модуляцию тока с частотой до 200 Гц.
- В порядке завершения работ по контрактным обязательствам лаборатория принимала участие в запуске сверхпроводящих вигглеров на накопителях CLS (Канада) и Diamond (Англия). В обоих случаях системы автоматизированного управления вигглеров успешно интегрированы в общую систему управления накопителями.
- Продолжены работы по развитию сайта лаборатории. <http://www.inp.nsk.su/div/16-1/weblab6/start.html>. Данный сайт должен способствовать более полному и корректному использованию разработок лаборатории. Для этого, помимо описаний различных модулей, появились руководства по эксплуатации (application notes). Сайт регулярно обновляется.
- Продолжены разработка электроники для датчиков положения пучка, основанных на измерении токов изображения, с новой измерительной электроникой, базирующейся на новом блоке ИПП-32. Планируется установка этой аппаратуры на комплекс ВЭПП- 2000 в 2006г.
- Продолжена разработка аппаратуры для системы подавления неустойчивостей поперечного движения пучка в накопителе ВЭПП-4. В рамках этой работы закончена разработка широкополосных усилителей, работающих в линейном режиме. Усилители имеют полосу пропускания 50 МГц и выходную мощность до 400Вт при работе на согласованную нагрузку. Усилители предназначены для работы на кикеры, расположенные в полукольцах. Часть системы изготовлена и поставлена на ВЭПП-4, работы планируется продолжить в 2006г.
- Продолжено изготовление электроники пикап-станций и отдельных узлов систем измерения положения пучка для коллайдера ВЭПП-2000 и для накопителя - охладителя инжекционного комплекса. Системы основаны на специально разработанном 4-х канальном 12-разрядном АЦП, имеющем тактовую частоту измерений до 45 МГц. В 2005г. комплект аппаратуры был испытан на комплексе ВЭПП-4, доработан и подготовлен к последующим испытаниям и тиражированию.
- Напомним, что измерительная система, базирующаяся на похожей аппаратуре (28 пикап-станций), с применением этих же АЦП, в 2003г. введена в работу и успешно используется на микротроне-рекуператоре (ЛСЭ) и на комплексе в KAERI. Начато изготовление блоков системы для второй очереди ЛСЭ. Завершение работы примерно удвоит количество пикап-станций на микротроне-рекуператоре.
- Начата модернизация системы, измеряющей положение пучка (орбиту) в тракте линейного ускорителя Инжекционного комплекса. Система базируется на датчиках типа полосковой линии и ориентирована на частоту повторения измеряемых пучков от единиц Гц до 50Гц. Для позитронной части Линейного ускорителя с целью увеличения чувствительности проведена специальная разработка предусилителей и усилена экранировка отдельных узлов и каналов измерительной системы. Электроника

для 9 пикапов позитронного тракта полностью разработана и частично изготовлена. Из 28 КАМАК - блоков изготовлено 18. Остальные - в стадии монтажа.

- В 2004г. для линейного ускорителя инжекционного комплекса начата разработка нового блока блокировок и сигнализации, предназначенного для модернизированной системы контроля работы модулятора и для защиты клистрона 5045. Для этой же системы проводилась отладка программного обеспечения для нового блока быстрой защиты, реализованного на сигнальном процессоре. Оба устройства в 2005г. были испытаны на комплексе.

- Продолжена разработка прецизионных ЯМР магнитометров. В зависимости от комплектации электроники и от разновидности датчиков магнитометр охватывает диапазон полей от 0.02Т до 11Т. Относительная погрешность измерений не превышает $10^{-5} \Rightarrow 10^{-6}$ в зависимости от уровня поля и его однородности. Комплект такой аппаратуры (в стандарте VME) подготовлен для комплекса ВЭПП-2000. Здесь планируется измерение магнитных полей в каждом из 8 поворотных магнитов ВЭПП-2000 и в 13-м магните БЭП. Диапазон полей 0,3 - 2,4 Тесла. Подготовлен также магнитометр для детектора КМД-3. Уровень измеряемых полей порядка 1,5 Тесла. Разработано программное обеспечение для ОС LINUX.

В 2005г. в рамках контрактных работ была осуществлена поставка 10- канально-го ЯМР - магнитометра в Фермилаб (США) на установку электронного охлаждения антипротонов. Главная особенность этой системы - малый уровень полей - порядка 300Гс при высокой требуемой точности измерений. Достигнутая погрешность составила менее $(1 - 3) \cdot 10^{-6}$.

Заметим, что отдельные блоки из ЯМР систем, например синтезаторы частоты, применяются на комплексе ВЭПП-4 в прецизионных измерениях с поляризованными пучками.

- Напомним, что в рамках продолжающегося сотрудничества со SLAC и FNAL по измерениям медленных вертикальных и угловых перемещений элементов и узлов ускорителей в 2004г. закончена разработка гидростатического датчика вертикальных перемещений с двумя встроенными наклономерами. Наклонометры имеют угловое разрешение 10 микро радиан с динамическим диапазоном ± 17 миллирадиан. Наклонометры удалось разместить в одном объеме с измерителем вертикальных смещений при тех же габаритах датчика. Чувствительность датчиков составляет доли микрона при все еще хорошем отношении сигнал/шум. Небольшая партия таких датчиков была поставлена в Фермилаб в 2005г. На 2006г. заключено соглашение на поставку нескольких датчиков в SLAC.

- Также в рамках сотрудничества со SLAC успешно проведена разработка нового датчика перемещений, работающего с использованием ультразвукового способа измерений. Датчик успешно испытан на стендах ИЯФ и SLAC, получена точность калибровки перемещений около одного микрона. Намечена программа развития этих работ на 2006г.

- Продолжены разработки аппаратуры привода шаговых двигателей. Наиболее популярны в ИЯФ блоки типа ЭШД5, предназначенные для управления шаговым двигателем типа ШД-5Д1МУЗ. В настоящее время произведено и налажено 40 блоков ЭШД5 для модернизации станков с ЧПУ Экспериментального производства ИЯФ:

- 20шт. - для трёх станков КД-46.
- 8шт. - для двух искровых станков.
- 8шт. - для двух станков НЗЗ.
- 3шт. - проданы по контракту в ЗАО “Оптикон”, г.Новосибирск.

- В 2005 году был закончен один из этапов разработки Стартер - Генераторного Устройства (СГУ) для автомобиля ВАЗ. Макетный образец СГУ был установлен на автомобиль ВАЗ-21102 конвейерной сборки. Насколько нам известно, это первый эксперимент по постановке в автомобиль СГУ российской разработки. При испытаниях были реализованы основные функции СГУ:

- Быстрый запуск двигателя;
- Генераторный режим;
- Режим “старт-стоп”.

В течение 2005 года проводились дорожные и климатические испытания ходового макета. При испытаниях были изучены наиболее важные характеристики комбинации ДВС-СГУ в различных условиях, получен ряд интересных экспериментальных результатов, поняты и намечены пути усовершенствования узлов электроники, управляющих алгоритмов и программного обеспечения. Ходовой макет показал хорошую работоспособность СГУ. Были реализованы все основные его функции. К сожалению, не получено ожидавшейся экономии топлива, но выявлены и поняты этому причины. В 2006 году планируется провести усовершенствование опытного образца СГУ.

- Поддерживаются в исправном состоянии несколько тысяч КАМАК-модулей различных типов, которые эксплуатируются на установках Института, в различных организациях России, а также за рубежом.

7.3 Разработки для Экспериментального Производства ИЯФ

Как и в предыдущие годы, была продолжена помощь Экспериментальному Производству института в автоматизации выполнения отдельных технологических операций, в автоматизации контроля параметров выпускаемых изделий, в разработке или в совершенствовании технологий.

- Два экземпляра разработанной в 2004г. “паяльной машины”, в которой нагрев медной шины осуществляется переменным электрическим током величиной в несколько килоампер, а в качестве нагревательных элементов используются графитовые электроды, успешно работают в 8-м корпусе ЭП. Третья машина готова, испытана и ждет своей очереди.

- Как и в предыдущие годы, поддерживается в работоспособном состоянии созданная ранее система, предназначенная для термодиффузионной сварки медных фольг с площадью сварки до 100x100 мм².

- В экспериментальном производстве Института поддерживаются в работоспособном состоянии ранее созданные автоматизированные системы управления двенадцатью технологическими установками для термической обработки элементов физических установок (6 установок - в 8-м корпусе; 4 - в ЭП-1; 2 установки - в 13 здании). Начата разработка аппаратуры для нескольких новых печей, планируемых к пуску в ЭП в 2006г.

- Разработан, испытан и успешно внедрен в эксплуатацию быстродействующий лазерный модулятор для барабанного фотопостроителя.

- Совместно участком печатных плат ЭП-2 и технологическим участком Радиофизической лаборатории отработана технология нанесения методом шелкографии надписей на печатные платы. Эта технология включена в производственный цикл.

7.4 Исследования, связанные с моделированием и решением электростатических и электродинамических задач

Наиболее важные работы, выполненные в 2005 году:

1. Продолжены работы по дальнейшему развитию программ для расчета электростатических и магнитостатических полей, электронных и ионных пушек. В том числе:

- В комплексе программ ESAM реализована возможность самосогласованного расчета эмиссии с катода и динамики пучка в электрическом ВЧ поле в квазистационарном приближении. Это позволяет рассчитывать параметры электронных сгустков, формируемых катодно-сеточными узлами, помещенными в ВЧ резонаторы или ускоряющие структуры, при приложении кроме постоянного напряжения смещения дополнительного ВЧ напряжения на зазор сетка-катод.

- Продолжено развитие на Windows основе комплекса программ MAG3D для трехмерных расчетов магнитов с учетом эффекта насыщения сердечника.

2. Проведены работы по численным расчетам, моделированию и проектированию электронных пушек, электронных и ионных пучков, а также магнитных систем. В том числе:

- В рамках контракта со Снежинском была рассчитана динамика интенсивного электронного пучка в Линейном Индукционном Ускорителе, найдены параметры магнитных линз системы сопровождения и фокусировки пучка, обнаружено влияние магнитного поля на катоде инжектора на размер пучка в кроссовере.

- В рамках контракта МНТЦ с помощью программы MAG3D была разработана магнитная система непрерывной круговой развертки на мишени протонного пучка с энергией 2.5 МэВ для проектируемой установки бор-нейтрон-захватной терапии.

- Продолжалась разработка проекта нового многозазорного ВЧ- ускорителя ИЛУ-12 с энергией электронов 5 МэВ и средней мощностью в пучке 300 кВт. Рассчитана реальная форма микроимпульса тока, инжектируемого из катодно-сеточного узла, помещенного в первый зазор ускорителя.

- В рамках работ по ЛСЭ показана возможность использования катодно- сеточного узла лампы ГС-34 для внутренней инжекции в ВЧ резонатор - инжектор для ЛСЭ. Рассчитана реальная форма микроимпульса тока и эмиттанс пучка, инжектируемого из катодно-сеточного узла.

- В рамках сотрудничества с Фермилаб (США) проведены расчеты динамики электронного пучка с энергией 4.3 МэВ и током до 0.5А от катода до выхода из ускорительной трубки Pelletron, предназначенного для охлаждения 8.9 ГэВ антипротонов в кольце Recycler комплекса Тэватрон. Расчеты позволили объяснить неоднозначную зависимость измеренных профилей плотности тока в пучке на выходе из трубки от тока выходной линзы и подобрать оптимальный режим работы электронно - оптического тракта ускорительной трубки.

7.5 Линейный ускоритель-инжектор технологического накопительного комплекса

Линейный ускоритель-инжектор разработан и изготовлен в ИЯФ для технологического накопительного комплекса (ТНК) НИИФП им. Ф.В. Лукина г. Зеленоград. Комплекс включает в себя два накопителя электронов: малый накопитель на энергию 450 МэВ и накопитель на энергию 2.0 ГэВ. Инжектором электронов служит линейный ускоритель на частоту 2.8 ГГц (рис.1). В состав инжектора входят: ускоряющая структура с шайбами и диафрагмами, импульсный 20 Мвт источник ВЧ мощности, волноводный тракт и электроннооптический канал ЭОК-1.

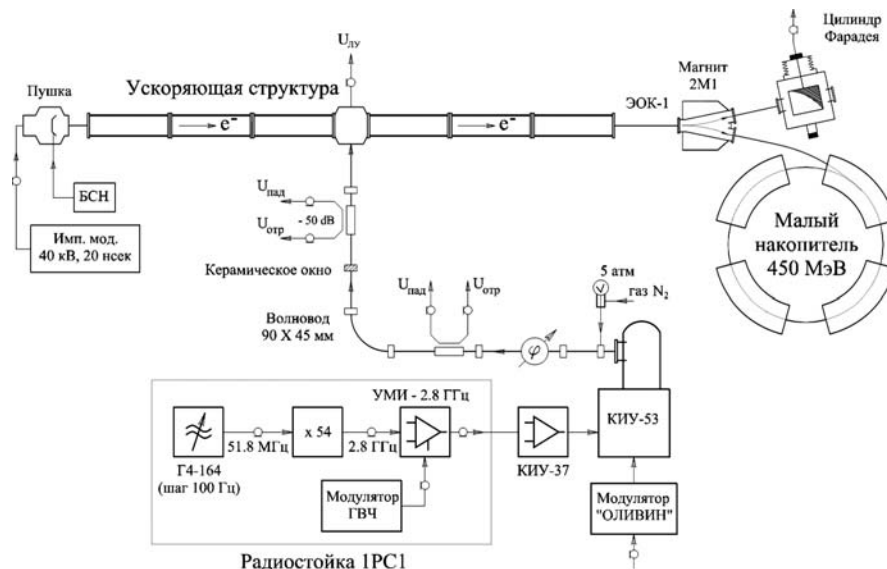


Рис. 1: Схема линейного ускорителя.

ЛУ работает на стоячей волне в импульсном режиме. Ускоряющая структура составлена из 6 регулярных метровых секций с вводом мощности посередине. Возбуждение структуры производится от клистронной станции “Оливин” по волноводу сечением 90x45 мм². Линейный ускоритель работает на накопленной энергии. Пучок электронов (4А / 40 кВ / ~20 нс) из диодной пушки поступает в ускоряющую структуру без предварительной группировки. В процессе ускорения он разбивается на сгустки, следующие с частотой 2.8 ГГц. По электронно-оптическому каналу из ЛУ электронный пучок транспортируется на вход бустера - малого накопителя.

В ноябре - декабре 2005 года на комплексе ТНК был произведён запуск линейного ускорителя с целью инжекции электронного пучка в малый накопитель. Для обеспечения запуска линейного ускорителя была собрана и восстановлена ВЧ система возбуждения клистронной станции <Оливин> в соответствии со схемой показанной на рис.1 и произведена тренировка ВЧ структуры, волноводного тракта и пушки инжектора. На рис. 2, 3 показаны осциллограммы напряжения в ускоряющей структуре и форма напряжения падающей и отраженной волны в волноводе в процессе тренировки. На выходе ЛУ достигнута энергия электронов ~ 60 МэВ и ток 50 мА в энергетическом интервале ~1%. На графике (рис. 4) показана экспериментальная зависимость тока ускоренного пучка прошедшего на цилиндр Фарадея, при изменении поля в отклоняющем магните 2М1.

В декабре 2005 г. осуществлен захват выпущенного из ЛУ пучка в малый накопитель.

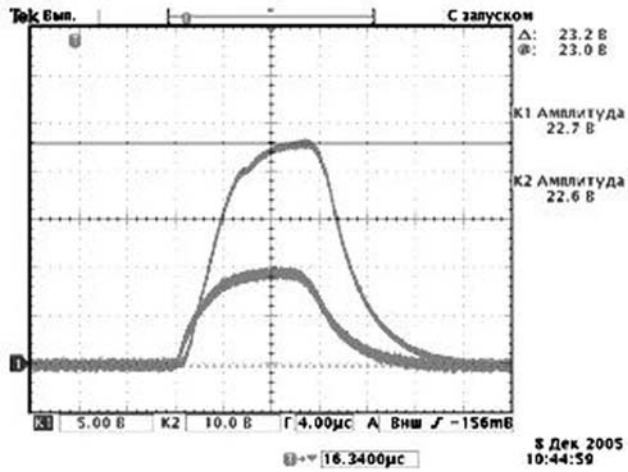


Рис. 2: Верхний луч - Улу (напряжние в ускоряющей структуре). Нижний луч - Упад (сигнал ослаблен аттенуатором 10 dB). Уанодное на КИУ-53 \approx 195 кВ.

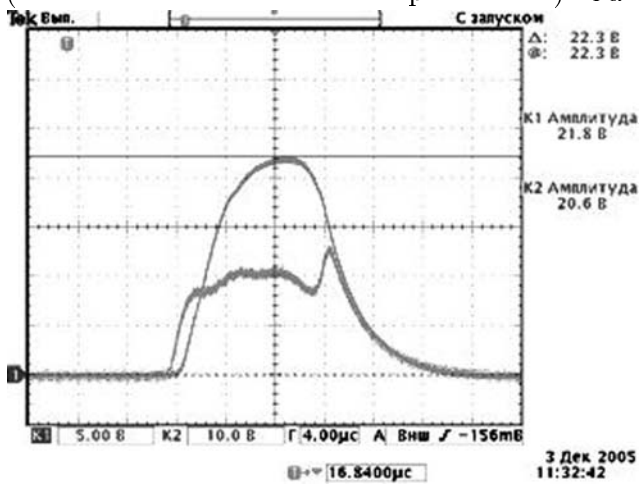


Рис. 3: Верхний луч - Улу (напряжние в ускоряющей структуре). Нижний луч - Уотр (без ослабления). Уанодное на КИУ-53 \approx 195 кВ

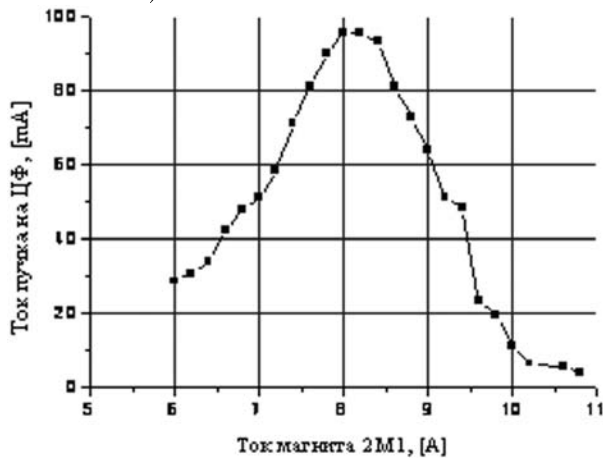


Рис. 4: Зависимость тока пучка на цилиндре Фарадея (ЦФ), при изменении тока в соленоиде отклоняющего магнита 2M1.

7.6 Резонатор 700 МГц для источника рентгеновского излучения "НЕСТОР"

По контракту № RU/03533872/E-04026 с Национальным научным центром "Харьковский физико-технический институт" разработан высокочастотный резонатор для источника рентгеновского излучения <НЕСТОР>. Энергия электронов в накопителе 180 мА. Схематический чертёж приведен на лице 1.

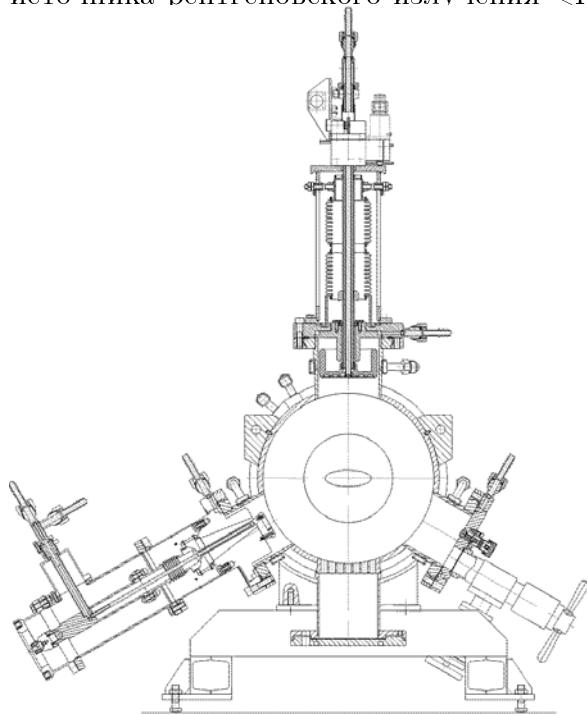


Таблица 1: Параметры резонатора.

Рабочая частота, МГц	699.3
Диапазон перестройки частоты, %	0.1
Шунтовое сопротивление, Мом	>2.0
Ускоряющее напряжение, кВ	> 200
Мощность, рассеиваемая в резонаторе, кВт	15

В настоящее время в опытном производстве Института ведется изготовление резонатора.

Рис. 1: Схематический чертёж резонатора.

7.7 Ускоряющие структуры для проекта SPL, CERN

В 2005г. совместно с РФНЦ-ВНИИТФ в рамках проекта МНТЦ 2875 продолжались работы по разработке технологической основы серийного изготовления структур CCDTL (рабочая частота 352МГц, диапазон энергий ускоряемых ионов Н- 40-90 МэВ) и структур SCL (рабочая частота 704МГц, диапазон энергий ускоряемых ионов Н- 90-160 МэВ) для проекта SPL. Цель работ - продемонстрировать на прототипах способность серийного изготовления в ИЯФ+ВНИИТФ таких структур. Для этого изготавливаются рабочий прототип CCDTL, состоящий из 2-х танков, и элемент периодичности структуры SCL. Корпуса CCDTL изготавливаются в ВНИИТФ, трубки дрейфа - в ИЯФ. Окончательная сборка выполняется в ИЯФ. В настоящее время изготовлены корпуса, алюминиевые макеты и медные части трубок дрейфа. После вч-измерений с алюминиевыми макетами, медные трубки дрейфа будут обработаны в размер и установлены в танки CCDTL. Испытания на полном напряжении будут проходить на стенде в CERN. Прототип SCL находится в ЭП ИЯФ. Работы планируются завершить в середине 2006 г., а в конце года ожидается принятие решения о финансировании проекта SPL в CERN.

7.8 Создание промышленного линейного ускорителя 5МэВ, 300кВт

В ИЯФ СО РАН осуществляется разработка и создание мощного линейного ускорителя (ИЛУ-12) для промышленных применений (грант ISTC Project N 2550). Целью проекта является разработка прототипа высокоэффективного, достаточно простого и надёжного электронного ускорителя с энергией 5 МэВ и средней мощностью в пучке 300 кВт, который мог бы работать в промышленных условиях. Отличительной особенностью проекта является необходимость решения проблемы получения мощного электронного пучка, обладающего узким энергетическим спектром, что необходимо для эффективного преобразования его кинетической энергии в γ -кванты. В 2005 выполнены следующие работы.

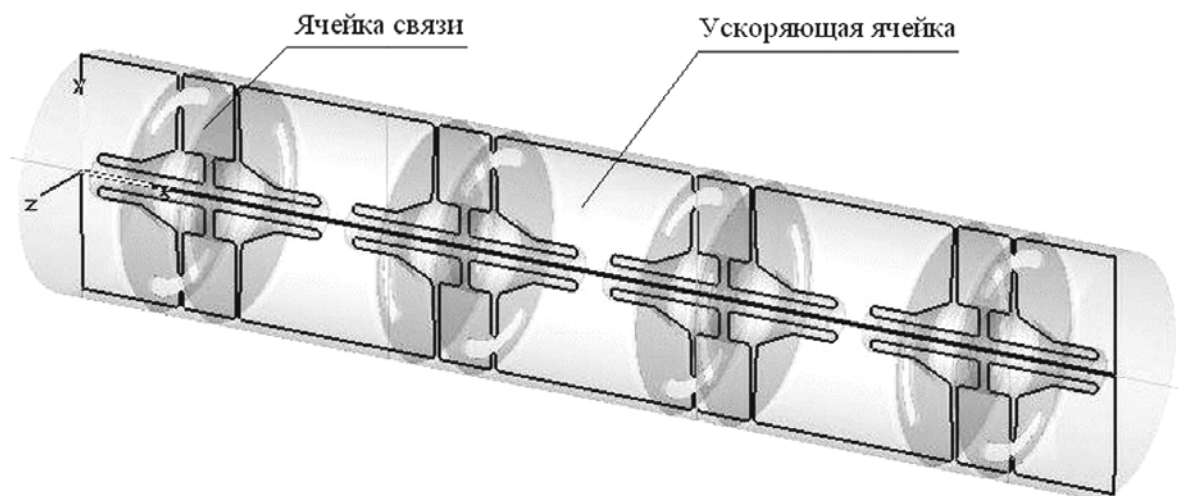


Рис. 1: Общий вид ускоряющей структуры.

1. Проведено численное (3D) моделирование ускоряющей структуры. Общий вид структуры приведен на рис.1. Определены величины квадрупольных добавок полей, вызванных наличием отверстий связи. Сделаны оценки влияния этих полей на поперечную динамику пучка.

2 . Изготовлена модель (5 ячеек в масштабе 1:5) и определены ее основные параметры: частоты связи, коэффициент связи, распределение полей и т.д.

3. Окончательные размеры ускоряющей структуры определены с учетом результатов измерений на модели структуры и расчетов.

4. Проведено численное моделирование поперечной и продольной динамики пучка от катода ВЧ пушки до выхода из ускорителя. Получены профили пучка в различных сечениях тракта ускорителя (рис.2).

5. Продолжаются работы по созданию ВЧ генератора, импульсной мощностью 3 МВт, для питания ускоряющей структуры.

6. Продолжаются работы по изготовлению и настройке ВЧ измерительных элементов.

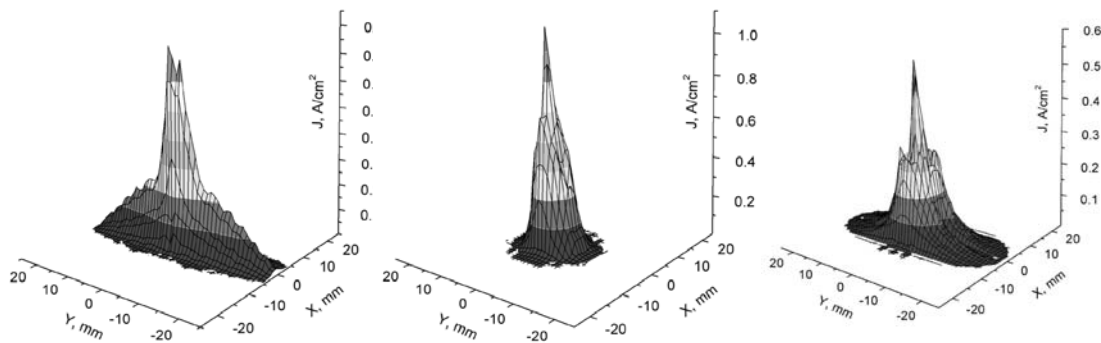


Рис. 2: Расчетные профили пучка на разных этапах ускорения.

В работе принимали участие сотрудники

лаб.6-2, лаб.6-0, лаб.14, НКО: В.Л. Ауслендер, И.В. Горнаков, И.Г. Макаров, Г.Н. Острейко, А.Д. Панфилов, Г.В. Сердобинцев, В.В. Тарнецкий, М.А. Тиунов, В.Г. Ческидов, К.Н. Чернов.

Публикации : [396], [395], [323], [324].

7.9 ВЧ системы накопителя-охлаждителя

В 2005 году после доработки отдельных узлов была собрана и испытана в окончательном виде ВЧ система накопителя-охлаждителя инжекционного комплекса ВЭПП-5. Параметры ВЧ системы определяются требованиями получения коротких и интенсивных сгустков в накопителе-охлаждителе на энергии 510 МэВ. Это достигается выбором большой амплитуды ускоряющего напряжения и высокой кратности ВЧ-700 МГц, соответствующей 64 гармонике частоты обращения частиц. Блок-схема ВЧ системы показана на рис. 1. ВЧ система состоит из ВЧ генератора, циркулятора, волноводного тракта, ВЧ резонатора и системы управления.

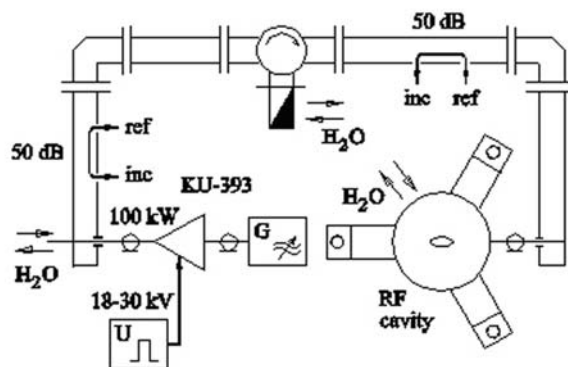


Рис. 1: Блок-схема ВЧ системы.

ВЧ генератор и волноводный тракт

Источником ВЧ мощности является 100 кВт клистрон КУ-393. Параметры клистронного генератора приведены в таблице 1.

Таблица 7.1: Параметры ВЧ резонатора:

Частота, МГц	700
Напряжение, кВ	27
Ток пучка, А	5.4
Выходная мощность, кВт	65
КПД, %	45
Усиление, дБ	46

Таблица 7.2: Параметры циркулятора:

Проходящая мощность, кВт	100
Мощность потерь, дБ	0.3
Обратное ослабление, дБ	>20
КСВН на входе,	<1.6
Рассеиваемая мощность, кВт	<15

Клистрон питается от 200 кВт шестифазного выпрямителя. Напряжение управляется тиристорами. В катодную цепь включен резистор для предотвращения повреждений клистрона при пробоях. Соленоид клистрона состоит из пяти катушек, каждая из которых запитывается от отдельного источника.

ВЧ мощность передается через алюминиевый прямоугольный волновод (292,1 x 146,05 мм). Ослабление волновода - 0,0035 дБ/м. Клистрон и резонатор подсоединены к волноводу через коаксиально-волноводные переходы. На рабочей частоте КСВН этих переходов меньше 1,05. Проходящая мощность измеряется с помощью направленных ответвителей. Для развязки клистрона от резонатора в волноводном тракте установлен Y-циркулятор. Его параметры даны в таблице 2. В начале клистронный генератор через волноводный тракт подключался к согласованной водоохлаждаемой нагрузке. В непрерывном режиме получена максимальная мощность 65 кВт.

ВЧ резонатор

Цилиндрический медный резонатор с небольшими выступами в районе апертуры изготовлен методом пайки дисков к обечайке. В настоящее время резонатор установлен в кольцо накопителя-охлаждителя (Рис.2).

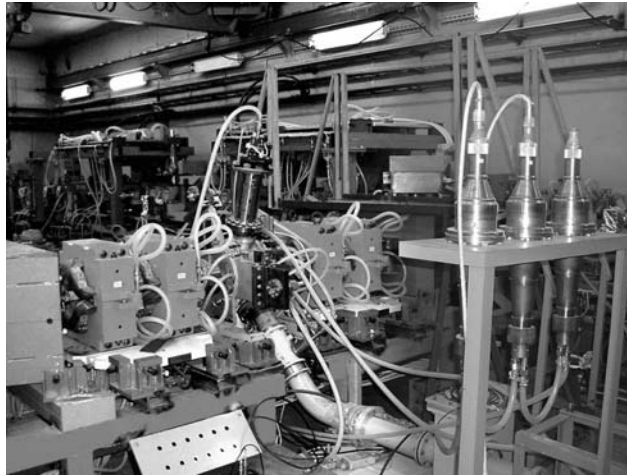


Рис. 2: Резонатор в кольце накопителя - охладителя ВЭПП-5.

ВЧ мощность поступает в резонатор по 75-омному коаксиальному фидеру. Ввод мощности - индуктивный. Цилиндрическое окно из керамики 22ХС отделяет вакуумный объем резонатора от атмосферы. Перестройка частоты осуществляется безконтактным плунжером. Стенки резонатора и плунжер охлаждаются водой. Части ввода мощности и плунжера, смотрящие в вакуум, покрыты нитридом титана для предотвращения ВЧ разряда.

Чтобы обеспечить фазовую устойчивость коротких сгустков в накопителе, высшие моды (ВМ) резонатора были сильно подгружены. Связь с ВМ осуществляет-

Таблица 7.3: Параметры резонатора.

Рабочая частота, МГц	700
Шунтовое сопротивление, МОм	4
Добротность	20000
Пролётный фактор	0.748
Ускоряющее напряжение, кВ	200
Перестройка частоты, МГц	1.6

ся через три равномерно распределенных по азимуту волновода с частотой отсечки 908 МГц. По эти волноводам энергия ВМ через вакуумные коаксиально-волноводные переходы поступает во внешние нагрузки. В диапазоне 0,95 - 2,2 ГГц переходы имеют $K_{СВН} < 2$, а измеренная добротность большинства ВМ не превышает 100. Добротность рабочей моды E_{010} при подключении нагрузок уменьшилась на 7,5%. Основные параметры резонатора приведены в таблице 3.

Система управления и контроля

Задающий генератор системы управления генерирует опорные сигналы и сигнал возбуждения усилителя мощности. Имеется цепь обратной связи, управляющая амплитудой ВЧ напряжения на зазоре резонатора. ВЧ сигнал от измерительной петли резонатора поступает на вход амплитудного детектора модулятора. Выход детектора подключен к одному из входов дифференциального усилителя, расположенного в модуляторе. На другой вход усилителя приходит опорное напряжение от ЦАП, задаваемого от ЭВМ. Выход дифференциального усилителя управляет выходной мощностью возбуждения клистрона.

Другая цепь обратной связи контролирует привязку фазы ускоряющего напряжения к опорному напряжению. Фазометр измеряет разность фаз между сигналом с измерительной петлей резонатора и опорным ВЧ сигналом. Выход фазометра управляет электронным фазовращателем в тракте усиления мощности. Постоянная времени двух вышеописанных цепей обратной связи ~ 300 мксек. Индексы паразитных амплитудной и фазовой модуляций ВЧ напряжения на резонаторе не более $2 \cdot 10^{-3}$.

Частота основной моды резонатора должна непрерывно подстраиваться для компенсации ее уходов, связанных в основном с изменением температуры резонатора. Фазометр измеряет разность фаз между сигналом с измерительной петли резонатора и сигналом, пропорциональным току в петле ввода мощности резонатора. Выход фазометра управляет механизмом подстройки основной моды через сервоусилитель. Постоянная времени цепи подстройки ~ 200 мсек, точность подстройки не хуже 5° .

При возникновении аварийных ситуаций блок блокировок выключает модулятор, при этом снимается ВЧ возбуждение с клистрона.

Управление и контроль режима работы ВЧ системы осуществляется от ЭВМ по шине CANBUS.

Результаты испытания ВЧ системы

В резонатор был установлен новый ввод мощности с увеличенным размером петли. Это позволило обеспечить согласование резонатора с фидером без промежуточного трансформатора. Резонатор был установлен в кольцо накопителя-охлаждителя и отсечен от его камеры двумя вакуумными шиберами. В резонаторе был получен вакуум $2 \cdot 10^{-9}$ Торр, поэтому решили проводить ВЧ испытания без предварительного

прогрева резонатора.

При подаче мощности на резонатор в диапазоне напряжений на зазоре 30-100 кВ ухудшался вакуум и наблюдались характерные для мультипакторного разряда осцилляции напряжения. После 5 часовой тренировки в импульсном режиме был включен непрерывный режим и зона мультипактора легко проходила при быстром подъеме напряжения.

В непрерывном режиме получено максимальное напряжение на зазоре 300 кВ, при этом мощность рассеиваемая в резонаторе 11,5 кВт, вакуум - 10^{-8} Торр. При настройке в резонанс отраженная волна мала ($K_{CBH} = 1,19$). Напряжение на резонаторе рассчитывается по измеренной мощности падающей волны и параметрам резонатора. Максимальная температура 60°C наблюдалась на обечайке резонатора около фланца подстройки частоты при температуре охлаждающей воды 25°C . Температурный уход частоты резонатора при этом 150 кГц. Клистронный генератор работал при анодном напряжении 20 кВ, коэффициент усиления - 46 дБ.

Была проведена 55 часовая тренировка зоны мультипактора в непрерывном режиме, во время которой напряжение на резонаторе плавно сканировалось в диапазоне 30-120 кВ со скоростью 1 кВ/с и записывались величины падающей, отраженной волн и ток магниторазрядного насоса. Максимальная подгрузка резонатора мультипакторным разрядом наблюдалась при 50-60 кВ. В этой области напряжений после тренировки отраженная волна уменьшилась (K_{CBH} понизился с 6,5 до 5,5), а вакуум, рассчитанный по току насоса, улучшился с $1,5 \cdot 10^{-7}$ Торр до $8 \cdot 10^{-8}$ Торр.

При рабочем напряжении на зазоре резонатора 200 кВ отраженная волна мала ($K_{CB} = 1,15$), ток насоса $2 \cdot 10^{-5}$ А. Это соответствует вакууму $2 \cdot 10^{-8}$ Торр. При таком напряжении ВЧ система проработала суммарно 40 часов. После инъекции электронов из линейного ускорителя будет начата работа ВЧ системы с пучком в накопителе-охладителе ВЭПП-5.

Работа отражена в : [327]

7.10 ВЧ система технологического накопителя ТНК-1

В 2005 году сотрудниками лаб. 6-2 в г. Зеленограде был проведен монтаж, наладка и горячие испытания ВЧ системы технологического накопителя электронов ТНК-1. В декабре на этом накопителе был впервые захвачен в синхротронный режим электронный ток. Инжектором электронов для этого накопителя является линейный ускоритель на 60 МэВ. Накопитель ТНК-1 с максимальной энергией 450 МэВ будет использоваться в качестве инжектора в больший накопитель ТНК-2 и как самостоятельный источник синхротронного излучения.

Особенности работы накопителя учтены при выборе параметров его ВЧ системы, которые приведены в таблице 1.

Частота ВЧ системы 34,52 МГц соответствует первой гармонике частоты обращения накопителя ТНК-1. Величина максимального ускоряющего напряжения выбрана из условия получения на энергии 450 МэВ выпускаемого сгустка длиной менее 60 см.

ВЧ система включает в себя ускоряющий резонатор, генератор ВЧ мощности с фидерным трактом и систему управления.

Таблица 7.1: Параметры ВЧ накопителя ТНК-1:

Рабочая частота , МГц	700
Кратность частоты	1
Перестройка частоты, кГц	± 325
Ускоряющее напряжение, кВ	1÷15
Добротность резонатора %	6280
Шунтовое сопротивление, кОм	103
Мощность ВЧ генератора, кВт	5

Ускоряющий резонатор

Ускоряющий резонатор (Рис. 1) - медный, не вакуумный, состоит из двух половинок, охватывающих вакуумную камеру накопителя. Резонатор - коаксиальная линия, укороченная емкостью между диском (6) и стенкой резонатора (5). В области ускоряющего зазора вакуумная камера имеет вставку (4) из керамики 22ХС, которая прогревается до 300°С вместе с камерой. Электроды вставки соединяются со стенками резонатора посредством гибких развязок (3). Предельное ускоряющее напряжение 15 кВ определяется электрической прочностью емкостного зазора - 4см и высотой керамического изолятора - 5 см. Внутренняя часть коаксиальной линии и стенка (8) резонатора охлаждаются водой.

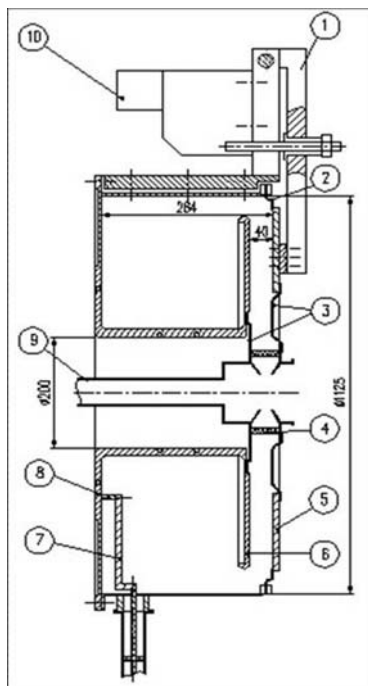


Рис. 1: Схематический чертёж резонатора.

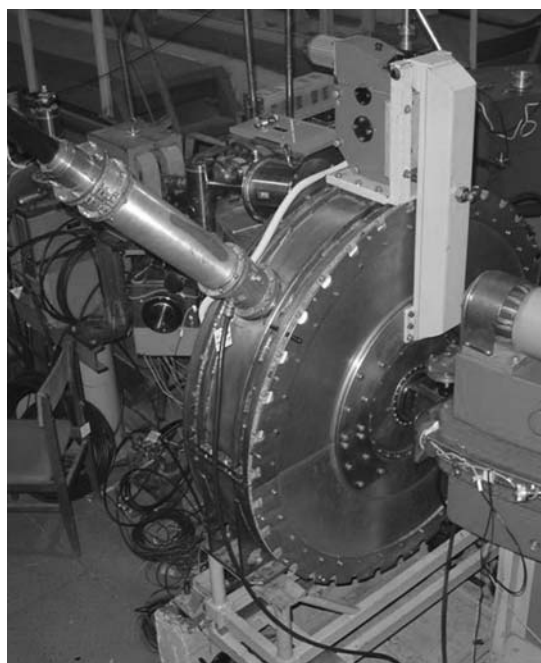


Рис. 2: Резонатор в накопителе ТНК-1.

Подстройка частоты осуществляется изменением величины емкостного зазора путем перемещения боковой стенки резонатора (5). Эта стенка соединена с обечайкой гибкими пластинками (2), равномерно распределенными по диаметру. Усилие от шагового двигателя типа ШД-5Д1МУ3 (10) через редуктор передается на стенку через рычаг (1). Эта подстройка резонатора должна компенсировать уход резонансной частоты за счет тепловых уходов, расстройку вызываемую пучком и изменение частоты

при начальной наладке накопителя. Для связи с фидером используется петлевой ввод (7). Связь резонатора с фидером выбрана больше оптимальной, чтобы при подгрузке резонатора накопленным пучком отраженная волна в фидере уменьшалась.

Резонатор был установлен в накопитель (Рис.2). При подаче на резонатор ВЧ мощности от генератора получены следующие результаты. При малом напряжении на резонаторе около 1,5 кВ наблюдалось небольшое ухудшение вакуума в камере накопителя из-за появления мультипакторного разряда в изоляторном узле. После ВЧ тренировки в течении 0,5 часа нормальный вакуум восстановился. При настройке в резонанс и дальнейшем подъеме напряжения на резонаторе измеряемый с помощью направленного ответвителя КСВН менялся слабо от 2,15÷2,25. При максимальном напряжении 15 кВ в резонаторе рассеивалась мощность 1,1 кВт и снаружи резонатора до наибольшей температуры 50°С оказалось нагретым компенсирующее кольцо на изоляторном узле. Согласно расчетам при 15 кВ в изоляторном узле выделяется 80 Вт и середина этого узла перегрета относительно наружного кольца еще на 11°С.

ВЧ генератор

Генератор с выходной мощностью 5 кВт на частоте 34,52 МГц выполнен в виде одной стойки, включающей в себя системы питания, воздушного охлаждения, управления и два ламповых каскада усиления высокочастотной мощности. Мощность на входе генератора 5 Вт на частоте 17,26 МГц. Первый каскад усиления высокоча-

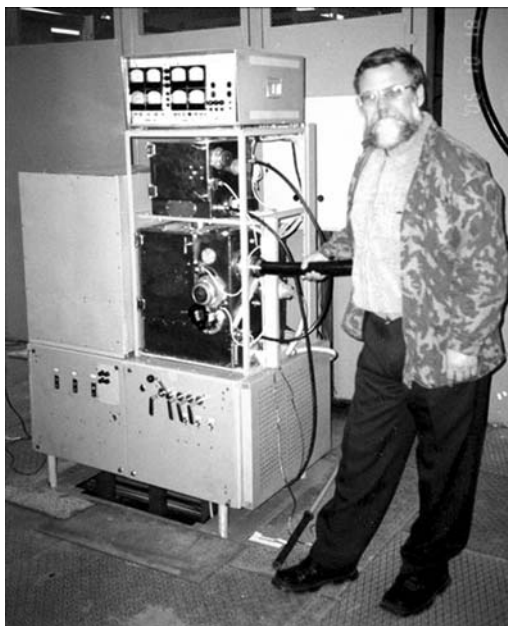


Рис. 3: ВЧ генератор.

стотной мощности представляет собой удвоитель частоты, выполненный по схеме с общим катодом на тетраде ГУ-34Б-1. Второй каскад - усилитель мощности, выполненный по схеме с общим катодом на тетраде ГУ-36Б-1. Оба тетрода охлаждаются воздухом от встроенного в генератор вентилятора.

Узлы настройки собственной частоты анодных контуров, узлы регулировки межкаскадной связи и связи с нагрузкой выполнены бесконтактными на переменных вакуумных конденсаторах. Такая конструкция обеспечивает надежность работы этих узлов и исключает искрение при регулировке. Перестройка собственной частоты анодного контура выходного каскада может осуществляться дистанционно с пульта

управления накопителем. Эта операция обычно необходима для коррекции частотной характеристики ускоряющей системы с целью получения устойчивого фазового движения сгустков электронов.

Электропитание генератора осуществляется от трехфазной сети 380 В, 50 Гц. Потребляемая от сети мощность не более 15 кВт.

Связь генератора с ускоряющим резонатором осуществляется кабелем РК50-44-17. До установки генератора на накопитель ТНК-1, он был испытан как на резистивную нагрузку 50 Ом, так и в разгруженном режиме. В обоих случаях генератор устойчиво работал при всех положениях его узлов настроек. На нагрузке получена мощность 6 кВт.

Система управления

Система управления (рис.4) регулирует мощность ВЧ генератора с помощью цепей обратной связи : по напряжению на резонаторе, по току петли ввода мощности и по мощности. Для этого на амплитудные детекторы модулятора поступают сигналы с датчиков напряжения на резонаторе и тока возбуждения резонатора. Выходные напряжение детекторов сравниваются с соответствующими опорными постоянными напряжениями, усиленные разностные сигналы управляют выходной мощностью регулируемого усилителя РУ. Регулировка производится так, чтобы значения этих параметров не превосходили заданных. Система управления осуществляет автомати-

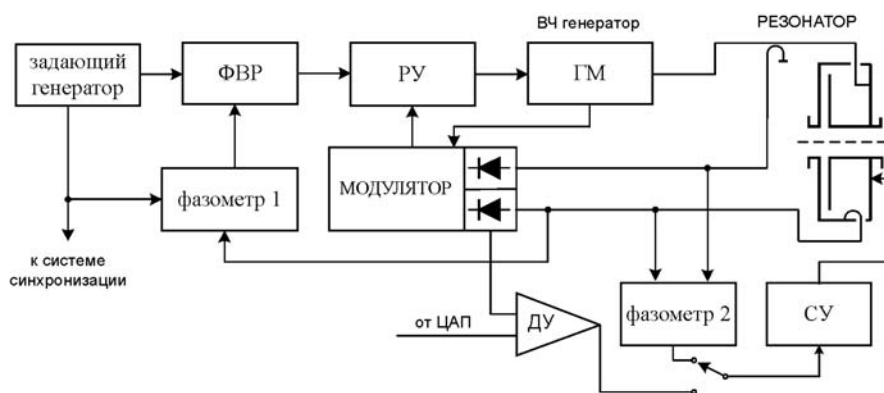


Рис. 4: Блок - схема системы управления.

ческую подстройку частоты резонатора по разности фаз между током возбуждения и напряжением на резонаторе или по отношению напряжения на резонаторе к току возбуждения. Первая система используется при небольших расстройках резонатора (порядка полосы пропускания), вторая при больших (порядка пятнадцати полос). Для первой системы сигналы с датчиков тока возбуждения и напряжения резонатора поступают на фазометр 2. Если разность фаз сигналов отличается от заданной величины, то выходной сигнал с фазометра через сервоусилитель СУ управляет двигателем, перестраивающим резонатор.

Система автоподстройки для больших расстроек использует сигнал с датчика напряжения резонатора и сигнал с ЦАП, сигнал которого находится в определенном соотношении с опорным сигналом для АРУ по току возбуждения резонатора. Усиленная дифференциальным усилителем ДУ разность этих сигналов управляет сервоусилителем. Режим работы модулятора выбран так, что стабилизируется ток возбуждения резонатора. Напряжение на резонаторе при этом достигается соответствующей расстройкой резонатора. Уменьшая напряжение от ЦАП, уменьшают напряжение на резонаторе и увеличивают расстройку резонатора.

Система управления имеет цепь привязки фазы напряжения резонатора к опорному ВЧ сигналу, который используется также в системе синхронизации инъекции. В эту цепь входит фазометр 1, на входы которого поступает сигнал с датчика напряжения резонатора и опорный ВЧ сигнал. Выходное напряжение с выхода фазометра управляет электронным фазовращателем ФВР, стоящем в тракте возбуждения генератора мощности.

Регулирование ВЧ напряжения на резонаторе и его расстройка, управление синхронизацией инъекции может производиться автоматически по программе от ЭВМ.

В работе принимали участие:

Э.И. Горникер, С.А. Крутихин, И.В. Купцов, Г.Я. Куркин, В.М. Петров, А.М. Пилан, И.К. Седляров.

7.11 Высокочастотная пушка для инжектора микротрона-рекуператора

В 2005 году в лаборатории 6-2 начались работы над созданием высокочастотной (ВЧ) пушки. Статическая 300 кВ электронная пушка микротрона-рекуператора будет заменена ВЧ пушкой, работающей на $f = 90$ МГц.

Прежде всего, появляется возможность продления времени работы термокатода до его замены, из-за лучших вакуумных условий в резонаторе. Хороший вакуум обеспечивается прогревом резонатора. Кроме того, ионы, образующиеся в результате ионизации остаточного газа электронным пучком, при попадании на катод имеют существенно меньшую энергию. В высокочастотном поле резонатора их энергии обратно пропорциональны массам ионов. У протонов она меньше 1 кэВ (в статическом поле - до 300 кэВ независимо от массы ионов).

Хотя электронный пучок в ВЧ инжекторе имеет такие же основные характеристики (эмиттанс, длительность, энергия), что и в статической пушке, все же имеется два существенных отличия. Во первых темновой ток в ВЧ инжекторе имеет существенно меньшую величину не только из-за того, что он становится импульсным, и существует только в положительных полупериодах ВЧ напряжения. Но главным образом из-за того, что согласно динамике, частицы этого тока не фокусируются в том же месте, где фокусируется пучок. Поэтому расположенный в этом месте коллиматор отсекает значительную часть частиц темнового тока.

Второе отличие заключается в том, что электронные сгустки ВЧ инжектора лучше приспособлены для дальнейшего их укорачивания существующим на микротроне способом - группировкой частиц сгустков на дрейфовом промежутке. Для такой группировки частицам в сгустках должно придаваться специальное распределение энергий вдоль сгустков, близкое к линейному. Нелинейное распределение энергий сгустки получают при прохождении их через группирующий резонатор 180 МГц. Сгустки из ВЧ инжектора уже имеют нелинейность энергетического распределения, определяемую частотой 90 МГц (это частота резонатора ВЧ пушки). Возможен режим, в котором такие нелинейности могут компенсировать друг друга, и результирующее распределение оказывается более линейным. Расчёты показывают, что длина сгустка сокращается при этом на 30%.

Немаловажным фактором при работе с инжектором, является отсутствие высоковольтного напряжения в электрических цепях инжектора. Вся электроника нахо-

дится под нулевым потенциалом, что упрощает настройку и обслуживание катодного узла ВЧ пушки. Модулятор может быть заменяемым узлом, который просто вставляется в свое гнездо и в коаксиальный разъем катодного узла.

ВЧ инжектор позволит получать сгустки с частотой 90 МГц и, таким образом, поднять средний ток пучка до 100 мА. В таблице 1 приведены основные характеристики электронного пучка ВЧ инжектора.

Таблица 7.1: Основные характеристики ВЧ инжектора.

энергия электронов ВЧ пушки	295 кэВ
длительность сгустков ВЧ пушки	1 нсек
максимальный средний ток	100 мА
максимальная частота повторения сгустков	90 МГц
длительность сгустков на входе в микротрон (rms)	25.5 псек
энергия электронов инжектора	1.5 МэВ
энергетический разброс частиц в сгустках	(rms) 17 кэВ
поперечный нормализованный эмиттанс сгустков	27 мм мрад

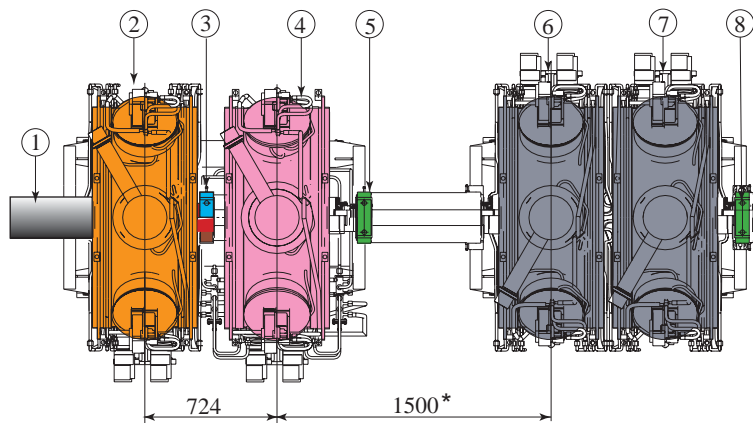


Рис. 1: Проект ВЧ инжектора с ВЧ пушкой. 1 – модулятор сеточно-катодного узла; 2 – резонатор 90 МГц ВЧ пушки; 3 – фокусирующая линза и коллиматор (нижняя половина показана в разрезе); 4 – группирующий резонатор (существующий, дрейфовый промежуток между этим резонатором и ускоряющими резонаторами уменьшен до 1500 мм); 5, 8 – существующие магнитные линзы; 6, 7 – существующие ускоряющие резонаторы;

На рисунке 1 показан проект нового ВЧ инжектора, для микротрона-рекуператора. Резонатор ВЧ пушки и группирующий резонатор располагаются на одной подставке. Расстояние между группирующим резонатором и первым ускоряющим резонатором необходимо сократить до 1500 мм. Для этого придется вырезать часть мешающей балки на антресолях, расположенных над резонаторами. На рисунке 2 показан схематический вид ВЧ пушки в сечении. В таблице 2 приведены расчётные характеристики ВЧ инжектора. В настоящий момент ведутся конструкторские работы по проектированию доработок резонатора ВЧ пушки и ввода ВЧ мощности. Заказана безкислородная медь в ЦЕРНе для внутренней части резонатора и бобышек, а также медь М1 для коллиматора. Кроме того, заказаны стандартные плунжерные узлы для подстройки резонансной частоты.

Таблица 7.2: Расчётные характеристики ВЧ инжектора при среднем токе пучка 100 мА.

Максимальная частота повторения сгустков	90 МГц
Пиковый ток в сгустке, инжектированном из сеточно-катодного узла (ГС-34)	1.5 А
Длительность сгустка по основанию	1.39 нс
Мощность, рассеиваемая на сетке	2.7 Вт
Ускоряющее напряжение, кВ	200
Напряженность поля на сетке	0.5 МВ/м
Поперечный нормализованный эмиттанс сгустков сеточно-катодного узла	20 π мм мрад
Энергия электронов в сгустках ВЧ пушки	295 кэВ
Напряжение на резонаторе ВЧ пушки (90 МГц)	300 кВ
Фаза ВЧ напряжения в пушке в момент инжекции центра сгустков (максимум энергии частиц в сгустках)	68°
Напряжение группирующего резонатора 180 МГц	137.5 кВ
Энергия электронов после группирующего резонатора	192.1 кэВ
Фаза напряжения группирующего резонатора относительно фазы с максимальной энергией частиц (434 кэВ) после резонатора	-148.8°
Напряжение на каждом ускоряющем резонаторе	793 кВ
ВЧ мощность 90 МГц, поступающая в резонатор пушки	53.8 кВт
ВЧ мощность 180 МГц, отводимая от пучка в группирующем резонаторе	-8.19 кВт
ВЧ мощность, поступающая в каждый ускоряющий резонатор	270.8 кВт
Мощность пучка на выходе инжектора	150 кВт
Максимальная индукция магнитного поля на оси 1-го соленоида	26.5 мТ
Максимальная индукция на оси 2-го соленоида	11.09 мТ
Максимальная индукция на оси 3-го, 4-го соленоидов	13.3 мТ

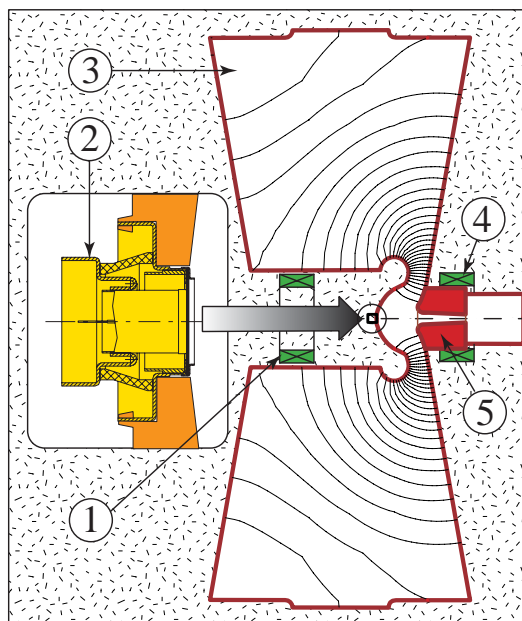


Рис. 2: Схематический вид ВЧ пушки инжектора в разрезе. 1 – соленоид, компенсирующий магнитное поле на катоде; 2 – сеточно-катодный узел от металлокерамической лампы ГС-34; 3 – ВЧ резонатор 90 МГц - резонатор микротрона 180 МГц, доработанный на частоту 90 МГц; 4 – фокусирующий соленоид; 5 – коллиматор на 6 кВт, охлаждаемый водой.

7.12 ВЧ система накопителя ВЭПП-2000

Ускоряющий одномодовый ВЧ резонатор

В 2005 году закончено изготовление ВЧ резонатора [1] на экспериментальном производстве ЭП-1 ИЯФ на участке электронно-вакуумных изделий (цех №8, начальник А.Н. Косарев).

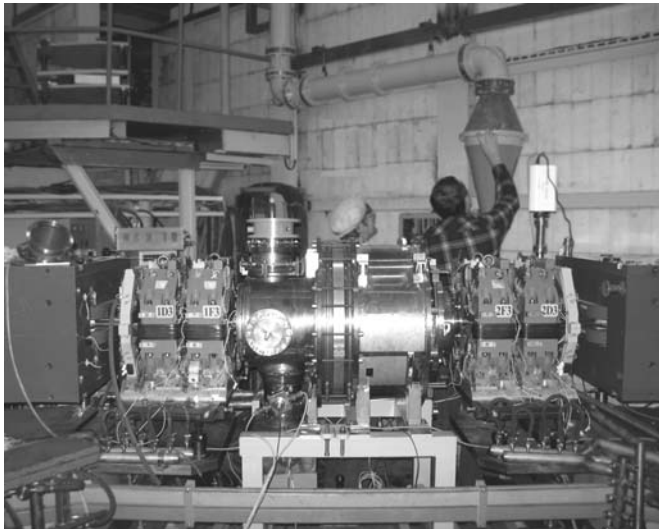


Рис. 1: Часть кольца накопителя ВЭПП-2000 вместе с ВЧ резонатором.

Резонатор привезен в ИЯФ и установлен в кольцо накопителя ВЭПП-2000. На рисунке 1 показана часть накопителя вместе с резонатором. Резонатор вместе с 1/4 частью ускорительного канала накопителя прогрет до температуры 200°С. В нём получен достаточно высокий вакуум - $2 \cdot 10^{-9}$ Торр. Ведутся работы по подготовке резонатора к испытаниям на высоком уровне ВЧ мощности: идет сборка системы водяного охлаждения, сборка фидера и ввода ВЧ мощности, производится прокладка электрических кабельных цепей.

Высокочастотный генератор и управление ВЧ

В течение 2005 года проведена холодная настройка, наладка и испытание ВЧ генератора ускоряющей системы ВЭПП-2000. ВЧ тракт генератора состоит из трех каскадов собранных на тетродах ГУ-92А, ГУ-92А и ГУ-101А. Для производства генератора использовались ранее изготовленные каскады на рабочую частоту 181 МГц, идентичные генераторам микротрона-рекуператора. Переход на частоту 172 МГц потребовал некоторых изменений элементов настройки и фильтрующих цепей питания сеток. Высокочастотный генератор 172 МГц испытан на эквивалент нагрузки 75 Ом при мощности до 65 кВт. Функциональная схема системы управления ВЧ осталась практически без изменения. В связи с изменением рабочей частоты ВЧ системы часть электронных блоков были изготовлены заново. Было модернизировано управление ВЧ системой от ЭВМ. Устаревшая аппаратура на базе стандарта КАМАК была заменена модулями, связанными с ЭВМ по шине CAN. В ближайшее время будут начаты испытания ВЧ системы с резонатором.

В работе принимали участие:

В. С. Арбузов, А.А. Бушуев, В. Н. Волков, Э. И. Горникер, Е. К. Кенжебулатов, А. А. Кондаков, И. А. Кооп, Я. Г. Крючков, С. А. Крутихин, И. В. Кушцов, Г. Я. Куркин, Н. В. Митянина, В. Н. Осипов, В. М. Петров, А. М. Пилан, Е. А. Ротов, И. К. Седяров, Ю. М. Шатунов.

Глава 8

Мощные электронные ускорители и разработка электронно-лучевых технологий

8.1 Радиационные технологии и ускорители электронов ЭЛВ

В 2005 году продолжались поставки ускорителей ЭЛВ. Всего за год поставлено 4 ускорителя и произведен запуск 7 ранее поставленных ускорителей. Одним из наиболее важных моментов является поставка и запуск совместно с Южно-корейской компанией ЕВ-ТЕСН ускорителя ЭЛВ-12 на очистных сооружениях красильного производства в г. Таегу (Южная Корея). Этот уникальный ускоритель имеет мощность электронного пучка 400 кВт. На нем уже проведены первые крупномасштабные эксперименты по обработке красильных стоков. На фотографиях показаны: обрабатываемая вода под выпускным устройством ускорителя, реакторный зал и пультовая комплекса электронно-лучевой очистки.



Рис. 1: Обрабатываемая вода под выпускным устройством ускорителя.

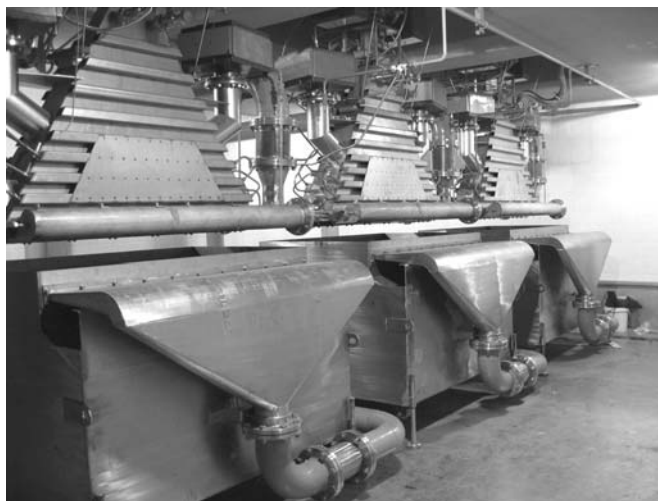


Рис. 2: Реакторный зал.



Рис. 3: Пультавая комплекса электронно-лучевой очистки.

Необходимо отметить также запуск ускорителя в г. Новокуйбышевск (Самарская область, Россия), где помимо стандартных применений (пленка и кабельная изоляция из полиэтилена) планируется освоение новой технологии: облучение крошки из бутилкаучуков с целью последующей регенерации. Особенностью проекта является то, что бункер для ускорителя выстроен внутри существующего цеха, производство которого перепрофилируется. На фотографии показан бункер ускорителя и часть технологического оборудования.



Рис. 4: Бункер ускорителя и часть технологического оборудования в ОАО «Новатэк-Полимер» г. Новокуйбышевск, Россия.

Один из ускорителей поставлен в Индию - новый для нас регион. Интенсивно проводились работы на стенде, оборудованном ускорителем с выводом в атмосферу концентрированного пучка (здание 17). Проводились эксперименты по наплавке совместно с университетом г. Поханг, по отработке конструкции углеродной мишени совместно с лаб. 5, по получению нанопорошков (совместно с ИТПМ).

8.2 Ускорители электронов типа ИЛУ и их применение

Введение

Начиная с 1970 года в Институте ядерной физики СО РАН разрабатываются и поставляются в промышленность импульсные линейные ускорители ИЛУ. Эти машины предназначены для широкого применения в различных технологических процессах и поэтому рассчитаны на длительную непрерывную и круглосуточную работу в промышленных условиях.

Ниже приведены основные параметры производимых Институтом ускорителей серии ИЛУ, перекрывающих диапазон энергий от 0,7 до 5 МэВ и имеющих мощность пучка до 50 кВт.

Параметры	ИЛУ-8	ИЛУ-6	ИЛУ-6М	ИЛУ-10	ИЛУ-10М
Диапазон энергий, МэВ	0.5÷1.0	1.2÷2.5	1.0÷2.5	2.5÷5.0	2.5÷4.0
P электронного пучка (max), кВт	25	40	20	50	20
Средний ток пучка (max), мА	25	25	20	15	8
Производительность (10 Mrad), кг/час	500	850	450	850	450
Вес, т. Ускоритель	1.75	2.2	2.2	2.9	2.5
Вес, т. Местная защита	76	–	–	–	–

8.2.1 Поставки ускорителей

Начиная с 1983 года ускорители типа ИЛУ поставляются за границу, 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 этих машин.

По контракту с США был сдан заказчику и отгружен малогабаритный ускоритель электронов с энергией 200 кэВ и мощностью пучка 2 кВт.

В 2005 г. создан и поставлен заказчику в г. Димитровград ускоритель ИЛУ-6 вместе с подпучковым оборудованием для работы в составе радиационно-технологического комплекса по облучению кабельных изделий.

В этом году продолжились работы по модернизации ускорителя ИЛУ-8 для производства термоизолирующих и шумопоглощающих материалов на московском предприятии "ПРЕСТИЖ-АВТО-2". Ускоритель выведен на расчётные параметры. Система управления ускорителем соединена с конвейерной системой, изготовленной в Корее.

8.2.2 Модернизация ускорителя ИЛУ-8 в соответствии с требованиями применения в пищевой промышленности и поставка головного образца в Японии

- Разработан и испытан фидер обратной связи, позволяющий повысить стабильность работы ускорителя без подстройки длины ОС во всём мощностном и тепловом диапазоне работы ускорителя.
- Внедрена новая система синхронизации модулятора, позволяющая выдавать импульсы ускорителя синхронно с частотой сети, даже, если частота следования импульсов не кратна сетевой частоте. Благодаря этому точность параметров ускорителя достигла 1%.
- Разработано новое выпускное устройство с поперечным сканированием для удовлетворения требований производства по распределению пучка.
- Разработана и изготовлена новая стойка управления, позволяющая внедрить систему управления ИЛУ-8 в общую систему управления цехом по производству напитков.
- Разработана и внедрена система юстировки разворачивающего магнита, позволяющая выставлять плоскость разворачивания пучка с точностью до 2 мм в зоне облучения.
- Изготовлен и поставлен ускоритель ИЛУ-8 в демонстрационный зал Mitsubishi Heavy Industries.



Рис. 1: ВЧ генератор ускорителя ИЛУ-8 в демонстрационном зале МНІ в г. Нагойя (Япония).

8.2.3 Работы по созданию нового ускорителя и систем облучения изделий

В 2005 г. продолжились работы по созданию ускорителя ИЛУ-12 с энергией до 5 МэВ и мощностью до 300 кВт. Изготовлено и смонтировано ВЧ-питание ускорителя. Подготовлен бункер для монтажа ускорителя. Ведётся монтаж системы питания.

В этом году разработана и испытана оригинальная магнитная система, позволяющая облучать пучком электронов ускорителя ИЛУ-10 (5 МэВ) полиэтиленовых труб диаметром до 160 мм и толщиной стенок до 20 мм. Основная идея системы состоит в том, что реализован принцип кругового облучения, в котором облучающий электронный пучок доставляется по нормали к поверхности трубы. Основным физическим принципом кругового облучения является идея создания знакопеременного поля (реверса) в зоне облучения за раструбом ускорителя. Изготовлен макет магнитной системы и произведено тестовое облучение реальных труб большого диаметра. В 2007г. такая система будет поставлена в составе ускорителя ИЛУ-10 в г. Москву на НПО «ПЛАСТ-ПОЛИМЕР».

8.2.4 Работы по созданию прототипов магнитов для конверсионных систем

В 2004-2005 годах совместно Лабораторией № 5 были созданы 2 прототипа магнитов и их импульсных источников питания для электрон-позитронных систем конверсии. Были достигнуты следующие параметры: Максимальное импульсное поле 10 Тесла, общий ток магнита 100 кА, длительность импульса 26 мкс.

По результатам этой работы изготовлена и запущена в работу система питания импульсного конверсионного магнита инжекционного комплекса ВЭПП-5. Параметры системы питания: Максимальное напряжение емкостного накопителя 1.2 кВ, энергоёмкость накопителя 90 Дж., средняя потребляемая мощность 4 кВт, частота следования импульсов до 50 Гц.

В работе принимали участие:

В.Л. Ауслендер, А.А. Брызгин, В.В. Безуглов, Г.А. Глаголев, В.А. Горбунов, И.В. Горнаков, А. М. Молокоедов, Л.А. Воронин, М.В. Коробейников, А.Н. Лукин, И.Г. Макаров, С.А. Максимов, В.Е. Нехаев, А.Д., Г.Н. Острейко, А.Д. Панфилов, В.В. Подобаев, В.И. Сербин, Г.В. Сердобинцев, А.В. Сидоров, В.В. Тарнецкий, М.А. Тиунов, В. О. Ткаченко, А. А. Тувик, Б. Л. Факторович, В.Г. Ческидов, А.М. Якутин.

Работа отражена в публикациях: [394] ÷ [401], препринт 25.

Глава 9

Физика для медицины

9.1 Детекторы рентгеновского излучения для медицины и досмотра людей

9.1.1 Малодозовая Цифровая Рентгенографическая Установка (МЦРУ) “Сибирь”

В 2005 г. продолжались работы по модернизации Малодозовой Цифровой Рентгеновской Установки МЦРУ “Сибирь - Н”. На установке, выпускаемой ЗАО “Научприбор”, произведены следующие изменения:

1. Сделан переход на новую рентгеновскую оптику, которая позволила при разрешении 2 п.л./мм работать при дозе 4 мкЗв на прямом снимке легких.
2. Применен новый пластмассовый корпус установки с улучшенным дизайном.
3. На ЗАО “Научприбор” начаты по освоению нового детектора D2048 с повышенным пространственным разрешением 2,5 п.л./мм (по технологии ИЯФ).
4. Выполнен контракт по поставке детектора D-2048 в Малайзию. Подписан контракт на поставку детектора D2048 казахстанскому предприятию “Актюбрентген”.
5. Продолжались поставки детекторов D1048 для медицинских установок, выпускаемых ЗАО “Научприбор” (г.Орел), БЭМЗ (г.Бердск), “Электрохимприбор” (г.Лесной).

9.1.2 Система Рентгеновского Контроля (СРК) “Сибскан” для досмотра людей

Продолжались работы по СРК “Сибскан” для досмотра людей. В апреле 2005 г. пилотный образец СРК был продан компании “Истлайн” и установлен в секторе С аэропорта Домодедово (г. Москва). В октябре 2005 г. пилотный образец СРК был заменен на промышленную установку. В декабре второй экземпляр СРК был запущен в секторе Д. Заключен контракт на установку СРК в аэропортах г. Ханты-Мансийска и Санкт-Петербурга. На установку СРК получены 2 сертификата и патент. Подготовлен контракт для передачи технологии СРК китайской компании Nuctech.



Рис. 1: Фото флюорографа ФМЦ-НП-О в пластиковом корпусе.

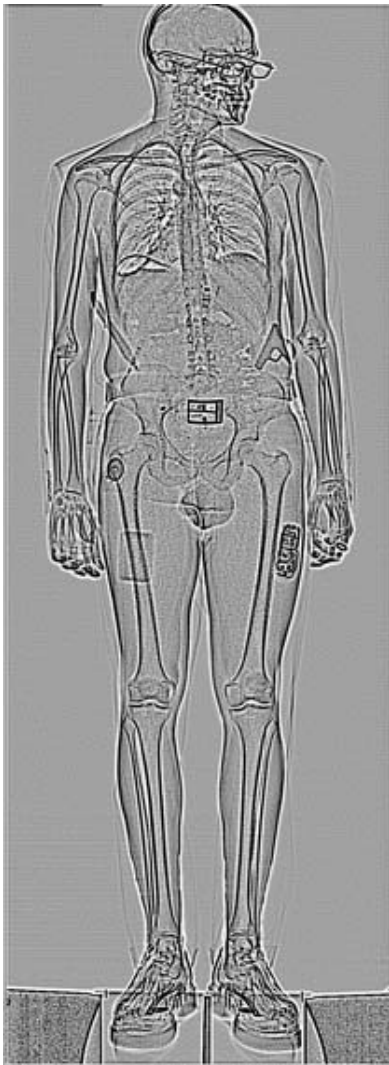


Рис. 2: Снимок выполненный на СРК: Нож и макет пистолета сделаны из 4 мм пластмассы. На бедре - брусок взрывчатого вещества.



Рис. 3: (СРК) “Сибкан” в секторе С аэропорта Домодедово.

9.1.3 Маммография

В 2005 г. продолжались работы по созданию низкодозового сканирующего маммографа. Для повышения статистической точности и улучшения контрастной чувствительности выбран 4-х строчный вариант детектора.

9.1.4 Работы по созданию основанного на ускорителе источника нейтронов для нейтронозахватной терапии и терапии быстрыми нейтронами

Физический проект нейтронного источника опубликован в журнале Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 413/2-3 (1998), 397-426.

Финансирование проекта в 2005 году осуществлялось в основном за счет грантов МНТЦ, DOE- IPP, денег, заработанных по контрактам лабораторией 9-0 и, частично, из фонда Института.

Схема комплекса показана на рис.1 и описана в отчёте за 2004г.

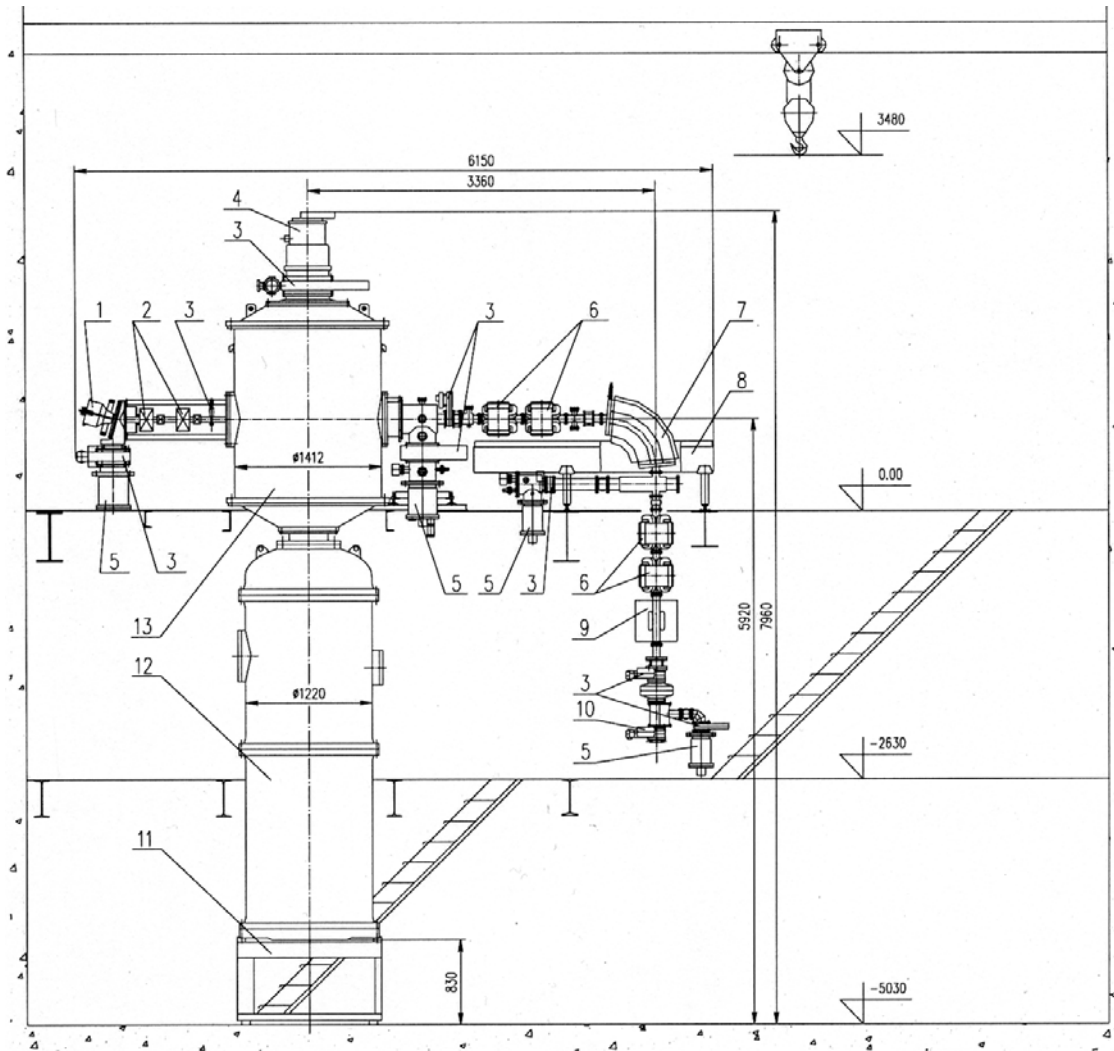


Рис. 1: Ускорительный комплекс для целей борнейтронозахватной терапии.

Результаты, полученные в 2005г.

- После профилактики высоковольтного источника ЭЛВ (12) получены параметры, удовлетворяющие требованиям к работе выпрямителя в составе комплекса.
- Отработана методика электровакуумного прогрева вакуумного бака тандема 13 (рис.2).
- На макетном варианте источника отрицательных ионов водорода получен стабильный (до 15 мА) ток с удовлетворяющим проектным параметрам значением эмит-

танса.

- Изготовлен самый большой электрод* ускоряющих зазоров тандема (рис.3).
- Изготовлены высоковольтный электрод* тандема (рис.4), крышки-жалюзи* электродов ускоряющих зазоров (рис.5), элементы внутренней части проходного изолятора* (рис.6), и
- Подготовлен к включению с ионным источником 1 низкоэнергетичный тракт 2 тандема (рис.7).
- Продолжается изготовление элементов фланцевого варианта ионного источника 1.
- Продолжается изготовление элементов высокоэнергетичного тракта 6, 7, 8, 9.
- Проведены тепловые испытания и показана возможность охлаждения водой нейтронообразующей мишени (рис.8).
- Изготовлены базовые элементы мишенного узла нейтронообразующей мишени 10 (рис.9).
- Продолжалось проектирование и изготовление, как электротехнической части комплекса, так и его инфраструктуры.
- Продолжалась работа по переводу управления и контроля параметров комплекса на программное обеспечение LABView.



Рис. 2: Вакуумный бак тандема с нагревателями.



Рис. 3: Цилиндрическая часть электрода (в упаковке).

* - схему тандема см. в отчёте ИЯФ за 2001г.



Рис. 4: Высоковольтный электрод тандема.



Рис. 5: Крышки-жалюзи.



Рис. 6: Элементы внутренней части высоковольтного ввода тандема.

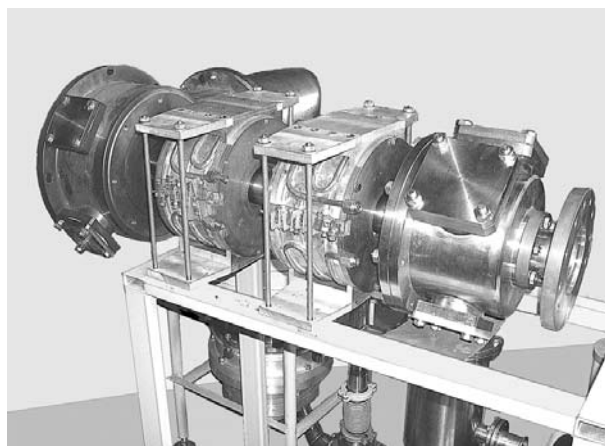


Рис. 7: Низкоэнергетичный тракт.

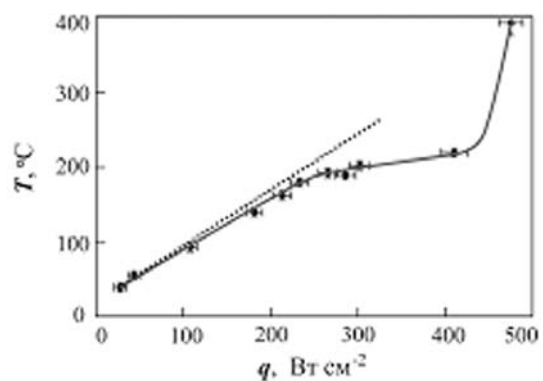


Рис. 8: Зависимость температуры поверхности мишени T от плотности мощности нагрева q при скорости охлаждающей воды 3 м/с: экспериментально измеренная и расчетная для турбулентного течения без закипания.



Рис. 9: Мишенный узел в сборе.

Публикации : [328] ÷ [332], [358],
препринт 3.

Библиография

Список публикаций

- [1] *Y. Suetsugu, K. Kanazawa, K. Shibata, H. Hisamatsu, K. Oide, F. Takasaki, A.E. Bondar, V. Kuzminykh, A. Gorbovsky, R. Dostovalov, K. Sennyu, H. Hara.* R&D of copper beam duct with antechamber scheme for high current accelerators // NIM, 2005, v.A538, №1/3, p.206-217,
- [2] *Oleg B. Malyshev, Vadim V. Anashin, Rodion V. Dostovalov, Nikita V. Fedorov, and Alexander A. Krasnov, Ian R. Collins and Vladimir L. Ruzinov.* Method and setup for photodesorption measurements for a nonevaporable-getter-coated vacuum chamber // J. Vac. Sci. Technol. A, v.23, №3, May/June 2005 p.570-576.
- [3] *Р.В. Достовалов, А.А. Краснов.* Криосорбционная откачка газа в сверхпроводящих адронных коллайдерах // Поверхность: Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, №9, 2005, с.49-53.
- [4] *Y. Suetsugu, K. Kanazawa, K. Shibata, H. Hisamatsu, K. Oide, F. Takasaki, R.V. Dostovalov, A.A. Krasnov, K.V. Zolotarev, E.S. Konstantinov, V.A. Chernov, A.E. Bondar, A.N. Shmakov et al.* First experimental and simulation study on the secondary electron and photoelectron yield of NEG materials (Ti-Zr-V) coating under intense photon irradiation // NIM, 2005, v.A554, №1/3, p.92-113.
- [5] *В.М. Аульченко, Р.Р. Ахметшин, В.Ш. Банзаров, Л.М. Барков, Н.С. Баштовой, Д.В. Бондарев, А.Е. Бондарь, А.В. Брагин, А.А. Валишев, Н.И. Габышев, Д.А. Горбачев, А.А. Гребенюк, Д.Н. Григорьев, С.К. Дхаван, Д.А.Епифанов, А.С.Зайцев, С.Г. Зверев, Ф.В. Игнатов, В.Ф. Казанин, С.В. Карпов, И.А. Кооп, П.П. Кроковный, А.С. Кузьмин, И.Б. Логашенко, П.А. Лукин, А.П. Лысенко, А.И. Милштейн, К.Ю. Михайлов, И.Н. Нестеренко, М.А. Никулин, А.В. Отбоев, В.С. Охалкин, Е.А. Переведенцев, А.А. Полунин, А.С. Попов, С.И. Редин, Б.Л. Робертс, Н.И. Роот, А.А. Рубан, Н.М. Рыскулов, А.Л. Сибиданов, В.А. Сидоров, А.Н. Скринский, В.П. Смажтин, И.Г. Снопков, Е.П. Солодов, Д.А. Томпсон, Г.В. Федотович, Б.И. Хазин, В.В. Хьюз, А.Г. Шамов, Б.А. Шварц, С.И. Эйдельман, Ю.В. Юдин.* Измерение формфактора пиона в диапазоне энергий 1.04 – 1.38 ГэВ с детектором КМД-2 // Письма в ЖЭТФ, v.82, 2005, №12, с.841-845.
- [6] *R.R. Akhmetshin, V.M. Aulchenko, V.Sh. Banzarov, A. Baratt, L.M. Barkov, N.S. Bashtovoy, A.E. Bondar, D.V. Bondarev, A.V. Bragin, S.I. Eidelman, D.A. Epifanov, G.V. Fedotovitch, N.I. Gabyshev, D.A. Gorbachev, A.A. Grebeniuk, D.N. Grigoriev, F.V. Ignatov, S.V. Karpov, V.F. Kazanin, B.I. Khazin, I.A. Koop, P.P. Krovovny, A.S. Kuzmin, Yu.E. Lischenko, I.B. Logashenko, P.A. Lukin, K.Yu. Mikhailov, A.I. Milstein, I.N. Nesterenko, V.S. Okhapkin, A.V. Otboev, A.S. Popov, S.I. Redin, B.L. Roberts, N.I. Root, A.A. Ruban, N.M. Ryskulov, A.G. Shamov,*

- Yu.M. Shatunov, B.A. Shwartz, A.L. Sibidanov, V.A. Sidorov, A.N. Skrinsky, I.G. Snopkov, E.P. Solodov, J.A. Thompson, A.A. Valishev, Yu.V. Yudin, A.S. Zaitsev, S.G. Zverev (Novosibirsk, BINP, Boston U., Novosibirsk State U., Pittsburgh U., Yale U.).* Study of ρ and ω meson decays into pseudoscalar meson and e^+e^- pair with the CMD-2 detector // *Phys. Lett.*, v.B613, 2005, p.29-38; hep-ex/0502024.
- [7] *D.K. Toporkov.* Analysis of the beam intensity from the atomic beam source // *NIM*, v.A536, №3, 2005, p.255-259.
- [8] *M.V. Dyug, A.V. Grigoriev, V.A. Kiselev, B.A. Lazarenko, E.B. Levichev, A.I. Mikaiylov, S.I. Mishnev, S.A. Nikitin, D.M. Nikolenko, I.A. Rachek, Yu.V. Shestakov, D.K. Toporkov, S.A. Zevakov, V.N. Zhilich, et.al.* Moller polarimeter for VEPP-3 storage ring based on internal polarized gas jet target // *NIM*, v.A536, №3, 2005, p.338-343.
- [9] *M.V. Dyug, B.A. Lazarenko1, S.I. Mishnev, D.M. Nikolenko, I.A. Rachek, Yu.V. Shestakov, R.Sh. Sadykov, D.K. Toporkov, S.A. Zevakov, et.al.* Deuteriu target polarimeter at the VEPP-3 storage ring // *NIM*, v.A536, №3, 2005, p.344-349.
- [10] *D.K. Toporkov; D.M. Nikolenko, Xiaohong Cai, et al.* Test results of the HIRFL-CSR cluster target // *NIM*, v.A555, №1/2, 2005, p.15-19.
- [11] *D.J. Hamilton, D.M. Nikolenko, I.A. Rachek, Yu.V. Shestakov, et al.* Polarization transfer in proton compton scattering at high momentum transfer // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №24, p.242001-1-5.
- [12] *A.B. Arbuzov, E. Bartos, V.V. Bytev, E.A. Kuraev, Z.K. Silagadze.* Radiative muon (pion) pair production in high energy electron-positron annihilation (the case of small invariant pair mass) // *Phys. Part. Nucl. Lett.*, 2005, v.2, p.214-221; Письма в ЭЧАЯ, 2005, v.2, №4(127), с.41-52.
- [13] *Z.K. Silagadze.* Zeno meets modern science // *Acta Phys. Polon.*, v.B36, 2005, p.2887-2930.
- [14] *R. Foot, Z.K. Silagadze.* Supernova explosions, 511 keV photons, gamma ray bursts and mirror matter // *Int. J. Mod. Phys.*, v.D14, 2005, p.143-152.
- [15] *Z.K. Silagadze.* Tunguska genetic anomaly and electrophonic meteors // *Acta Phys. Polon.*, v.B36, 2005, p.935-964.
- [16] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.).* Measurement of the $B^+ \rightarrow p \bar{p} K^+$ branching fraction and study of the decay dynamics // *Phys. Rev.*, v.D72, 2005, p.051101,
- [17] *V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov et al. (Babar Coll.).* Study of the $B^- \rightarrow J/\psi K^- \pi^+ \pi^-$ decay and measurement of the $B^- \rightarrow X(3872) K^-$ branching fraction // *Phys. Rev.*, 2005, v.D71, №7, 2005, p.071103-1-7.
- [18] *V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov et al. (Babar Coll.).* A Measurement of the total width, the electronic width, and the mass of the Upsilon(10580) resonance // *Phys. Rev.*, v.D72, 2005, p.032005.
- [19] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N.*

- Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Limit on the $B^0 \rightarrow \rho^0 \rho^0$ branching fraction and implications for the CKM angle α // *Phys. Rev. Lett.*, v.94, №3, 2005, p.131801-1-7.
- [20] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Measurement of branching fractions and charge asymmetries for exclusive B decays to charmonium // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №14, p.141801-1-7.
- [21] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Search for a charged partner of the X(3872) in the B Meson decay $B \rightarrow X^- K$, $X^- \rightarrow J/\psi \pi^- \pi^0$ // *Phys. Rev.*, v.D71, 2005, p.031501.
- [22] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Measurement of branching fraction and Dalitz distribution for $B^0 \rightarrow D^{(*)\pm} K^0 \pi^\mp$ decays // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.95, №17, p.171802-1-7.
- [23] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Branching fractions and CP asymmetries in $B^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$, $B^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$, and $B^+ \rightarrow K^+ \pi^0$ decays and isospin analysis of the $B \rightarrow \pi \pi$ system // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №18, p.181802-1-7.
- [24] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Measurement of the ratio $BR(B \rightarrow D^{*0} K^-)/BR(B \rightarrow D^{*0} \pi^-)$ and of the CP asymmetry of $B \rightarrow D^{*0}(\text{CP}^+) K^-$ decays // *Phys. Rev.*, v.D71, 2005, p.031102.
- [25] *V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serebnyakov, et al. (Authors from the SND group)*. A search for the decay $B^+ \rightarrow K^+ \nu \bar{\nu}$, *Phys. Rev. Lett.*, v.94, 2005, p.101801.
- [26] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Measurements of B meson decays to omega K^* and $\omega \rho$ // *Phys. Rev.*, v.D71, 2005, p.031103.
- [27] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Ambiguity-free measurement of $\cos 2\beta$: time-integrated and time-dependent angular analyses of $B \rightarrow J/\psi K \pi$ // *Phys. Rev.*, v.D71, 2005, p.032005.
- [28] *A.G. Shamov*. Tau threshold experiments: status and expectations // *Nuclear Physics B. (Proc. Supplements)*, v.144, July 2005, p.113-119
- [29] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Improved measurement of CP asymmetries in $B^0 \rightarrow (c\bar{c}) K^0$ decays // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №16, p.161803-1-7.
- [30] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N.*

- Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Search for the rare leptonic decay $B \rightarrow \tau \nu_{\tau}$ // Phys. Rev. Lett., v.95, 2005, p.041804.
- [31] *V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Measurements of the branching fraction and CP-violation asymmetries in $B^0 \rightarrow f_0(980)K_s$ // Phys. Rev. Lett., v.94, 2005, p.041802.
- [32] *X. Artru, V. Baier, K. Beloborodov, A. Bogdanov, A. Bukin, S. Burdin, R. Chehab, M. Chevallier, R. Cizeron, D. Dauvergne, T. Dimova, V. Druzhinin, M. Dubrovin, L. Gatignon, V. Golubev, A. Jejcic, P. Keppler, R. Kirsch, V. Kulibaba, Ph. Lautesse, J. Major, J.-C. Poizat, A. Potylitsin, J. Remillieux, S. Serednyakov, V. Shary, V. Strakhovenko, C. Sylvia*. Summary of experimental studies at CERN on a positron source using crystal effects // NIM, v.B240, N1/2, 2005, p.762-776.
- [33] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for the W-exchange decays $B^0 \rightarrow D(S)^*(*)-D(S)^*(*)+$ // Phys. Rev., 2005, v.D72, p.111101.
- [34] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the branching ratios $\Gamma(D(S)^*+ \rightarrow D(S)+ \pi^0) / \Gamma(D(S)^*+ \rightarrow D(S)+ \gamma)$ and $\Gamma(D^*0 \rightarrow D^0 \pi) / \Gamma(D^*0 \rightarrow D^0 \gamma)$ // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.091101.
- [35] *V.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (Babar Coll.)*. Search for decays of $B^0 \rightarrow e^+ e^-$, $B^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $B^0 \rightarrow e^+ \mu^-$ // Phys. Rev. Lett., 2005, v.94, №22, p.221803-1-7, 2005.
- [36] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurements of the $B \rightarrow X(S \gamma)$ branching fraction and photon spectrum from a sum of exclusive final states // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.052004.
- [37] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. A study of $B \rightarrow C$ and $B \rightarrow U$ interference in the decay $B \rightarrow [K^+ \pi^-] (D) K^*$ // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.071104.
- [38] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the time-dependent CP-violating in $B^0 \rightarrow K_S^0 \pi^0 \gamma$ decays // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.051103.
- [39] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. DALITZ plot analysis of $D^0 \rightarrow \text{anti-}K^0 K^+ K^-$ // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.052008.
- [40] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. An amplitude analysis of the decay $B^{+-} \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ // Published in Phys. Rev., v.D72, 2005, p.052002.

- [41] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Evidence for $B^+ \rightarrow \text{anti-K}^0 K^+$ and $B^0 \rightarrow K^0 \text{anti-K}^0$, and measurement of the branching fraction and search for direct CP violation in $B^+ \rightarrow K^0 \pi^+$ // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, p.221801.
- [42] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. A precision measurement of the $\Lambda^+(C)$ baryon mass // *Phys. Rev.*, v.D72, 2005, p.052006.
- [43] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. DALITZ-plot analysis of the decays $B^+ \rightarrow K^+ \pi^+ \pi^-$ // *Phys. Rev.*, v.D72, №7, 2005, p.072003-1-11.
- [44] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Study of $B \rightarrow \pi l \nu$ and $B \rightarrow \rho l \nu$ decays and determination of $|V_{ub}|$ // SLAC-PUB-11053, BABAR-PUB-05-025, July 2005, 8p. *Phys. Rev.*, v.D72, 2005, p.051102.
- [45] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of CP observables for the decays $B^+ \rightarrow D^0(\text{CP}) K^{*+}$ // *Phys. Rev.*, v.D72, 2005, p.071103.
- [46] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of time-dependent CP asymmetries and the CP-ODD fraction in the decay $B^0 \rightarrow D^{*+} D^{*-}$ // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, p.151804-1-7.
- [47] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Observation of a broad structure in the $\pi^+ \pi^- J/\psi$ mass spectrum around 4.26 GeV/c² // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, №9, p.142001-1-7.
- [48] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for the rare decay $\text{anti-B}^0 \rightarrow D^* \gamma$ // *Phys. Rev.*, v.D72, 2005, p.051106.
- [49] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for the Lepton-flavor and Lepton-number violation in the decay $\tau^- \rightarrow L^- + H^+ - H^-$ // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, p.191801.
- [50] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of double charmonium production in $E^+ E^-$ annihilations at $S^{*(1/2)} = 10.6$ GeV // *Phys. Rev.*, v.D72, 2005, p.031101.
- [51] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serebnyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Determination of $|V_{ub}|$ from measurements of the

- electron and neutrino momenta in inclusive semileptonic B decays // Phys. Rev. Lett., v.95, №11, 2005, p.111801-1-7.
- [52] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for the decay $\tau^- \rightarrow 4\pi^- 3\pi^+ (\pi^0) \nu(\tau)$ // Phys. Rev., v.D72, №1, 2005, p.012003-1-8.
- [53] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for the rare decays $B^+ \rightarrow D^{(*)} + K^0(S)$ // Phys. Rev. v.D72, №1, 2005, p.011102-1-7.
- [54] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of time-dependent CP asymmetries in $B^0 \rightarrow D^{(*)}$ decays // Phys. Rev. Lett., v.95, №13, 2005, p.131802-1-7.
- [55] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the branching fraction and decay rate asymmetry of $B^- \rightarrow D(\pi^+ \pi^- \pi^0) K^-$ // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.071102.
- [56] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Study of the $\tau^- \rightarrow 3H^- 2H^+ \tau$ -neutrino decay // Phys. Rev., v.D72, №7, 2005, p.072001.
- [57] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for $B \rightarrow U$ transitions in B- and $D^0 K^-$ and $B \rightarrow D^{*0} K^-$ // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.032004.
- [58] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa angle γ in $B^- \rightarrow D^{(*)} K^+ \pi^-$ decays with a DALITZ analysis of $D \rightarrow K^0(S) \pi^- \pi^+$ // Phys. Rev. Lett., v.95, №12, 2005, p.121802-1-7.
- [59] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of time-dependent CP-violating asymmetries and constraints on $\sin(2\beta + \gamma)$ with partial reconstruction of $B \rightarrow D^{*-} \pi^+$ decays // Phys. Rev., v.D71, 11, 2005, p.112003-1-7.
- [60] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Production and decay of χ_c^0 at BABAR // Phys. Rev. Lett., v.95, 2005, №14, p.142003-1-7.
- [61] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Evidence for the decay $B^{*+} \rightarrow K^{*+} \pi^0$ // Phys. Rev., v.D71, №11, 2005, p.111101-1-8.
- [62] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen,*

- E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the branching fraction of $\text{upsilon}(4S) \rightarrow B_0 \text{ anti-}B_0$ // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2004, p.042001.
- [63] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Improved measurement of the CKM angle ALPHA using $B_0(\text{anti-}B_0) \rightarrow \rho^+ \rho^-$ decays // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, p.041805.
- [64] *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collab., SND group)*. Measurement of branching fraction and charge asymmetries in B^+ decays to $\eta \pi^+$, ηK^+ , $\eta \rho^+$ and η -prime π^+ , and search for B_0 decays to ηK^0 and $\eta \omega$ // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, №13, 2005, p.131803-1-7.
- [65] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for $B \rightarrow J/\psi D$ decays // *Phys. Rev.*, v.D71, №9, 2005, p.091103-1-7.
- [66] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the branching fraction and the CP-violating asymmetry for the decay $B^0 \rightarrow K_s^0 \pi^0$ // *Phys. Rev.*, v.D71, №11, 2005, p.111102-1-8.
- [67] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the $B_0 \rightarrow D^{*-} D(S)^{*+}$ and $D(S)^+ \rightarrow \phi \pi^+$ branching fractions // *Phys. Rev.*, v.D71, 9, 2005, p.091104-1-7.
- [68] *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collab., SND group)*. Search for lepton flavor violation in the decay $\tau_{+-} \rightarrow \mu_{+-} \gamma$ // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, 041802.
- [69] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. The $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$, $K^+K^-\pi^+\pi^-$, and $K^+K^-K^+K^-$ cross sections at center-of-mass energies 0.5 – 4.5 GeV measured with initial-state radiation // *Phys. Rev.*, v.D71, 2005, p.052001.
- [70] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of CP asymmetries in $B_0 \rightarrow \Phi K^0$ and $B_0 \rightarrow K^+ K^- K^0(S)$ decays // *Phys. Rev.*, v.D71, №9, 2005, p.091102-1-8.
- [71] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurements of branching fractions and time-dependent CP-violating asymmetries in B to $\eta' K$ decays // *Phys. Rev. Lett.*, v.94, №19, 2005, p.191802-1-7.
- [72] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N.*

- Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Branching fraction and CP asymmetries of $B^0 \rightarrow K^0(S) K^0(S) K^0(S)$ // Phys. Rev. Lett., v.95, 2005, p.011801.
- [73] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for strange-Pentaquark production in e^+t^- annihilation at $S^{*(1/2)}=10.58$ GeV and in UPSILON (4S) decays // Phys. Rev. Lett., v.95, 2005, p.042002.
- [74] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for CP violation and a measurement of the relative branching fraction in $D^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$ decays // Phys. Rev., v.D71, №9, 2005, p.091101-1-8.
- [75] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Improved measurements of CP-violating asymmetry amplitudes in $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ decays // Phys. Rev. Lett., v.95, 2005, №15, p.151803-1-7.
- [76] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for factorization-suppressed $B \rightarrow \chi(C) K^*$ decays // Phys. Rev. Lett., v.94, 2005, p.171801-1-7.
- [77] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, V.N. Ivanchenko, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Search for the radiative decay $B^0 \rightarrow \phi\gamma$ // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.091103.
- [78] *A.Yu. Barnyakov, M.Yu. Barnyakov, J. Bahr, T. Bellunato, K.I. Beloborodov, V.S. Bobrovnikov, A.R. Buzykaev, M. Calvi, A.F. Danilyuk, V. Djordjadze, V.B. Golubev, S.A. Kononov, E.A. Kravchenko, D. Lipka, C. Matteuzzi, M. Musy, A.P. Onuchin, D. Perego, V.A. Rodyakin, G.A. Savinov, S.I. Serednyakov, A.G. Shamov, F. Stephan, V.A. Tayursky, A.I. Vorobiov*. Development of aerogel Cherenkov detectors at Novosibirsk // NIM, 2005, v.A553, №1/2, p.125-129.
- [79] *A.Yu. Barnyakov, M.Yu. Barnyakov, V.S. Bobrovnikov, A.R. Buzykaev, A.F. Danilyuk, V.L. Kirillov, S.A. Kononov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin (Novosibirsk, IYF; Novosibirsk, Catalysis Inst.)*, NIM, v.A553, 2005, p.70-75.
- [80] *A. Bondar, A. Buzulutskov, D. Pavlyuchenko, R. Snopkov, Y. Tikhonov*, Further studies of two-phase krypton detectors based on Gas Electron Multipliers // NIM, v.A548, 2005, p.439-445.
- [81] *A. Buzulutskov, J. Dodd, R. Galea, Y.Ju.M. Leltchouk, P. Rehak, V. Tcherniatine, W.J. Willis, A. Bondar, D. Pavlyuchenko, R. Snopkov, Y. Tikhonov*, GEM operation in helium and neon at low temperatures // NIM, v.A548, 2005, p.487-498.
- [82] *X.C. Tian, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krovovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Measurement of the wrong-sign decays $D^0 \rightarrow K^+ \pi^- \pi^0$ and $D^0 \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+$, and search for CP violation // Phys. Rev. Lett., v.95, 2005, p.231801.
- [83] *D. Liventsev, T. Matsumoto, ..., A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krovovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov*,

- V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Measurement of the branching fractions for $B \rightarrow D^{(*)} + \pi^- l^+ \bar{\nu}_l$ and $B_0 \rightarrow D^{(*)} + \pi^+ l^- \bar{\nu}_l$ // *Physical Review*, v.D72, 2005, p.051109(R).
- [84] *U. Bitenc, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Search for D/s $o/$ - anti D/s $o/$ mixing using semileptonic decays at Belle // *Phys. Rev.*, 2005, v.D72, №7, p.071101-1-6.
- [85] *K. Abe, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Measurements of B decays to two kaons // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, p.231802.
- [86] *A. Arinstein, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, P. Krokovny, A. Kuzmin, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Search for the $b \rightarrow d\gamma$ process // *Phys. Rev.*, v.D72, N1, 2005, p.011101-1-5.
- [87] *I. Bizjak, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Determination of $|V_{ub}|$ from measurements of the inclusive charmless semileptonic partial rates of B Mesons using full reconstruction tags // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, p.241801.
- [88] *A. Limosani, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Measurement of $|V_{ub}|$ near the endpoint of the electron momentum spectrum from semileptonic B-meson decays // *Phys. Lett.*, v.B621, 2005, p.28-40.
- [89] *K.-F. Chen, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Studies of CP violation in $B \rightarrow J/\psi K^*$ decays // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v95, №9, p.091601-1-6.
- [90] *K.-F. Chen, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Time-dependent CP-violating asymmetries in $b \rightarrow s \bar{q} q$ transitions // *Phys. Rev.*, 2005, v.D72, №1, p.012004-1-15.
- [91] *M.-Z. Wang, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Study of the baryon-antibaryon low-mass enhancements in charmless three-body baryonic B decays // *Phys. Lett.*, v.B617, 2005, p.141-149.
- [92] *Y.-J. Lee, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Observation of $B^+ \rightarrow p \bar{\Lambda} \gamma$ // *Phys. Rev. Lett.*, v.95, 2005, p.061802.
- [93] *M. Iwasaki, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.)*. Improved measurement of the electroweak penguin process $B \rightarrow X s l l$ // *Phys. Rev.*, v.D72, 2005, p.092005.
- [94] *Y. Enari, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov,*

- V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Search for lepton flavor violating decays tau→l-pi0, l- eta, l- eta' // Phys. Lett., v.B622, 2005, p.218-228.*
- [95] *L.M. Zhang, ..., A. Bondar, S. Eidelman, N. Gabyshev, P. Krokovny, B. Shwartz, V. Sidorov, et al. (Belle Collab.). Search for B⁰ → J/ψantiD⁰ and B⁺ → J/ψantiD⁰/π⁺ decays // Phys. Rev., 2005, v.D71, №9, p.091107-1-6..*
- [96] *K.F. Chen, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, N. Root, B. Shwartz V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Measurement of polarization and triple-product correlations in B→phiK* decays // Phys. Rev. Lett., 2005, v94, №226 p.221804-1-5.*
- [97] *K.-F. Chen, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Measurement of polarization and triple-product correlations in B → φK* decays // Phys. Rev. Lett., v.94, 2005, p.221804.*
- [98] *Y. Ushiroda, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Measurement of time-dependent CP-violating asymmetry in B0→Ks pi0 gamma decay // Phys. Rev. Lett., v.94, 2005, p.231601.*
- [99] *C.C. Kuo, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Measurement of gamma gamma→p p-bar production at Belle // Phys. Lett., v.B621, 2005, p.41-55.*
- [100] *K. Abe, ..., A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Phys. Rev. Lett., v.95, 2005, p.101801. Improved evidence for direct CP violation in B⁰ → π⁺π⁻ decays and model-independent constraints on φ₂ // Phys. Rev. Lett., 005, v.95, №10, p.101801-1-6.*
- [101] *K. Hayasaka, ..., V. Aulchenko, I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Search for τ → eγ decay at Belle // Phys. Lett., v.B613, 2005, p.20-28.*
- [102] *H. Miyake, M. Hazumi, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, D. Epifanov, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, B. Shwartz, V. Sidorov, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Phys. Lett., v.B618, 2005, p.34-42.*
- [103] *J. Schuemann, ..., I. Bedny, A. Bondar, S. Eidelman, N. Gabyshev, P. Krokovny, A. Kuzmin, A. Poluektov, N. Root, B. Shwartz, V. Zhilich, et al. (Belle Collab.). Observation of B0bar→D0 eta' and B0bar→D*0 eta' // Phys. Rev., v.D72, №1, 2005, p.011103-1-6.*
- [104] *С.Е. Бару, В.Р. Грошев, В.В. Леонов, В.В. Порошев, Г.А. Савинов. Рентгенографическая установка сканирующего типа // Патент RU 2257639, "Изобретения. Полезные модели", 27 июля 2005.*
- [105] *С.Е. Бару. СРК "Сибскан" – новая система досмотра пассажиров // Аэрокосмический курьер, №4, 2005, с.56.*
- [106] *В.В. Кретов, Ю.Г. Украинцев. Информационные технологии при сканирующей рентгенографии // Медицинская техника, №3, 2005, с.32-36.*
- [107] *С.Е. Бару, Ю.Г. Украинцев. Безопасная цифровая рентгенография на основе сканирующей технологии получения изображений // Медицинский алфавит, №5, 2005, с.12-15.*

- [108] Ю.И. Хвостышков, Ю.Г. Украинцев. Современные сканирующие системы для скрининг-диагностики // Медицинский алфавит, №12, 2005, с.8-10.
- [109] A. Aulchenko, V. Zhulanov, L. Shekhtman, B. Tolochko, I. Zhogin, O. Evdokov and K. Ten. One-dimensional detector for study of detonation processes with synchrotron radiation beam // NIM, A, v.543, №1, 2005, p.350-356.
- [110] Z. Fraenkel, L. Shekhtman, ..., et al. A hadron blind detector for the PHENIX experiment at RHIC // NIM, A, v.546, №3, 2005, p.466-480.
- [111] А.И. Романенко, О.Б. Аникеева, Р.В. Горбачев, Е.И. Жмуриков, К.В. Губин, П.В. Логачев, М.С. Авиллов, С.В. Цыбуля, Г.Н. Крюкова, Е.Б. Бургина, Л. Теччио. Новый материал на основе изотопа углерода ^{13}C для нейтронных мишеней // РАН, серия: Неорганические материалы, 2005, т.41, №5, с.531-539.
- [112] Б.И. Гришанов, М.Н. Кондауров, А.С. Медведко, В.В. Раценко, Ю.Ф. Токарев. Система питания модулятора электронной пушки ускорителя ЛУЭ-200 // Письма в ЭЧАЯ. 2005. т.2, №3(126), с.86-91.
- [113] M.G. Fedotov, M.V. Kolmakov and S.M. Pischenyuk. The development of the multichannel recording system for short-time processes investigations on SR beams with the application of solid-state detectors // NIM, 2005, v.A543, №1, p.357-360.
- [114] M.G. Fedotov. The possibility of synchrotron radiation application for a study of small-scale (1-100 mkm) heterogeneities in the medium with shock and detonation waves // NIM, 2005, v.A543, №1, p.180-183.
- [115] V.S. Burmasov, I.V. Kandaurov, E.P. Kruglyakov, S.S. Popov. Method for studying local dynamics of plasma fluctuations in the formation process of Langmuir cavities // Transactions of Fusion Science and Technology, 2005, v.47, p.294.
- [116] K.V. Lotov. Efficient operating mode of the plasma wakefield accelerator // Phys. Plasmas, v.12, 2005, №5, p.053105(1-4).
- [117] A. Abdrashitov, G. Abdrashitov, A. Anikeev, P. Bagryansky, A. Beklemishev, P. Deichuli, A. Ivanov, S. Korepanov, V. Maximov, S. Murakhtin, A. Lizunov, V. Prikhodko, V. Kapitonov, V. Kolmogorov, A. Khilchenko, V. Mishagin, V. Savkin, A. Shoukaev, G.I. Shulzhenko, A. Solomakhin, A. Sorokin, D. Stepanov, N.V. Stupishin, Yu. Tsidulko, A. Zouev, K. Noack, G. Fiksel, D.J. Den Hartog. Status of the GDT experiment and future plans // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47 (January 2005), №1T, p.27-34.
- [118] P.A. Bagryansky, A.V. Anikeev, A.A. Ivanov, A.A. Lizunov, V.V. Maximov, S.V. Murakhtin, D.N. Stepanov, K. Noack, V.V. Prikhodko, A.L. Solomakhin. First results from SHIP experiment // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47 (January 2005), №1T, p.59-62.
- [119] A.V. Anikeev, P.A. Bagryansky, A.A. Ivanov, A.A. Lizunov, V.V. Maximov, S.V. Murakhtin, V.V. Prikhodko. Study of fast ion profiles in the gas dynamic trap // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47 (January 2005), №1T, p.92-95.
- [120] G.F. Abdrashitov, P.A. Bagryansky, D.J. Den Hartog, A.A. Ivanov, S.A. Korepanov, A.A. Lizunov, G. Fiksel, A.D. Khilchenko. Motional Stark effect diagnostic for multi-chord measurements of plasma beta in GDT // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47 (January 2005), №1T, p.159-162.
- [121] A.V. Anikeev, P.A. Bagryansky, S. Collatz, K. Noack. Plasma simulation for the SHIP experiment at GDT // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47 (January 2005), №1T, p.212-214.

- [122] *G.F. Abdrashitov, A.G. Abdrashitov, A.V. Anikeev, P.A. Bagryansky, P.P. Deichuli, A.A. Ivanov, V. Kapitonov, A.V. Kireenko, V.S. Khrestolubov, A.D. Khilchenko, S.A. Korepanov, V.V. Mishagin, S.V. Murakhtin, A.N. Shukaev, A.V. Sorokin, D.N. Stepanov, N.V. Stupishin, P.V. Zubarev.* Neutral beam injection system for the SHIP experiment // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47 (January 2005), №1Т, p.231-234.
- [123] *P.A. Bagryansky, A.D. Khilchenko, A.A. Lizunov, V.V. Maximov, A.L. Solomakhin, R.V. Vaskobounikov.* Dispersion interferometer based on CO₂ laser // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, January 2005, №1Т, p.327-329.
- [124] *А.Л. Соломахин, П.А. Багрянский, Р.В. Воскобойников, П.В. Зубарев, А.Н. Квашнин, А.А. Лизунов, В.В. Максимов, А.Д. Хильченко.* Дисперсионный интерферометр на основе СО₂ лазера // ПТЭ, 2005, №5, с.96-106.
- [125] *В.В. Приходько, А.В. Аникеев, П.А. Багрянский, А.А. Лизунов, В.В. Максимов, С.В. Мураштин, Ю.А. Цидулко.* Эффект формирования узкого радиального распределения плотности быстрых ионов в установке ГДЛ // Физика плазмы, 2005, т.31, №11, с.969-977.
- [126] *В.Н. Бочаров, А.В. Бублей, С.Г. Константинов, В.М. Панасюк, В.В. Пархомчук.* Прецизионные измерение и компенсация поперечных компонент магнитного поля соленоидов // ПТЭ, 2005, №6, с.78-86;
- [127] *А.В. Бурдаков, А.М. Кудрявцев, П.В. Логачёв, К.В. Лотов, А.В. Петренко, А.Н. Скринский.* Проект эксперимента по кильватерному ускорению на инжекционном комплексе ВЭПП-5 // Физика плазмы, 2005, т.31, №4, с.327-335.
- [128] *E.P. Kruglyakov, G.I. Dimov, A.A. Ivanov and V.S. Koidan.* Recent progress in mirror studies in Novosibirsk // Transactions of Fusion Science and Technology, v.7, №1Т, 2005, p.1-8.
- [129] *V.S. Koidan, A.V. Arzhannikov, V.T. Astrelin, A.V. Burdakov, G.E. Derevyankin, V.G. Ivanenko, I.A. Ivanov, M.V. Ivantsivsky, V.V. Konyukhov, S.A. Kuznetsov, A.G. Makarov, K.I. Mekler, V.S. Nikolaev, S.V. Polosatkin, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, A.A.Shoshin, S.L. Sinitsky, Yu.S. Sulyaev and Eh.R. Zubairov.* Progress in multimirror trap GOL-3 // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.35-42.
- [130] *A.V. Burdakov, V.I. Erofeev, and I.A. Kotelnikov.* Explanation of turbulent suppression of electron conductivity in the GOL-3 facility at the stage of relativistic electron beam injection // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.74-77.
- [131] *V.V. Postupaev, A.V. Arzhannikov, V.T. Astrelin, A.M. Averkov, A.D. Beklemishev, A.V. Burdakov, I.A. Ivanov, V.S. Koidan, K.I. Mekler, S.V. Polosatkin, A.F. Rovenskikh, A.A. Shoshin, S.L. Sinitsky, and Eh.R. Zubairov.* Role of q-profile for plasma confinement in the multimirror trap GOL-3 // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.84-91.
- [132] *I.A. Ivanov, A.V. Arzhannikov, V.T. Astrelin, A.V. Burdakov, V.S. Koidan, K.I. Mekler, S.V. Polosatkin, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, and S.L. Sinitsky.* Spectroscopy measurements of hot plasma temperature on the multimirror trap GOL-3 // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.171-174.
- [133] *S.V. Polosatkin, A.V. Burdakov, M.V. Ivantsivsky, V.S. Koidan, A.F. Rovenskikh, and V.V. Semionov.* Application of Thomson scattering system at 1.06 micron for

- study of plasma density dynamics at multimirror trap GOL-3 // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.179-182.
- [134] *V.T. Astrelin, A.V. Burdakov, and N.G. Karlykhanov.* Modelling of plasma dynamics and ion heating in multimirror trap // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.246-248.
- [135] *A. Burdakov, V. Piffel, S. Polosatkin, V. Postupaev and V. Weinzettl.* Investigation of impurity dynamics at GOL-3 facility // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.267-269.
- [136] *A.V. Burdakov, G.E. Derevyankin, V.S. Koidan, A.A. Shoshin, and Yu.A. Truneev.* Study of charge-exchange neutral emission from hot plasma at the multimirror trap GOL-3 // Transactions of Fusion Science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.324-326.
- [137] *A.V. Burdakov, A. England, C.S. Kim, V.S.Koidan, M. Kwon, V.V. Postupaev, A.F. Rovenskikh, and Yu.S. Sulyaev.* Detection of fusion neutrons on the multimirror trap GOL-3 // Transactions of Fusion science and Technology, v.47, №1Т, 2005, p.333-335.
- [138] *А.В. Аржанников, В.Т. Астрелин, А.В. Бурдаков, И.А. Иванов, В.С. Койдан, С.А. Кузнецов, К.И. Меклер, С.В. Полосаткин, В.В. Поступаев, А.Ф. Ровенский, С.Л. Сеницкий, Ю.С. Суляев, А.А. Шошин.* Исследование механизма быстрого нагрева ионов в многопробочной ловушке ГОЛ-3 // Физика плазмы, 2005, т.31, №6, с.506-520.
- [139] *J.W. Flanagan, K. Ohmi, H. Fukuma, S. Hiramatsu, M. Tobiya, (KEK) and E. Perevedentsev (BINP, Novosibirsk).* Observation of vertical betatron sideband due to electron clouds in the KEKB low energy ring // Phys. Rev. Lett., v.94, 2005, p.054801.
- [140] *Yu. Shatunov* Spin-polarized charged particle beams in high-energy accelerators // Rept. Prog. Phys., v.68, 2005, p.1997-2265.
- [141] *Yu. Shatunov* Siberian snakes in high-energy accelerators // J. Phys., v.G31, 2005, p.R151-R209.
- [142] *A.V. Otboev, Yu.M. Shatunov.* Self-polarizing electron ring for eRHIC project // NIM, v.A536, 2005, p.319-322.
- [143] *A.I. Korchagin, N.K. Kuksanov, A.V. Lavrukhin, S.N. Fadeev, R.A. Salimov, S.P. Bardakhanov, V.B. Goncharov, A.P. Suknev, E.A. Paukshtis, T.V. Larina, V.I. Zaikovskii, S.V. Bogdanov, B.S. Bal'zhinimayev.* Production of silver nano-powders by electron beam evaporation // Vacuum, v.77, 2005, p.485-491.
- [144] *D.M. Beylin, A.I. Korchagin, A.S. Kuzmin, L.M. Kurdadze, S.B. Oreshkin, S.E. Petrov, B.A. Shwartz.* Study of the radiation hardness of CsI(Tl) scintillation crystals // NIM, v.A541, 2005, p.501-515.
- [145] *И.М. Полетика, М.Г. Голковский, М.Д. Борисов, Р.А. Салимов, М.В. Перовская.* Формирование упрочняющих покрытий в пучке релятивистских электронов // Физика и химия обработки материалов, 2005, №5, с.29-41.
- [146] *П.Н. Кузнецов, Ю.Ф. Патраков, А.С. Торгашин, Л.И. Кузнецова, С.А. Семенова, Н.К. Куksанов, С.Н. Фадеев.* Влияние обработки пучком ускоренных электронов на состав и надмолекулярное строение бурых и каменных углей ряда метаморфизма // Химия в интересах устойчивого развития, №1, 2005, с.71-77.

- [147] *V.S. Fadin*. Gluon reggeization in QCD // Nucl. Phys. Proc. Suppl., v.146, 2005, p.102-107.
- [148] *A.B. Богдан, В.С. Фадин*. Двух-петлевая Реджевская траектория кварка из соотношений унитарности // Ядерная физика, т.68, 2005, с.1659-1675; Phys. Atom. Nucl., v.68, 2005, p.1599-1615.
- [149] *V.S. Fadin, R. Fiore*. Non-forward BFKL pomeron at next-to-leading order // Phys. Lett., v.B610, 2005, p.61-66; [Erratum-ibid, v.B621, 2005, p.61-66]
- [150] *V.S. Fadin, R. Fiore*. Non-forward NLO BFKL kernel // Phys. Rev., v.D72, 2005, p.014018.
- [151] *A.E. Bondar, V.L. Chernyak*, Is the BELLE result for the cross section $\sigma(e^+e^- \rightarrow J/\psi + \eta_c)$ a real difficulty for QCD ? // Phys. Lett., v.B612, 2005, p.215-222.
- [152] *В.В. Вечеславов*. Динамика гамильтоновых систем с кусочно-линейной силой // ЖЭТФ, т.127, №4, 2005, с.915.
- [153] *В.В. Вечеславов*. Вклад вторичных гармоник возмущения в сепаратрисное отображение гамильтоновой системы ЖТФ, т.75, №7, 2005, с.6.
- [154] *V. Strakhovenko, X. Artru, R. Chehab, and M. Chevallier*. Generation of circularly polarized photons for a linear collider polarized positron source // NIM, 2005, v.A547, №2/3, p.320-333.
- [155] *A. Аryan, ..., V. Strakhovenko, et al. (Na59 Collab.)*. Results on the coherent interaction of high energy electrons and photons in oriented single crystals // NIM, v.B234, 2005, p.128-137.
- [156] *A.I. Milstein and V.M. Strakhovenko*. Polarizing mechanisms for stored p and \bar{p} beams interacting with a polarized target // Phys. Rev., v.E72, 2005, p.066503.
- [157] *В.М. Хацимовский*. Дискретная квантовая гравитация в формализме исчисления Редже // ЖЭТФ, т.128, №3(9), 2005, с.489-496.
- [158] *Valentin V. Sokolov*. Disordered environment and dephasing in quantum electron transport through ballistic quantum dots // To appear in the special issue of Math. and General A.
- [159] *В.Н. Байер, В.М. Катков*. Излучение поляризованных электронов в ориентированных кристаллах при высокой энергии // NIM, v.B234, 2005, p.106-115.
- [160] *В.Н. Байер, В.М. Катков*. Концепция длины формирования в теории излучения // Physics Reports, v.409, 2005, p.261-359.
- [161] *В.Н. Байер, В.М. Катков*. Когерентное и некогерентное рождение пар фотоном в ориентированных монокристаллах // Physics Letters, v.A346, 2005, p.359-366.
- [162] *I.B. Khrilovich*. Quantized black holes, their spectrum and radiation // World Scientific, to be published; gr-qc/0506082.
- [163] *I.B. Khrilovich, G.Yu. Ruban*. Quasinormal modes for arbitrary spins in the Schwarzschild background // Symm. Integr. Geom., 1 (2005) 013; gr-qc/0511056.
- [164] *V.F. Dmitriev, V.V. Flambaum*. Relativistic corrections to the nuclear Schiff moment // Phys. Rev., v.C71, 2005, p.068501.
- [165] *V.F. Dmitriev, R.A. Sen'kov, N. Auerbach*. Effects of core polarization on the nuclear Schiff moment // Phys. Rev., v.C71, 2005, p.035501.
- [166] *G.G. Kirilin*. Quantum corrections to spin effects in general relativity // Nucl. Phys., v.B728, 2005, p.179.

- [167] *A.I. Milstein, O.P. Sushkov.* Vacuum polarization radiative correction to the parity violating electron scattering on heavy nuclei // *Phys. Rev.*, v.C71, 2005, p.045503.
- [168] *Р.Н. Лу, А.И. Мильштейн, В.М. Страховенко, О.Я. Шварц.* Кулоновские поправки к тормозному излучению в электрическом поле атома при высоких энергиях // *ЖЭТФ*, 2005, т.127, №1, с.5-17.
- [169] *R.N. Lee, A.I. Milstein, I.S. Terekhov, S.G. Karshenboim.* Virtual light-by-light scattering and the g factor of a bound electron // *Phys. Rev.*, v.A71, 2005, p.052501.
- [170] *S.G. Karshenboim, R.N. Lee, A.I. Milstein.* The g factor of an electron or muon bound by an arbitrary central potential // *Phys. Rev.*, v.A72, 2005, p.042101.
- [171] *A.I. Milstein, I.S. Terekhov, U.D. Jentschura, C.H. Keitel.* *Phys. Rev.*, v.A72, 2005, p.052104. Laser-dressed vacuum polarization in a Coulomb field // *Phys. Rev.*, v.A72, 2005, p.052104.
- [172] *A.G. Grozin, C. Sturm.* Correlator of heavy-quark currents at small q^2 in the large- β_0 limit // *Eur. Phys. J.*, v.C40, №2, 2005, p.157-164.
- [173] *A.G. Grozin.* B -meson distribution amplitudes // *Int. J. Mod. Phys.*, v.A20, 2005, p.7451-7484.
- [174] *Pestrikov D.V.* Dipole beam breakup electron cloud instability of a relativistic positron bunch with a smooth model linear density // *NIM*, 2005, v.A553, N3, p.416-433.
- [175] *Pestrikov D.V.* Longitudinal cooling force due to magnetized electrons // *NIM*, 2005, v.A554, N1/3, p.13-19.
- [176] *Fadin V.S., Fiore R.* Nonforward NLO Balitsky-Fadin-Kuraev-Lipatov kernel // *Phys. Rev.* 2005, v.D72, N1, p.014018-1-22.
- [177] *Димов Г.И.* Амбиполярная ловушка // *УФН*, 2005, т.175, N11, с.1185-1206.
- [178] *Петров А.К., Козлов А.С., Тарабан М.Б., Горячковская Т.Н., Малышкин С.Б., Попик В.М., Пельтек С.Е.* Мягкая абляция биологических объектов под воздействием субмиллиметрового излучения лазера на свободных электронах // *ДАН*, 2005, т.404, №5, с.698-700.
- [179] *Bahr J., Djordjadze V., Lipka D., Onuchin A., Stephan F.* Silica aerogel radiators for bunch length measurements // *NIM*, 2005, v.A538, №1/3, p.597-607.
- [180] *Fisenko A.N., Kosov A.V., Kozak V.R., Kuper E.A., Pirogov B.Ja., Sheromov M.A., Zolotarev K.V.* Coordinate-sensitive ionization chamber with high spatial resolution // *NIM*, 2005, v.A543, №1, p.361-364.
- [181] *Batrakov A., Iljin I.* Software of the standalone control system for 49-pole superconducting wiggler // *NIM*, 2005, v.A543, №N1, p.386-290.
- [182] *Miginsky S.V., Kulipanov G.N., Vinokurov N.A.* A facility for a few views X-ray tomography of transient processes // *NIM*, 2005, v.A543, №1, p.166-169.
- [183] *Феклистов В.В., Тимченко А.Х., Анчаров А.И., Шеромов М.А., Манаков А.Ю.* Камера для рентгеновской дифрактометрии образцов газовых гидратов в диапазоне давлений до 700 атм // *ПТЭ*, 2005, №6, с.134-136.
- [184] *Бухтияров В.И., Гаврилов Н.Г., Легкодымов А.А., Лях В.В., Низовский А.И., Николенко А.Д., Пиндюрин В.Ф., Полетаев И.В., Семенов Е.П., Холопов М.А., Чернов В.А., Шеромов М.А.* Станция мягкого рентгеновского диапазона на синхротронном излучении из накопителя ВЭПП-3 для исследования многослойных структур // *Поверхность*, 2005, №8, с.13-15.

- [185] *Анчаров А.И., Вазина А.А., Кондратьев В.И., Корнеев В.Н., Пиндюрин В.Ф., Сергиенко П.М., Шелестов В.М., Шеромов М.А.* Поверхность, 2005, №9, с.44-48.
- [186] *Афанасьев В.П., Воблый П.Д., Колмогоров, Уткин А.В., Хавин Н.Г.* Магнитные свойства алмазов природного происхождения // Поверхность, 2005, №96 с.60-63.
- [187] *Гольденберг Б.Г., Генцелев А.Н., Лях В.В., Пиндюрин В.Ф., Щеголев Л.М., Елисейев В.С., Коньшиев К.А.* Позиционно-чувствительный “прозрачный” монитор положения пучков СИ на станции LIGA накопителя ВЭПП-3 // Поверхность, 2005, №9, с.54-59.
- [188] *Bogomolov G.D., Jeong Young Uk, Zhizhin G.N., Nikitin A.K., Zavyalov V.V., Kazakevich G.M., Lee Byung Cheol, Rijova T.A.* First experiments on application of free-electron laser terahertz radiation for optical control of metal surfaces // Поверхность, 2005, №5, с.57-63.
- [189] *Khriplovich I.B.* Radiation of quantized black hole // ЖЭТФ, 2005, v.127, №66 с.1223-1229.
- [190] *Anan'ev V.D., Frolov A.R., Furman W.I., Gurov S.M., Kobets V.V., Kuvatbekov R.P., Logachev P.V., Meshkov I.N., Pavlov V.M., Pyataev V.G., Shirkov G.D., Shvets V.A., Skarbo B.A., Soumbaev A.P., Tretiyakov I.T.* Intense resonance neutron source (IREN) - new pulsed source for nuclear physical and applied investigations // Письма в ЭЧАЯ, 2005, v.2, №3(126), p.11-18.
- [191] *Павлов В.М.* Расчет двух связанных резонаторов в режиме ускорения и рекуперации энергии пучка // Письма в ЭЧАЯ, 2005, т.2, №3(126), с.67-71.
- [192] *Менушенков А.П., Ракшун Я.В., Михеева М.Н., Клементьев К.В., Теплов А.А., Брязкало А.М.* Локальный структурный переход кристалл-квазикристалл в Al-Cu-Fe // ЖЭТФ, 2005, т.81, №9, с.595-599.
- [193] *Kozhevnikov A.V., Timchenko N.A., Zabaev V.N., Popik V.M.* Adding of microtron electron bunches for improving of far infrared FEL performance // NIM, 2005, v.A543, №1, p.118-121.
- [194] *Rylov G.M., Sheremetyev I.A., Fedorova E.N., Gorfman S.V., Kulipanov G.N., Sobolev N.V.* Registration and measurement of deformation reorientation in natural diamond lattice by the synchrotron Laue-SR method // NIM, 2005, v.A543, №1, p.131-133.
- [195] *Goldberg E.L., Grachev M.A., Chebykin E.P., Phedorin M.A., Kalugin I.A., Khlystov O.M., Zolotarev K.V.* Scanning SRXF analysis and isotopes of uranium series from bottom sediments of Siberian lakes for high-resolution climate reconstructions // NIM, 2005, v.A543, №1, p.250-254.
- [196] *Goldberg E.L., Gorbarenko S.A., Shaporenko A.D., Phedorin M.A., Artemova A.V., Bosin A.A., Zolotarev K.V.* SRXFA for element compositions of bottom sediments from the Okhotsk Sea // NIM, 2005, v.A543, №1, p.280-283.
- [197] *Chernov V.A., Kuper K.E., Legkodymov A.A., Lyakh V.V., Pindyurin V.F., Mohr J., Nazmov V.P., Reznikova E.F., Saile V.* // Study of SR beam focusing with X-ray compound refractive lenses at the VEPP-3 storage ring // NIM, 2005, v.A543, №1, p.326-332.
- [198] *Daryin A.V., Kalugin I.A., Maksimova N.V., Smolyaninova L.G., Zolotarev K.V.* Use of a scanning XRF analysis on SR beams for VEPP-3 storage ring for research

- of core bottom sediments from Teletskoe Lake with the purpose of high resolution quantitative reconstruction of last millennium paleoclimate // NIM, 2005, v.A543, №1, p.255-258.
- [199] *Trakhtenberg E., Cheskidov V., Vasserman I., Vinokurov N., Erdmann M., Pfluger J.* Undulator for the LCLS project-from the prototype to the full-scale manufacturing // NIM, 2005, v.A543, №1, p.42-46..
- [200] *Kuzmin A.V., Shevchenko O.A., Vinokurov N.A.* Numerical modeling of the Novosibirsk terahertz FEL and comparison with experimental results // NIM, 2005, v.A543, №1, p.114-117.
- [201] *Batnikov A., Churkin I., Kiselev O., Korchuganov V., Kuroda M., Philipchenko A., Schegolev L., Schreiner K., Sinyatkin S., Steshov A., Tsuchida Y., Ushakov V.* Bending magnets for the SAGA storage ring // NIM, 2005, v.A543, №1, p.47-50.
- [202] *Bondarenko A.V., Miginsky S.V.* Simulation and minimization of thermal deformation of mirrors in a resonator of free electron laser // NIM, 2005, v.543, №1, p.110-113.
- [203] *Cherkassky V.S., Knyazev B.A., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Kuryshev G.L., Matveenko A.N., Petrov A.K., Popik V.M., Scheglov M.A., Shevchenko O.A., Vinokurov N.A.* Imaging techniques for a high-power THz free electron laser // NIM, 2005 v.A543, №1, p.102-109
- [204] *Ten K.A., Evdokov O.V., Zhogin I.L., Zhulanov V.V., Zubkov P.I., Kulipanov G.N., Luk'yanchikov L.A., Merzhievsky L.A., Pirogov B.Ya., Pruel E.R., Titov V.M., Tolochko B.P., Sheromov M.A.* Density distribution reconstruction of the detonation front of high explosive using synchrotron radiation data // NIM, 2005 v.Φ543, №1, p.170-174.
- [205] *Korneev V.N., Sergienko P.M., Matyushin A.M., Shektarev V.A., Ariskin N.I., Shishkov V.I., Gorin V.P., Sheromov M.A., Aul'chenko V.M., Zabelin A.V., Stankevich V.G., Yudin L.I., Vazina A.A.* Current status of the small-angle station at Kurchatov center of synchrotron radiation // NIM, 2005, v.A543, №1, p.368-374.
- [206] *Batnikov A.M., Khrushchev S.V., Kraemer D., Kulipanov G.N., Lev V.H., Mezentsev N.A., Miginsky E.G., Shkaruba V.A., Syrovatin V.M., Tsukanov V.M., Zjurba V.K., Zolotarev K.V.* Nine tesla superconducting bending magnet for BESSY-II // NIM, 2005, v.A543, №1, p.35-41. .
- [207] *Ancharov A.I., Baryshev V.B., Chernov V.A., Gentshev A.N., Goldenberg B.G., Kochubei D.I., Korchuganov V.N., Kulipanov G.N., Kuzin M.V., Levichev E.B., Mezentsev N.A., Mishnev S.I., Nikolenko A.D., Pindyurin V.F., Sheromov M.A., Tolochko B.P., Sharafutdinov M.R., Shmakov A.N., Vinokurov N.A., Vobly P.D., Zolotarev K.V.* 49 Status of the Siberian radiation center // NIM, 2005, v.A543, №1, p.1-13..
- [208] *Bolotin V.P., Vinokurov N.A., Kayran D.A., Knyazev B.A., Kolobanov E.I., Kotenkov V.V., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Matveenko A.N., Medvedev L.E., Miginsky S.V., Mironenko L.A., Oreshkov A.D., Ovchar V.K., Popik V.M., Salikova T.V., Serednyakov S.S., Skrinisky A.N., Shevchenko O.A., Scheglov M.A.* Status of the Novosibirsk terahertz FEL // NIM, 2005, , v.A543, №1, p.81-84.
- [209] *Barnyakov A.Yu., Barnyakov M.Yu., Bobrovnikov V.S., Buzykaev A.R., Danilyuk A.F., Kirillov V.L., Kononov S.A., Kravchenko E.A., Onuchin A.P.* Focusing aerogel RICH (FARICH) // NIM, 2005, , v.A553, №1/2, p.70-75.

- [210] *Abe K., ..., Anipko D., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Kuzmin A., Poluektov A., Shwartz B., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Observation of the $D/\text{sab } 1/(2420) \rightarrow D \pi^+ \pi^-$ decays // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №22, p.221805-1-6.
- [211] *Li J., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Sidorov V., et al. (Belle Collab.)*. Search for $D/\text{sab } 0^- \rightarrow D/\text{sab } -0^- \rightarrow K^+ \pi^-$ decays and measurement of the doubly-cabibbo-suppressed decay rate // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №7, p.071801-1-5.:
- [212] *Zhang J., ..., Aulchenko V., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Shwartz B., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Measurement of the Branching fraction and CP asymmetry in $B^+ \rightarrow \rho^+ \pi^0$ // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №3, p.031801-1-5.
- [213] *Drutskoy A., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Zhilich V., et al (Belle Collab.)*. Observation of $B/\text{sab } -0^- \rightarrow D^*/\text{sub sj}/(2317) + K^-$ decay // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №6, p.061802-1-6.
- [214] *Chao Y., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Shwartz B., Sidorov V., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Observation of $B/\text{sab } 0^- \rightarrow \pi^0 \pi^0$ // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №18, p.181803-1-6.
- [215] *Mizuk R., ..., Aulchenko V., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Observation of an isotriplet of excited charmed baryons decaying to $\lambda^+ / \text{sub } c / \pi$ // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №12, p.122001-1-5.
- [216] *Wang C.C., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Krokovny P., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Study of $B/\text{sab } 0^- \rightarrow \rho^+ \pi^-$ time-dependent CP violation at Belle // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №12, p.121801-1-6.
- [217] *Saigo M., ..., Aulchenko V., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Poluektov A., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Study of the suppressed decays $B^- \rightarrow [K^+ \pi^-] / \text{sub } d / K^-$ and $B^- \rightarrow [K^+ \pi^-] / \text{sub } d / \pi^-$ // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №9, p.091601-1-6.
- [218] *Yang H., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Observation of $B^+ \rightarrow K / \text{sub } 1/(1270)^+ \gamma$ // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №11, p.111802-1-5.
- [219] *Zhang J., Arinstein K., ..., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P. et al. (Belle Collab.)*. Measurements of the branching fraction and polarization in $B^+ \rightarrow \rho^+ K^{*0}$ decays // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.95, №14, p.141801-1-5.
- [220] *Choi S.-K., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Shwartz B. et al. (Belle Collab.)*. Observation of a Near-Threshold $\omega J/\psi$ mass enhancement in exclusive $B \rightarrow K \omega J/\psi$ decays // *Phys. Rev. Lett.*, 2005, v.94, №18, p.182002-1-6.
- [221] *Achasov M.N., Beloborodov K.I., Berdyugin A.V., Bogdanchikov A.G., Bozhenok A.V., Bukin A.D., Bukin D.A., Dimova T.V., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Koop I.A., Korol A.A., Koshuba S.V., Lysenko A.P., Otboev A.V., Pakhtusova E.V., Serednyakov S.I., Shatunov Yu.M., Sidorov V.A., Silagadze Z.K., Skrinsky A.N., Tikhonov Yu.A., Vasiljev A.V.* Study of the process $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$ in the energy region 400(radicals) 1000 MeV // *ЖЭТФ*, 2005, v.128, №(12), c.1201-1219.
- [222] *Adam I., Aleksan R., Amerman L., Antokhin E., Aston D., Bailly P., Beigbeder C., Benkebil M., Besson P., Bonneaud G., Bourgeois Ph., Breton D., Briandd H.,*

- Brochard F., Brown D.N., Buzykaev A., Chauveau J., Cizeron R., Cohen-Tanugi J., Convery M., Dardin S., David P., De Domenico G., de la Vaissiere C., de Lesquen A., Dohou F., Doser M., Emery S., Ferrag S., Fouque G., Gaidot A., Ganzhur S., Gastaldi F., Geld T., Genat J-F., Giraud P.F., Gosset L., Grenier Ph., Haas T., Hadig T., Hale D., Hamel de Monchenault G., Hamon O., Hartfiel B., Hast C., Hoecker A., John M., Kadel R.W., Kadyk J., Karolak M., Kawahara H., Krishnamurthy M., Lacker H., Lebbolo H., Le Diberder F., Legendre M., Leruste Ph., Libby J., London G.W., Long M., Lory J., Lu A., Lutz A.-M., Lynch G., Malchow R., Malcles J., Mancinelli G., McCulloch M., McShurley D., Martinez-Vidal F., Matricon P., Mayer B., Maedows B.T., Mikhailov S., Mir L1.L., Muller D., Noppe J.-M., Ocariz J., Ofte I., Onuchin A. u др.* The DIRC particle identification system for the BaBar experiment // NIM, 2005, v.A538, №1/3, p.281-357.
- [223] *Colas J., Di Ciaccio L., El Kacimi M., Gaumer O., Goanere M., Goujdami D., Lafaye R., Le Maner C., Neukermans L., Perrodo P., Poggioli L., Prieur D., Przywiezniak H., Sauvege G., Wingerter-Seez I., Zitoun R., Lanni F., Ma H., Rajagopalan S., Rescia S., Takai H., Belymam A., Benchekroun D., Hakimi M., Hoummada A., Barberio E., Gao Y.S., Lu L., Stroynowski R., Aleksa M., Beck Hansen J., Carli T., Fassnacht P., Gianotti F., Hervas L., Lampl W., Belhorma B., Collot J., Gallin-Martel M.L., Hostachy J.Y., Ledroit-Guillon F., Martin P., Ohlsson-Malek F., Saboumazrag S., Viret S., Letchouk M., Parsons J.A., Seman M., Barreiro F., Del Peso J., Labarga L., Oliver C., Rodier S., Barrillon P., Benchouk C., Djama F., Duval P.Y., Henry-Couannier F., Hubaut F., Monnier E., Pralavorio P., Sauvage D., Serfon C., Tisserant S., Toth J., Banfi D., Carminati L., Cavalli D., Costa G., Delmastro M., Fanti M., Mandelli L., Mazzanti M., Tartarelli G.F., Kotov K., Maslennikov A., Pospelov G., Tikhonov Yu., et al.* Position resolution and particle identification with the ATLAS EM calorimeter // NIM, 2005, v.A550, №1/2, p.96-115.
- [224] *Vasina A.A., Budantsev A.Yu., Bras W., Deshcherevskaya N.P., Dolbnya I.P., Gadzhiev A.M., Korneev V.N., Lanina V.N., Letyagin V.P., Maevsky E.I., Matyushin A.M., Podolsky I.Ya., Samsonova M.V., Sergienko P.M., Simonova N.B., Strankevich V.G., Trunova V.A., Vavilov V.M., Chernyaev A.L., Sharafutdinov M.R., Sheromov M.A.* X-ray diffraction and spectral studies of biological native and modified tissues // NIM, 2005, v.A543, №1, p.297-301.
- [225] *Николенко А.Д., Овдин Г.Л., Пиндюрин В.Ф., Полетаев И.В., Холопов М.А., Чернов В.А., Шеромов М.А.* Метрологическая станция СИ мягкого рентгеновского диапазона (100-5000 эВ) // Отчет НИР, ВНТИЦ (Москва, РФ), ИК (информационная карта): регистрационный номер 01.2.00312824 - инвентарный номер 0220.0 406482 - дата утверждения 08.12.2004, код ВНТИЦ 164000 685 03 23. -24с, 17 ил.
- [226] *Burdakov A.V., Arzhannikov A.V., Astrelin V.T., Ivanov I.A., Ivantsivsky M.V., Koidan V.S., Mekler K.I., Polosatkin S.V., Postupaev V.V., Rovenskikh A.F., Sinitsky S.L., Sulyaev Yu.S.* Plasma heating and confinement in the GOL-3 multiple mirror TRAP // Problems of Atomic Science and Technology. Ser. Plasma Phys., (11), 2005, N2, p.8-10.
- [227] *Vyacheslavov L.N., Tanaka K., Sanin A.L., Kawahata K, Michael C., Akiyama T.* 2-D phase contrast imaging of turbulence structure on LHD // IEEE Trans. on Plasma Science, 2005, v.33, N2, p.464-465.

- [228] *Abe K., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Shwartz B., Sidorov V., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Improved measurement of CP-violation parameters $\sin 2\phi_1$ and $|A|$, B meson lifetimes, and B^- anti B^0 mixing parameter δtam_d // *Phys. Rev.*, 2005, v.D71, №7, p.072003-1-12.
- [229] *Chang Mc., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Root N., Shwartz B., Sidorov V., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Search for $B^0 \rightarrow p$ anti p , $B^0 \rightarrow \lambda$ anti λ , and $B^+ \rightarrow p$ anti λ at Belle // *Phys. Rev.*, 2005, v.D71, №7, p.072007-1-5.
- [230] *Garmach A., ..., Aulchenko V., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Kuzmin A., Poluektov A., Shwartz B., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Dalitz analysis of the three-body charmless decays $B^+ \rightarrow K^+\pi^+\pi^-$ and $B^+ \rightarrow K^+K^+K^-$ // *Phys. Rev.*, 2005, v.D71, №9, p.092003-1-24 //
- [231] *Chang P., ..., Bedny I., Bondar A., Eidelman S., Gabyshev N., Krokovny P., Zhilich V., et al. (Belle Collab.)*. Measurements of branching fractions and CP asymmetries in $B \rightarrow \eta h$ decays // *Phys. Rev.*, 2005, v.D71, №9, p.091106-1-6.
- [232] *Aubert B., ..., Blinov A.E., Blinov V.E., Druzhinin V.P., Golubev V.B., Ivanchenko V.N., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Yushkov A.N., et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the branching fractions for inclusive B- and anti B^0 decays to flavor-tagged D, D_s , and λ_s // *Phys. Rev.*, 2005, v.D70, №9, p.091106-1-8.
- [233] *Aubert B., ..., Blinov V.E., Bukin A.D., Golubev V.D., Ivanchenko V.N., Kravchenko E.A., Onuchin A.P., Serednyakov S.I., Skovpen Yu.I., Solodov E.P., Yushkov A.N., et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of the branching fractions of charged B decays to $K^+\pi^+\pi^-$ final states // *Phys. Rev.*, 2005, v.D70, №9, p.092001-1-9.
- [234] *Бурдаков А.* Многопробочная ловушка ГОЛ-3 // *Энергия-Импульс*. 2005, №3/4, с.5.
- [235] *Пиндюрин В.* Синхротронное излучение: проблемы и перспективы // *Энергия-Импульс*. 2005, №11/12, с.1-2.
- [236] *Тельнов В.* Международный линейный коллайдер // *Энергия-Импульс*, 2005, №9/10, с.1-4.
- [237] *Кругляков Э.П.* Звездные реакторы на пути к термоядерной энергетике // *Наука из первых рук*, 2005, №2, с.54-61.
- [238] *Кругляков Э.П.* Очень полезные "отходы" науки // *Цена и здоровье*, 2005, №1, с.4-5.
- [239] *Ларионов Э.Г., Аладко Е.Я., Журкоф В., Лихачева А.Ю., Анчаров А.И., Шеромов М.А., Курносоев А.В., Манаков А.Ю., Горянов С.В.* Клатратные гидриды гексагональной структуры III при высоких давлениях: структуры и фазовые диаграммы // *Журнал структурной химии*. 2005, т.46, p.S59-S64.
- [240] *Бобровникова О.Н., Генцелев А.Н., Гольденберг Б.Г., Елисеев В.С., Лях В.В., Мезенцева Л.А., Петрова Е.В., Пиндюрин В.Ф., Яковенко Е.О.* Формирование и исследование толстых резистивных слоев ПММА для LIGA-технологии // *Поверхность*, 2005, №9, с.38-43.

ДОКЛАДЫ НА КОНФЕРЕНЦИЯХ

- [241] *O.I. Meshkov*. Application of the beam profile monitor for VEPP-4M tuning // DIPAC'05, 6-8 June, 2005, Lyon, France.
- [242] *V.A. Kvardakov*. A project of the 2.5 GeV booster-synchrotron in BINP // Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA, .
- [243] *A.N. Zhuravlev*. Application of the beam profile monitor for VEPP-4M tuning // CAS, Trieste, Italy, 2-14 Oct. 2005.
- [244] *D.N. Shatilov*. Beam-beam simulations with large synchrotron tune for strong RF focusing scheme // ICFA Mini-Workshop on Frontiers of Short Bunches in Storage Rings, 7-8 November, 2005, Frascati National Laboratories, Italy.
- [245] *E.B. Levichev*. The use of wigglers for damping rings // ICFA Mini-Workshop on Frontiers of Short Bunches in Storage Rings, 7-8 November, 2005, Frascati National Laboratories, Italy.
- [246] *P.A. Piminov*. Dynamic aperture of the strong RF focusing storage ring // ICFA Mini-Workshop on Frontiers of Short Bunches in Storage Rings, 7-8 November, 2005, Frascati National Laboratories, Italy.
- [247] *S.A. Nikitin*. Simulation of Touschek effects for DAFNE with strong RF focusing // ICFA Mini-Workshop on Frontiers of Short Bunches in Storage Rings, 7-8 November, 2005, Frascati National Laboratories, Italy.
- [248] *S.A. Nikitin*. Gravitational instability of protoplanetary disc // Международное совещание: Происхождение и эволюция биосферы, 26-29 июня 2005, Новосибирск, Россия.
- [249] *V.A. Kiselev*. VEPP-4M collider: status and plans // Proc. of XIX International Workshop on Charged Particle Accelerators, 12-18 September, 2005, Ukraine, Alushta, the Crimea, - Kharkov, НИЦ ХФТИ, 2005, p.19.
- [250] *E.V. Kremyanskaya*. The perspectives of measurements of the photofission cross-sections of heavy nuclei near the fission threshold on the storage rings at Budker INP // 5th Conference on Nuclear and Particle Physics (NUPPAC-05), 19-23 November, 2005, Cairo, Egypt.
- [251] *S.E. Karnaev*. Integration of PCs into the VEPP-4 control system // 5th International Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls, 22-25 March, 2005, Japan.
- [252] *S.E. Karnaev*. Automation of operations on the VEPP-4 control system // ICALEPCS'05, 10-14 November, 2005, Geneva, Switzerland.
- [253] *I.I. Morozov*. The precision control of temperature in VEPP-4M accelerator facility // 5th International Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls, 22-25 March, 2005, Japan.
- [254] *V.V. Anashin, R.V. Dostovalov, A.A. Krasnov*. Summary of resent studies of cryosorbers for LHC long straight sections // Particle Accelerator Conference (PAC-05), Knoxville, Tennessee, USA, May 16-20 2005. - Proc. of "PAC-05", JACoW, October 2005, p.791-793; <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/p05/PAPERS/TPAP002.PDF>.

- [255] *V.V. Anashin, R.V. Dostovalov, A.A. Krasnov.* Cryosorption pumping for LHC LSS vacuum chamber // 5th Conference on Nuclear and Particle Physics (NUPPAC-05), 19-23 November 2005, Cairo, Egypt. - Abstract AR2-1 (Book of Abstracts).
- [256] *H. Arenhovel, L.M. Barkov, V.F. Dmitriev, A.V. Grigoriev, M.V. Dyug, L.G. Isaeva, B.A. Lazarenko, S.I. Mishnev, D.M. Nikolenko, I.A. Rachek, R.Sh. Sadykov, Yu.V. Shestakov, D.K. Toporkov, S.A. Zevakov, et.al.* Elastic and inelastic electron scattering by tensor polarized deuteron // 15th National Conference On Nuclear Physics: Frontiers in the Physics of Nucleus, St-Peterburg. - Book of Abstracts, St-Peterburg State University, 2005, p.201.
- [257] *D.K. Toporkov, H. Arenhovel, L.M. Barkov, A.V. Grigoriev, V.F. Dmitriev, M.V. Dyug, L.G. Isaeva, B.A. Lazarenko, S.I. Mishnev, D.M. Nikolenko, I.A. Rachek, R.Sh. Sadykov, Yu.V. Shestakov, S.A. Zevakov, et.al.* Measurement of tensor analyzing powers in deuteron photodisintegration // Proc. of the 16th International Spin Physics Symposium and Workshop on Polarized Electron Sources and Polarimeters (SPIN-2004), Trieste, Italy, 2005. - World Scientific Publishing, p.597-600.
- [258] *H. Arenhovel, L.M. Barkov, A.V. Grigoriev, V.F. Dmitriev, M.V. Dyug, L.G. Isaeva, B.A. Lazarenko, S.I. Mishnev, D.M. Nikolenko, I.A. Rachek, R.Sh. Sadykov, Yu.V. Shestakov, D.K. Toporkov, S.A. Zevakov, et.al.* Tensor analyzing power in exclusive π^- -meson photoproduction on deuteron // Proc. of the 16th International Spin Physics Symposium and Workshop on Polarized Electron Sources and Polarimeters (SPIN-2004), Trieste, Italy, 2005. - World Scientific Publishing, p.593-596.
- [259] *D.M. Nikolenko, H. Arenhovel, L.M. Barkov, A.V. Grigoriev, V.F. Dmitriev, M.V. Dyug, L.G. Isaeva, B.A. Lazarenko, S.I. Mishnev, I.A. Rachek, R.Sh. Sadykov, Yu.V. Shestakov, D.K. Toporkov, S.A. Zevakov, et al,* Measurement of tensor polarization observable in deuterium photodisintegration at photon energy 40-500 MeV // 5th International Conference on Nuclear and Radiation Physics, Alma-Ata, Kazakhstan, 2005. - Abstracts, 2005, TOO "Print-S"; Alma-Ata, p.103-104,
- [260] *Yu.V. Shestakov.* Measurement of tensor analyzing power in deuteron photodisintegration at the VEPP-3 storage ring // 11th International Workshop on High Energy Spin Physics (DUBNA-SPIN-05), 27 September - 1 October 2005, Dubna, Russia. - Abstracts (UINR), 2005, p.25.
- [261] *A. Bogomyagkov, V.E. Blinov, V.P. Cherepanov, V. Kiselev, E. Levichev, S.I. Mishnev, N.Yu. Muchnoi, S.A. Nikitin, A.G. Shamov, G.M. Tumaikin, D.M. Nikolenko, A.N. Skrinsky, Yu.A. Tikhonov, I.B. Nikolaev, E.I. Shubin, D.K. Toporkov, et al.* Precise energy measurement in experiments on VEPP-4M collider // Proc. of Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA, - Proc.of 2005 PAC. - Knoxville, Tennessee, 2005, p.1138.
- [262] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.).* Search for the W-exchange decays $B_0 \rightarrow D(S)^*(*)-D(S)^*(*)+$ // Contributed to 11th International Conference on Hadron Spectroscopy (Hadron05), Rio de Janeiro, Brazil, 21-26 August, 2005. - BABAR-PUB-05-44, SLAC-PUB-11502, Oct. 2005. 8p; e-print: hep-ex/0510051.
- [263] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N.*

- Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurements of the $B \rightarrow X(S \text{ GAMMA})$ branching fraction and photon spectrum from a sum of exclusive final states // Presented at EPS International Europhysics Conference on High Energy Physics (HEP-EPS 2005), 21-27 July, 2005, Lisbon, Portugal; e-print hep-ex/0508004.
- [264] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. A study of $B \rightarrow C$ and $B \rightarrow U$ interference in the decay $B^- \rightarrow [K^+ \pi^-] (D) K^{*-}$ // Contributed to EPS International Europhysics Conference on High Energy Physics (HEP-EPS 2005), 21-27 July, 2005, Lisbon, Portugal; e-print: hep-ex/0508001.
- [265] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. An amplitude analysis of the decay $B^{+-} \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ // Presented at 22nd International Symposium on Lepton-Photon Interactions at High Energy (LP 2005), Uppsala, Sweden, 30 June - 5 July 2005; e-print: hep-ex/0507025.
- [266] *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. A precision measurement of the $\Lambda_{\text{MBDA}}^+(C)$ baryon mass // Prepared for 22nd International Symposium on Lepton-Photon Interactions at High Energy (LP 2005), 30 June - 5 July, 2005, Uppsala, Sweden; e-print: hep-ex/0507009.
- [267] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. DALITZ-plot analysis of the decays $B^{+-} \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ // Presented at 22nd International Symposium on Lepton-Photon Interactions at High Energy (LP 2005), 30 June - 5 July, 2005, Uppsala, Sweden; e-print: hep-ex/0507004.
- [268] *A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, S.I. Serednyakov, Yu.I. Skovpen, E.P. Solodov, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collab.)*. Measurement of CP observables for the decays $B^{+-} \rightarrow D_0(CP) K^{*+}$ // 22nd International Symposium on Lepton-Photon Interactions at High Energy (LP 2005), 30 June - 5 July, 2005, Uppsala, Sweden; e-print: hep-ex/0507002.
- [269] *М.Н. Ачасов*. Измерение сечений процессов e^+e^- аннигиляции в адроны на ВЭПП-2М // Доклад на юбилейной научной сессии-конференции (секция ЯФ ОФН РАН): Физика фундаментальных взаимодействий, посвященной 60-летию ИТЭФ, 5-9 декабря 2005. Москва, Россия.
- [270] *S.I. Serednyakov*. VEPP-2000 plans for the study of the nucleon form factors //.. Nucleon 05 Workshop, 12-14 October, 2005, Frascati, Italy.
- [271] *V.P. Druzhinin*. Study of $e^+e^- \rightarrow p\bar{p}$ process using initial state radiation with BaBar // Nucleon 05 Workshop, 12-14 October, 2005, Frascati, Italy.
- [272] *V.P. Druzhinin*. ISR physics at BaBar // 12th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics, 25-31 August, 2005, Moscow, Russia.
- [273] *V.B. Golubev*. B-meson semileptonic decays at BaBar // Beauty 2005 Workshop, 20-24 June, 2005, Assisi (Perugia), Italy.

- [274] *S.I. Serednyakov, M.N. Achasov, K.I. Beloborodov, A.G. Bogdanchikov, A.V. Bozhenok, A.D. Bukin, D.A. Bukin, T.V. Dimova, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, A.A. Korol, S.V. Koshuba, E.V. Pakhtusova, Yu.M. Shatunov, V.A. Sidorov, Z.K. Silagadze, A.N. Skrinsky, Yu.A. Tikhonov, A.V. Vasiljev.* New results on $e^+e^- \rightarrow$ hadrons exclusive cross sections from experiments with SND detector at VEPP-2M e^+e^- collider in the energy range $\sqrt{s} = 0.4 \div 1.4$ GeV // International Europhysics Conference on High Energy Physics (HEP-EPS 2005), 21-27 July, 2005, Lisbon, Portugal.
- [275] *V.V. Anashin, V.M. Aulchenko, E.M. Baldin, A.K. Barladyan, A.Yu. Barnyakov, M.Yu. Barnyakov, S.E. Baru, I.V. Bedny, O.L. Beloborodova, A.E. Blinov, V.E. Blinov, A.E. Bobrov, V.S. Bobrovnikov, A.V. Bogomyagkov, A.E. Bondar, D.V. Bondarev, A.R. Buzykaev, S.I. Eidelman, S.E. Karnaev, G.V. Karpov, S.V. Karpov, V.A. Kiselev, S.A. Kononov, K.Yu. Kotov, E.A. Kravchenko, E.B. Kremyanskaya, V.F. Kulikov, E.A. Kuper, E.B. Levichev, V.M. Malyshev, A.L. Maslennikov, A.S. Medvedko, O.I. Meshkov, S.I. Mishnev, N.Yu. Muchnoi, D.A. Muravlyansky, A.I. Naumenkov, S.A. Nikitin, I.B. Nikolaev, A.P. Onuchin, S.B. Oreshkin, I.O. Orlov, Yu.A. Pakhotin, S.V. Peleganchuk, S.S. Petrosyan, S.G. Pivovarov, A.O. Poluektov, G.E. Pospelov, V.G. Prisekin, A.A. Ruban, G.A. Savinov, A.G. Shamov, D.N. Shatilov, V.V. Smaluk, B.A. Shwartz, V.A. Sidorov, E.A. Simonov, Yu.I. Skoupen, A.N. Skrinsky, R.G. Snopkov, A.M. Soukharev, 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.* Precision measurements of masses of charmonium states // EPS International. Europhysics Conference on High Energy Physics (HEP-2005), 21-27 July, 2005, Lisboa, Portugal. - Proc. of Science. - p.115. 2006.
- [276] *S. Araki, ..., B.I. Grishanov, P. Logachev, F. Podgorny, V. Telnov, et al.* Proposal of the next incarnation of accelerator test facility at KEK for the International Linear Collider // Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA, - Particle Accelerator Conference.
- [277] *V.I. Telnov.* IP the photon collider // MDI Workshop on LLC, January 6-8, 2005, SLAC, Stanford. www-conf.slac.stanford.edu/mdi/talks/CrossingAngle/telnov/mdi.pdf.
- [278] *V.I. Telnov.* Comparison of photon colliders based on e^-e^- and e^+e^- beams // Proc. Intern. Workshop on Linear Colliders (LCWS05), 18-22 March, 2005, Stanford, California, USA. www-conf.slac.stanford.edu/lcws05/program/session.asp2343#e.
- [279] *V.I. Telnov.* Crossing angle at the photon collider // Proc. Intern. Workshop on Linear Colliders (LCWS05), 18-22 March, 2005, Stanford, California, USA. www.slac.stanford.edu/telnov/lcws/lcws05_telnov_1.pdf.
- [280] *V.I. Telnov.* Photon collider at ILC // Proc.of 2005 International Linear Collider Physics and Detector Workshop and 2nd ILC Accelerator Workshop, 14-27 August, 2005, Snowmass, Colorado. <http://alcp2005.colorado.edu:8080/alcp2005/program/accelerator/GG6/agenda>.
- [281] *V.I. Telnov.* Physics options at the ILC GG6 Summary at Snowmass 2005 // Proc.of 2005 International Linear Collider Physics and Detector Workshop and 2nd ILC Accelerator Workshop, 14-27 August, 2005, Snowmass, Colorado. <http://alcp2005.colorado.edu>.

- [282] *V.I. Telnov*. History of photon colliders: first 25 years // Invited Talk at the Intern. Conf. Photon: its First Hundred Years and the Future (includes PHOTON2005 and PLC2005), 30 August - 8 September 2005, Warsaw and Kazimierz. - (to be published in Acta Physica Polonica B). <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=a053282>.
- [283] *V.I. Telnov*. The photon colliders at ILC // Invited Talk at the Intern. Conf. Photon: its First Hundred Years and the Future (includes PHOTON2005 and PLC2005), 30 August - 8 September 2005, Warsaw and Kazimierz. - (to be published in Acta Physica Polonica B). <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=a053282>.
- [284] *V.I. Telnov*. Technical problems of photon colliders // Talk at the Intern. Conf. Photon: its First Hundred Years and the Future (includes PHOTON2005 and PLC2005), 30 Aug-8 Sep 2005, Warsaw and Kazimierz. - (to be published in Acta Physica Polonica B). <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=a053282>.
- [285] *V.I. Telnov*. Stabilization of luminosity at the photon collider // Talk at the 3rd ECFA Workshop on Physics and detectors for ILC, 14-17 November, 2005, Vienna. <http://ilcsupport.desy.de/cdsagenda/fullAgenda.php?id=a0560>.
- [286] *V.I. Telnov*. Crab crossing angle at the photon collider // Talk at the 3rd ECFA Workshop on Physics and detectors for ILC, 14-17 November, 2005, Vienna. <http://ilcsupport.desy.de/cdsagenda/fullAgenda.php?id=a0560>.
- [287] *V.I. Telnov*. The photon collider at ILC technical problems // Plenary Talk at the 3rd ECFA Workshop on Physics and detectors for ILC, 14-17 November 2005, Vienna; <http://ilcsupport.desy.de/cdsagenda/fullAgenda.php?id=a0556>.
- [288] *A. Bondar, A. Buzulutskov, L. Shekhtman, A. Vasiljev*. Triple-GEM performance in He-based mixtures // Proc. of International Conference on Linear Colliders, Paris, 19-23 April, 2004, (2005).
- [289] *A. Buzulutskov*. Cryogenic avalanche detectors based on gas electron multipliers, ILIAS 2nd Annual Meeting, 7-8 February, 2005, Prague, Czech Republic.
- [290] *С.Е. Бару*. Оптимальный флюорограф (МЦРУ <Сибирь) // Материалы 6-ой научно-практической конференции врачей "Современные лечебные и диагностические методы в медицинской практике", Новосибирск, 28-29 сентября 2005, с.191-192.
- [291] *С.Е. Бару, В.В. Кретов, Ю.Г. Украинцев*. Новые информационные технологии в лучевой диагностике на примере использования аппарата ФМЦ-НП/О // Новые технологии в медицине: Сборник докладов: Второй международной дистанционной научно-практической конференции, 13-15 марта 2005, Санкт-Петербург, с.94-95.
- [292] *С.Е. Бару, В.В. Кретов, Ю.Г. Украинцев*. Новые информационные технологии в лучевой диагностике на примере использования аппарата ФМЦ-НП/О // Невский радиологический форум "Наука - клинике", Санкт-Петербург, 9-12 апреля 2005, с.433-434. - Медлайн-Экспресс, №2 (178), 2005, с.3.
- [293] *V.V. Parkhomchuk*. Development of a new generation of coolers with a hollow electron beam and electrostatic bending // The International Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), 18-23 September, 2005, Galena, IL (USA); http://conferences.fnal.gov/cool05/Presentations/Thursday/R01_Parkhomchuk.pdf.
- [294] *V. Bocharov, M. Bryzgunov, A. Bublej, V. Gosteev, I. Kazarezov, A. Kryuchkov, V. Panasyuk, V. Parkhomchuk, V. Pavlov, D. Pestrikov, V. Reva, V. Shamovskij*,

- A. Skrinsky, B. Sukhina, M. Vedenev, V. Vostrikov.* Budker INP proposals for HESR and COSY electron cooling system // The International Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), Galena, IL (USA), 18-23 September, 2005; http://conferences.fnal.gov/cool05/Presentations/Thursday/R11_RevA.pdf.
- [295] *B. Grishanov, M. Kumada, V. Parkhomchuk, S. Rastigeev, V. Reva, V. Vostrikov.* Electron cooling for cold beam synchrotron for cancer therapy // The International Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), Galena, IL (USA), 18-23 September, 2005; <http://conferences.fnal.gov/cool05/Presentations/Posters/p09.pdf>.
- [296] *P. Beller, B. Franzke, P. Kienle, R. Kruecken, I. Koop, V. Parkhomchuk, Y. Shatunov, A. Skrinsky, V. Vostrikov, E. Widmann.* Antiproton-ion collider for FAIR project // The International Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), Galena, IL (USA), 18-23 September, 2005; <http://conferences.fnal.gov/cool05/Presentations/Posters/p10.pdf>.
- [297] *Е.И. Жмуриков, А.И. Романенко, К.В. Губин, П.В. Логачев, В.Б. Фенелонов, С.В. Цыбуля, Е.Б. Бургина, Л. Тесчио.* Свойства материала на основе изотопа ^{13}C для нейтронных мишеней до и после облучения мощным электронным пучком // 6-й Международный Уральский Семинар: Радиационная физика металлов и сплавов, 20-26 февраля, 2005, Снежинск. - тезисы докладов, с.102.
- [298] *A.I. Romanenko, O.B. Anikeeva, A.V. Okotrub, N.F. Yudanov, V.L. Kuznetsov, E.I. Zhmurikov, K.V. Gubin, P.V. Logachev.* Electron-electron interaction in carbon nanostructures with various curvature of graphite layers // The International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES-05), Institute for Solid State Physics, Vienna University of Technology, July 26-30, 2005.
- [299] *Е.И. Жмуриков, О.Г. Абросимов, С.В. Цыбуля, А.И. Романенко, О.Б. Анিকেева, К.В. Губин, П.В. Логачев, Л. Тесчио.* Свойство материала на основе изотопа ^{13}C с повышенной плотностью // Тезисы докладов 5 Семинара СО РАН - УРО РАН: Термодинамика и материаловедение, 26-28 сентября 2005, ИНХ. - Новосибирск, 2005, с.183.
- [300] *Е.И. Жмуриков, А.И. Романенко, О.Б. Анিকেева, О.Г. Абросимов, С.В. Цыбуля, Е.Б. Бургина, К.В. Губин, П.В. Логачев, Л. Тесчио.* Свойства материала на основе изотопа ^{13}C для нейтронных мишеней до и после облучения мощным электронным пучком // Тезисы 4-й Международной конференции - Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология, 26-28 октября 2005, Москва, Ленинские горы. - МГУ им. М.В.Ломоносова, с.104.
- [301] *G.I. Kuznetsov, and M.A. Batazova.* EBIS for highly charged ions production in a continuous regime // Report on the 11th International Conference on Ion Sources (ICIS-05), 12-16 September, 2005, Caen, France.
- [302] *G.I. Kuznetsov, M.A. Batazova, K.V. Gubin, P.V. Logachev, and P. Martyshkin.* Production of intense beams of singly charged radioactive ions // Report on the 11th International Conference on Ion Sources (ICIS-05), 12-16 September, 2005, Caen, France.
- [303] *G.M. Kazakevich, G.I. Kuznetsov, V.M. Pavlov, Young Uk Jeong, Seong Hee Park, and Byung Cheok Lee.* Injection system for microtron-based terahertz FEL // Electronic Proceedings of the 27th Free Electron Laser Conference, 21-26 August, 2005, Stanford, California.

- [304] *D. Volkhovityanov, N. Lebedev, A. Starostenko, A. Tsyganov.* Design and development of a control system for intence source of radioactive ions prototype // ICALEPCS-2005, 10-14 November 2005, Geneva. - Poster №P1.091-8.
- [305] *Е.А. Бехтенёв, С.В. Хрущёв, Н.А. Мезенцев, Е.Г. Мигинская, В.А. Шкаруба, В.М. Цуканов.* Магнитные измерения сверхпроводящего 63-полюсного 2 тесла вигглера для канадского центра синхротронного излучения(CLS) // XIX Международный семинар по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, НИЦ ХФТИ, 2005, с.143.
- [306] *Е.А. Бехтенёв.* Система измерения положения пучка для установок электронного охлаждения ЕС-300 и ЕС-35 // Тез. докл. XIX Международный семинар по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, НИЦ ХФТИ, 2005, с.79-80.
- [307] *С. Белов, В. Давыденко, А. Иванов, И. Иванов, В. Кобец, А. Медведко, М. Тиунов.* Исследование транспортировки 2,5 МэВ, 10 мА протонного пучка Тез. докл. XIX Международный семинар по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, НИЦ ХФТИ, 2005, с.70.
- [308] *А.В. Акимов, В.Е. Акимов, П.А. Бак, И.В. Казарезов, А.А. Корепанов, Я.М. Куленко, Т.В. Рыбickaя, Г.И. Кузнецов, А.А. Пачков, М.А. Тиунов.* Модифицированный 200 кэВ импульсный источник электронного пучка для форинжектора комплекса ВЭПП-5 // Тез. докл. XIX Международный семинар по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, НИЦ ХФТИ, 2005, с.82-83.
- [309] *К.Н. Чернов, Г.И. Кузнецов, И.Г. Макаров, Г.Н. Острейко, Г.В. Сердобинцев, В.В. Тарнецкий, М.А. Тиунов.* Особенности инжекции несгруппированного пучка электронов в ускоряющую структуру на стоячей волне // Тез. докл. XIX Международный семинар по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, НИЦ ХФТИ, 2005, с.107.
- [310] *A. Burov, G. Kazakevich, T. Kroc, V. Lebedev, S. Nagaitsev, L. Prost, S. Pruss, A. Shemyakin, M. Sutherland, M. Tiunov, A. Warner.* Optics of electron beam in the Recycler: analysis of first results // Proc. of International Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), 18-23 September, 2005, FermiLab, Galena, USA (to be published).
- [311] *A. Warner, A. Burov, K. Carlson, S. Nagaitsev, L. Prost, M. Sutherland, G. Kazakevich, M. Tiunov.* OTR measurements and modeling of the electron beam optics at the E-cooling facility // Proc. of International Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), 18-23 September, 2005, FermiLab, Galena, USA (to be published).
- [312] *O.A. Nezhevenko, V.P. Yakovlev, E.V. Kozyrev, S.V. Shchelkunov, Jay L. Hirshfield, Michael A. LaPointe.* Status of 34 GHz, 45 MW pulsed magnicon // Proc. of Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA,
- [313] *O.A. Nezhevenko, V.P. Yakovlev, E.V. Kozyrev, Allen Kinkoad, Arnold Fliflet, Steven H. Gold, Jay L. Hirshfield, Michael A. LaPointe.* Proc. of Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA,
- [314] *Ю.Г. Матвеев, Н.В. Матяш, Г.Н. Острейко, С.И. Рувинский, Г.В. Сердобинцев, В.А. Ушаков, А.В. Филипченко, К.Н. Чернов и др.* Статус линейного ускорителя-инжектора накопительного комплекса ТНК // Тез. докл. XIX

- Международного семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, с.21-22
- [315] *E. Busov, N. Kot, S. Krutikhin, I. Kuptsov, G. Kurkin, I. Makarov, N. Matyash, L. Mironenko, S. Motygin, V. Osipov, G. Ostreiko, V. Petrov, A. Popov, E. Rotov, I. Sedlyarov, G. Serdobintsev, A. Shteinke, V. Tarnetsky, A. Frolov, K. Chernov, V. Volkov.* Status of RF system for VEPP-5 damping ring // Proc. of Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA,
- [316] *Л.А. Мерзиевский, П.И. Зубков, Г.Н. Кулипанов, Л.А. Лукьянчиков, К.А. Тен, В.М. Титов, Б.П. Толочко, М.Г. Федотов, М.Р. Шарафутдинов, М.А. Шеромов.* Исследование ударно-волновых процессов в конденсированных средах с помощью синхротронного излучения // XIII Симпозиум по горению и взрыву, Черногоровка, 2005. - тезисы докладов конференции.
- [317] *M.G. Fedotov, M.V. Kolmakov, and O.V. Evdokov.* The prototype of recording system for shock and detonation wave investigation with application of synchrotron radiation // Proc. of the 2-nd IASTED International Multi-Conference on Automation, Control, and Information Technology - Automation, Control, and Applications. 20-24 June, 2005, Novosibirsk. - ACTA Press, 2005, p.1-6.
- [318] *D.F. Beals, R. Granetz, W. Cochran, W. Byford, W.L. Rowan, A.A. Ivanov, P.P. Deichuli, V.V. Kolmogorov, G. Shulzhenko.* Installation and operation of new long pulse DNB // XI International Conference on Ion Sources (ISIS-05), 12-16 September, 2005, CAEN, France.
- [319] *А.В. Дружков (НГУ, 6 курс).* Источник питания для высоковольтного выпрямителя установки электронного охлаждения // Научный рук. - науч. сотр. Ю.А. Евтушенко/. - XLIII Международная научная студенческая конференция: Студент и научно-технический прогресс, Новосибирск, 2005.
- [320] *М.В. Колмаков (НГУ, 6 курс).* Прототип системы регистрации для исследования быстропротекающих процессов на пучках СИ // / Научный рук. - канд. физ.-мат. наук М.Г. Федотов/. - XLIII Международная научная студенческая конференция: Студент и научно-технический прогресс, Новосибирск, 2005.
- [321] *А.А. Красовский (НГУ, 6 курс).* Контроллер мощного источника питания на базе микропроцессора AduC845 // Научный рук. - канд. техн. наук В.В. Репков/. - XLIII Международная научная студенческая конференция: Студент и научно-технический прогресс, Новосибирск, 2005.
- [322] *П.Е. Маточкин (НГУ, 6 курс).* Система измерения положения пучка в линейном ускорителе инжекционного комплекса ВЭПП-5 // /Научный рук. - канд. техн. наук Г.В. Карпов/. - XLIII Международная научная студенческая конференция: Студент и научно-технический прогресс, Новосибирск, 2005.
- [323] *V.L. Auslender, I.G. Makarov, V.V. Tarnetsky, M.A. Tiunov.* Numerical study of coupling slot on beam in industrial accelerator prototype // Proc. of Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA. - p.1622-1624.
- [324] *В.Л. Ауслендер, К.Н. Чернов, В.Г. Ческидов, Б.Л. Факторович, В.А. Горбунов, И.В. Горнаков, И.В. Казарезов, М.В. Коробейников, Г.И. Кузнецов, А.Н. Лукин, И.Г. Макаров, н.В. Матяи, Г.Н. Острейко, А.Д. Панфилов, Г.В. Сердобинцев, В.В. Тарнецкий, М.А. Тиунов, В.О. Ткаченко, А.А. Тувик.* Статус работ по электронному ускорителю 5 МэВ, 300 кВт // Тезисы докладов XIX

- Международного семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, НИЦ ХФТИ, 2005. с.31.
- [325] *K.V. Lotov, V.S. Tikhonovich.* Numerical optimization of a plasma wakefield acceleration experiment // Proc. of International Workshop on High Energy Electron Acceleration Using Plasmas, 2005, Paris, France.
- [326] *K.V. Lotov.* Efficient operating mode of the plasma wakefield accelerator // Proc. of International Workshop on High Energy Electron Acceleration Using Plasmas, 2005, Paris, France.
- [327] *Е. Гусев, Н. Кот, С. Крутихин, И. Куццов, Г. Куркин, И. Макаров, Н. Матяи, Л. Мироненко, С. Мотыгин, В. Осипов, Г. Острейко, В. Петров, А. Попов, Е. Ротов, И. Седляров, Г. Сердобинцев, В. Тарнецкий, А. Фролов, К. Чернов, А. Штейнке, В. Волков.* Статус ВЧ системы накопителя-охладителя ВЭПП-5 // Тезисы докладов XIX Международного семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - с.63, Харьков, 2005.
- [328] *T.D. Akhmetov, V.I. Davydenko, A.A. Ivanov, V.V. Kobets, A.S. Medvedko, D.N. Skorobogatov, and M.A. Tiunov.* Radially uniform circular sweep of ion beam // XI International Conference on Ion Sources (ISIS-05), 12-16 September, 2005, CAEN, France. - Book of Abstracts, p.30.
- [329] *Yu. Belchenko, I. Gusev, A. Khilchenko, V. Savkin, V. Rashenko.* Advanced direct current negative ion source for accelerator use // XI International Conference on Ion Sources (ISIS-05), 12-16 September, 2005, CAEN, France. - Book of Abstracts, p.39.
- [330] *V.I. Davydenko, A.N. Dranichnikov, A.A. Ivanov, G.S. Krainov, A.S. Krivenko, V.V. Shirokov.* Stripping target of 2.5 MeV 10 mA tandem accelerator // Symposium on Production and Neutralization of Negative Ions and Beams, Kiev, Ukraine, 2004. - AIP Conference Proceedings, 2005, v.763, p.332-335.
- [331] *S. Taskaev, B. Bayanov, V. Belov, R. Khaliullin, B. Khazin.* Neutron producing target for accelerator based neutron capture therapy // Europhysics Conference on New Trends in Nuclear Physics Applications and Technology NPDC19, 5-9 September, 2005. Pavia, Italy. - Book of Abstract, p.92.
- [332] *Yu.I. Belchenko, I.A. Ivanov, and I.V. Piunov.* Study of direct current negative ion source for medicine accelerator // Production and Neutralization of negative ions and beams: AIP Conference Proceedings №763, /Editors Sherman and Belchenko/, NY, 2005, p.325-331.
- [333] *A.A. Ivanov.* Workshop opening. Preface. Plans for 2005 // Proceeding of Workshop: A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [334] *I.V. Kandaurov.* Experimental simulation of initial phase of beam acceleration in VITA // Proceeding of Workshop: A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia.- Abstracts available in the BINP web site.
- [335] *P.I. Nemytov.* Special features of ELV operation as high voltage power supply for tandem accelerator // Proceeding of Workshop: A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.

- [336] *G.I. Dimov*. Status of high current DC negative ion source development // Proc. of Workshop: A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [337] *V.I. Davydenko*. Development of stripping target for 10 mA 1 MeV negative ion beam // Proceeding of Workshop: A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [338] *A.S. Krivenko*. General layout of Vita vacuum system and pumping of low energy line and stripping target // Proceeding of Workshop: A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [339] *V.I. Davydenko*. High energy line and beam scanning system // Proceeding of Workshop: A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [340] *Yu.I. Bel'chenko*. Results of the tests of a DC negative ion source prototype for VITA // Proceeding of Workshop: A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [341] *S.Yu. Taskaev*. Li target, neutron diagnostics and neutron shield problems // A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [342] *V.V. Parhomchuk*. Experiments with magnesium target // A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [343] *A.V. Burdakov*. Diagnostics for powerful stationary proton beam, generation of resonance gamma rays // A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [344] *A.S. Medvedko*. Power supplies for magnetic elements of BNCT device. High voltage power supplies for beam injectors // A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [345] *A.D. Khilchenko*. Control and data acquisition system. // A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [346] *V.V. Kobets*. Status of design works // A Source of Epithermal Neutrons and Resonant Gammas Based on Tandem Accelerator, 1 April, 2005, Novosibirsk, BINP, Russia. - Abstracts available in the BINP web site.
- [347] *P.A. Bagryansky*. Dispersion interferometer for burning plasma experiments // 5th Meeting of the ITPA Topical Group on Diagnostics, 14-18 March, 2005, Culham, UK.
- [348] *P.A. Bagryansky, H.R. Koslowski, A.A. Lizunov, A.L. Solomakhin*. Dispersion interferometer based on CO₂ Laser // 32-nd European Physical Society Conference

- on Plasma Physics and Controlled Fusion, 27 June - 1 July 2005, Tarragona, Spain. - ECA, v.29C, P1-086.
- [349] *A.V. Anikeev, P.A. Bagryansky, A.A. Ivanov, A.A. Lizunov, S.V. Murakhtin, V.V. Prikhodko, A.L. Solomakhin, S. Kollatz and K. Noack* The SHIP experiment at GDT: First experimental results // 32-nd European Physical Society Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, 27 June - 1 July 2005, Tarragona, Spain. - ECA, v.29C, P5-077.
- [350] *P.A. Bagryansky*. Dispersion interferometer for TEXTOR and for burning plasma experiments // 12th International Symposium on Laser-Aided Plasma Diagnostics, 26-29 September, Snowbird, Utah, USA.
- [351] *A. Bublej, V. Bocharov, S. Konstantinov, V. Panasyuk, V. Parkhomchuk*. Precise measurements of a magnetic field at the solenoids for low energy coolers // Paper ID:1013 on the Intern. Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), 18-23 September, 2005, Galena, USA.
- [352] *E. Behtenev, V. Parkhomchuk, V. Bocharov, M. Bryzgunov, A. Bublej, Y. Evtushenko, A. Goncharov, A. Ivanov, V. Kokoulin, V. Kolmogorov, M. Kondaurou, S. Konstantinov, V. Kozak, G. Krainov, Y. Kruchkov, E. Kuper, A. Medvedko, L. Mironenko, V. Panasyuk, V. Reva, K. Schreiner, B. Skarbo, A. Skrinsky, B. Smirnov, B. Sukhina, M. Vedenev, R. Voskoboinikov, M. Zakhvatkin, N. Zapiatkin (BINP SB RAS, Novosibirsk), and Yang X.D, Zhao H.W, Li J, Lu W, Mao L J, Wang Z X, Yan H B, Zhang W, Zhang J H, (IMP, Lanzhou, China)*. Commissioning of electron cooler EC-300 // Paper ID:1014 on the Intern. Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), 18-23 September, 2005, Galena, USA; <http://conferences.fnal.gov/cool05/Presentations/Posters/P02.pdf>.
- [353] *V. Parkhomchuk, M. Bryzgunov, V. Panasyuk, V. Reva, M. Vedenev*. Recuperation electron beam in the coolers with electrostatic bending // Paper ID:1017 on the Intern. Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), 18-23 September, 2005, Galena, USA; <http://conferences.fnal.gov/cool05/Presentations/Posters/p03.pdf>.
- [354] *A. Bublej, V. Bocharov, M. Bryzgunov, V. Ershov, A. Goncharov, S. Konstantinov, A. Lomakin, V. Panasyuk, V. Parkhomchuk, V. Polukhin, V. Reva, B. Skarbo, B. Sukhina, M. Vedenev, M. Zakhvatkin, N. Zapyatkin*. First test of the LEIR-cooler at BINP // Paper ID:1020 on the Intern. Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), 18-23 September, 2005, Galena, USA.
- [355] *Н.И. Алиновский, А.Ф. Булушев, В.Ф. Клюев, Е.С. Константинов, С.Г. Константинов, А.В. Кожемякин, А.М. Крючков, В.В. Пархомчук, М.В. Петриченко, С.А. Растигеев, В.Б. Рева, Б.Н. Сухина*. Состояние работ по проекту ускорительного масс-спектрометра для СО РАН // Тез. докл. IX Международного семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября.2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, с.28.
- [356] *Н.И. Алиновский, С.Г. Константинов, А.В. Кожемякин, В.В. Пархомчук, С.Ф. Растигеев* Источники отрицательных ионов углерода для ускорительного масс-спектрометра // Тез. докл. IX Международного семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября.2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, с.69-70.
- [357] *S. Konstantinov*. Negative ion source for AMS // 11th Intern. Conference on Ion Sources (ICIS-05), 12-16 September, 2005, CAEN, France.

- [358] С. Константинов, А. Крючков, А. Кудрявцев, О. Мыскин, В. Панасюк, И. Сорокин, М. Тиунов. Низкоэнергетичный тракт ускорителя для бор-нейтронзахватной терапии и диагностика пучка // Труды рабочего совещания по источнику эпитепловых нейтронов на основе ускорителя-тандема, апрель 2005, Новосибирск. - Издание ИЯФ СО РАН, 2005.
- [359] А.В. Аверков, А.В. Аржанников, В.Т. Астрелин, А.В. Бурдаков, Г.Е. Деревянкин, Э.Р. Зубаиров, В.Г. Иваненко, И.А. Иванов, М.В. Иванцовский, В.С. Койдан, В.В. Конохов, С.А. Кузнецов, А.Г. Макаров, К.И. Меклер, В.С. Николаев, С.В. Полосаткин, В.В. Поступаев, А.Ф. Ровенских, В.В. Семионов, С.Л. Синицкий, В.Д. Степанов, Ю.С. Суляев, Ю.А. Трунев, А.А. Шошин. Нагрев и удержание плазмы в многопробочной ловушке ГОЛ-3 // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.8.
- [360] В.В. Поступаев, А.В. Аверков, А.В. Аржанников, В.Т. Астрелин, А.Д. Беклемишев, А.В. Бурдаков, В.П. Жуков, Э.Р. Зубаиров, И.А. Иванов, М.В. Иванцовский, В.С. Койдан, К.И. Меклер, С.В. Полосаткин, А.Ф. Ровенских, С.Л. Синицкий, Ю.С. Суляев, И.В. Шваб. Радиальная структура токов в плазме многопробочной ловушки ГОЛ-3 // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.29.
- [361] Ю.С. Суляев, А.В. Аржанников, В.Т. Астрелин, А.М. Батраков, А.В. Бурдаков, Г.Е. Деревянкин, Э.Р. Зубаиров, И.А. Иванов, М.В. Иванцовский, В.С. Койдан, К.И. Меклер, С.В. Полосаткин, В.В. Поступаев, А.Ф. Ровенских, В.Я. Сазанский, С.Л. Синицкий, В.Д. Степанов, Ю.А. Трунев, А.А. Шошин. Экспериментальное исследование динамики нейтронной эмиссии в многопробочной ловушке ГОЛ-3 // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.31.
- [362] А.В. Бурдаков, В.П. Жуков, И.В. Шваб. Тиринг неустойчивость в линейных открытых ловушках с электронным пучком // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.32.
- [363] В.Т. Астрелин, А.В. Бурдаков, И.А. Котельников. О закономерностях взаимодействия РЭП с плазмой на установке ГОЛ-3 // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.56.
- [364] В.Т. Астрелин, А.В. Бурдаков, В.М. Ковеня, Т.В. Козлинская. Численное моделирование динамики плазмы в неоднородном магнитном поле // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.60.
- [365] А. Бурдаков, В. Вайнцеттл, В. Пиффл, С. Полосаткин, В. Поступаев. Исследование динамики примесей на установке ГОЛ-3 // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.61.
- [366] А.В. Бурдаков, М.В. Иванцовский, В.С. Койдан, С.В. Полосаткин, А.Ф. Ровенских, В.В. Семионов. Изучение динамики плотности плазмы в многопробочной ловушке ГОЛ-3 многоканальной системой томсоновского рассеяния // Тезисы

- докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.9.
- [367] *В.Т. Астрелин, Р.Н. Ахмадуллин, А.В. Бурдаков, Н.Г. Карлыханов.* Взаимодействие горячей дейтериевой плазмы с твердотельными мишенями // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.154.
- [368] *А.В. Аржанников, Е.А. Бянкин, И.А. Иванов, С.Л. Синицкий, В.Д. Степанов.* Влияние плазменных процессов на динамику генерации 4мм излучения в МСЭ // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.285.
- [369] *А.В. Аржанников, В.Т. Астрелин, В.Б. Бобылев, В.Г. Иваненко, И.А. Иванов, В.С. Койдан, С.А. Кузнецов, С.Л. Синицкий, В.Д. Степанов.* Повышение плотности тока инжектируемого в плазму РЭП на установке ГОЛ-3 в гофрированном магнитном поле // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.286.
- [370] *А.В. Аржанников, Н.С. Гинзбург, В.Г. Иваненко, П.В. Калинин, А.С. Кузнецов, С.А. Кузнецов, Н.Ю. Песков, С.Л. Синицкий, В.Д. Степанов.* Влияние геометрии двумерной брэгговской структуры на модовый состав излучения МСЭ // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.293.
- [371] *А.В. Аржанников, П.В. Калинин, А.С. Кузнецов, С.А. Кузнецов, С.Л. Синицкий.* Квазиоптическая и гетеродинная диагностики спектрального состава миллиметрового излучения на установке ЭЛМИ // Тезисы докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.310.
- [372] *А.С. Кузнецов, А.В. Аржанников, Н.С. Гинзбург, В.Г. Иваненко, П.В. Калинин, С.А. Кузнецов, Н.Ю. Песков, С.Л. Синицкий, В.Д. Степанов.* Применение структур составленных из брэгговских решеток для преобразования потоков мм-излучения // Сборник тезисов: 11-я Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых, Екатеринбург, 2005, с.468.
- [373] *И.А. Иванов.* Исследование взаимодействия электронно-горячей плазмы с поверхностью на установке ГОЛ-3 // Сборник материалов 1-ой Всероссийской конференции молодых ученых по физике и химии высокоэнергетических систем, Томск, 2005, с.310-311.
- [374] *А.В. Аржанников, П.В. Калинин, С.А. Кузнецов, С.Л. Синицкий.* Селективные элементы миллиметрового и субмиллиметрового диапазона на основе металлических сеточных структур // Тезисы докладов XI Всероссийской конференции по диагностике высокотемпературной плазмы, Троицк. - Звенигород, 2005, с.33-35.
- [375] *А.В. Аржанников, В.В. Болдырев, А.В. Бурдаков, И.А. Иванов, В.С. Койдан, В.В. Поступаев, А.Ф. Ровенских, С.В. Полосаткин, С.Л. Синицкий, А.А. Шошин.* Измерение импульсных высоких давлений с помощью регистрации сдвига флюоресценции рубина // Тезисы докладов XI Всероссийской конференции по диагностике высокотемпературной плазмы, Троицк. - Звенигород, 2005, с.57-59.

- [376] *С.В. Полосаткин, А.В. Бурдаков, М.В. Иванцовский, В.С. Койдан, В.К. Овчар, А.Ф. Ровенских, В.В. Семионов, М.Г. Федотов.* Многоканальная система томсоновского рассеяния на установке ГОЛ-3 // Тезисы докладов XI Всероссийской конференции по диагностике высокотемпературной плазмы, Троицк. - Звенигород, 2005, с.60-62.
- [377] *Ю.С. Суляев, А.В. Аржанников, А.М. Батраков, А.В. Бурдаков, И.А. Иванов, К.И. Меклер В.В. Поступаев, А.Ф. Ровенских, С.В. Полосаткин, В.Я. Сазанский, С.Л. Синицкий.* Экспериментальное исследование динамики нейтронной эмиссии в многопробочной ловушке ГОЛ-3 // Тезисы докладов XI Всероссийской конференции по диагностике высокотемпературной плазмы, Троицк. - Звенигород, 2005, с.99-100.
- [378] *A. V. Burdakov, A. V. Arzhannikov, V. T. Astrelin, A. M. Averkov, A. D. Beklemishev, I. A. Ivanov, V. S. Koidan, K. I. Mekler, S. V. Polosatkin, V. V. Postupaev, A. F. Rovenskikh, S. L. Sinitsky, Yu. S. Sulyaev, E. R. Zubairov.* Stable operation regimes in the multimirror trap GOL-3 // 32nd European Physical Society Conference on Plasma Physics, June 27 - July 1, 2005, Tarragona. - Contributed Papers, CD-ROM, Published by EPS, v.29C, 2005, P5-061.
- [379] *V. V. Postupaev, A. V. Arzhannikov, V. T. Astrelin, A. D. Beklemishev, A. V. Burdakov, I. A. Ivanov, M. V. Ivantsivsky, V. S. Koidan, K. I. Mekler, A. F. Rovenskikh, S. V. Polosatkin, I. V. Schwab, S. L. Sinitsky, Yu. S. Sulyaev, V. P. Zhukov, E. R. Zubairov.* Features of MGD activity in beam-heated plasma in multimirror trap GOL-3 // 32nd European Physical Society Conference on Plasma Physics, June 27 - July 1, 2005, Tarragona. - Contributed Papers, CD-ROM, Published by EPS, v.29C, 2005, P5-062.
- [380] *V. Piffel, Vl. Weinzettl, A. Burdakov, S. Polosatkin.* Temporally and spatially resolved measurements of VUV lines intensity profile in the tokamak CASTOR // 32nd European Physical Society Conference on Plasma Physics, June 27 - July 1, 2005, Tarragona. - Contributed Papers, CD-ROM, Published by EPS, v.29C, 2005, P2-075.
- [381] *J. W. Flanagan, K. Ohmi, H. Fukuma, ..., E. Perevedentsev et al.* Simulation analysis of head-tail motion caused by electron cloud // Proc. 2005 Particle Accelerator Conference (PAC 2005), 16-20 May, 2005, Knoxville, TN, USA, - 907-909 (2005). KEK-Preprint-2005-44, Jul. 2005. 3p.
- [382] *J. W. Flanagan, K. Ohmi, H. Fukuma, ..., E. Perevedentsev.* Betatron sidebands due to electron clouds under colliding beam conditions // Proc. 2005 Particle Accelerator Conference (PAC 2005), 16-20 May, 2005, Knoxville, TN, USA, - 2005, 680-682.
- [383] *A. Valishev, Yu. Alexahin, V. Lebedev, D. Shatilov.* Computational study of the beam-beam effects in tevatron using the LIFETRAC code // 2005 Particle Accelerator Conference (PAC 2005), 16-20 May, 2005, Knoxville, TN, USA,.
- [384] *A. Valishev, Yu. Alexahin, V. Lebedev, D. Shatilov.* LIFETRAC code for the weak-strong simulation of the beam-beam effects in tevatron // 2005 Particle Accelerator Conference (PAC 2005), 16-20 May, 2005, Knoxville, TN, USA,
- [385] *Yu. Shatunov, D. Toporkov.* Spin physics program in the U-70 polarized proton beam // Proc. of 11th International Workshop on High Energy Spin Physics (DUBNA-SPIN-05), 27 September - 1 October 2005, Dubna, Russia.

- [386] *I. Koop, V. Parkhomchuk, Yu. Shatunov, A. Skrinsky.* Electron cooling of RHIC // Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA, - 2005, p.2741-2743.
- [387] *Yu.I. Golubenko, M.E. Veis, N.K. Kuksanov, P.I. Nemytov, V.V. Prudnikov, R.A. Salimov, V.G. Cherepkov, S.N. Fadeev, V.E. Dolgopолоv.* DC ELV electron accelerators for industrial and research application // Proc. of XIX International Workshop on Charged Particle Accelerators, 12-18 September 2005, Ukraine, Alushta, the Crimea. - Kharkov, 2005, p.149.
- [388] *A.B. Бублей, М.Э. Вейс, Н.К. Куксанов, В.Е. Долгополов, А.В. Лаврухин, П.И. Немытов, Р.А. Салимов, Н.И. Громов, В.Г. Ванькин, А.И. Ройх, С.П. Лыщиков, М.Н. Степанов.* Усовершенствованный промышленный ускоритель электронов для облучения кабельной изоляции // XI Международное совещание по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине (ISAA'05), 10-14 октября 2005, Санкт-Петербург, с.96-99.
- [389] *Вейс М.Э., Голубенко Ю.И., Долгополов В.Е., Куксанов Н.К., Немытов П.И., Салимов Р.А., Фадеев С.Н.* Ускорители электронов типа ЭЛВ для применения в энергоемких радиационно-технологических процессах // XI Международное совещание по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине (ISAA'05), 10-14 октября 2005, Санкт-Петербург, с.104-105.
- [390] *Вейс М.Э., Голубенко Ю.И., Куксанов Н.К., Немытов П.И., Прудников В.В., Салимов Р.А., Фадеев С.Н.* Ускоритель электронов мощностью 400 кВт для экологических применений // XI Международное совещание по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине (ISAA'05), 10-14 октября 2005, Санкт-Петербург, с.106-108.
- [391] *М.Г. Голковский, К.В. Губин, А.И. Корчагин, А.В. Лаврухин, П.В. Логачев, Р.А. Салимов, С.Н. Фадеев, В.В. Черепков.* Некоторые прикладные аспекты использования мощного высокоэнергетичного сфокусированного электронного пучка // XI Международное совещание по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине (ISAA'05), 10-14 октября 2005, Санкт-Петербург, с.122-125.
- [392] *Вейс М.Э., Голубенко Ю.И., Немытов П.И., Прудников В.В.* Системы питания и управления промышленных ускорителей электронов с мощностью выпущенного пучка до 500 кВт // XI Международное совещание по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине (ISAA'05), 10-14 октября 2005, Санкт-Петербург, 10-14 октября 2005, с.428-431.
- [393] *О.П. Слюдкин, Н.К. Куксанов, С.Н. Фадеев.* Воздействие электронного пучка на водные растворы комплексных соединений Со(III) // Национальная конференция РСНЭ НАНО-2005 . - 14-19 ноября 2005, Москва. - Тезисы докладов, с.384.
- [394] *V.L. Auslender, A. A. Bryazgin, V.A. Gorbunov, V.G. Cheskidov, I.V. Gornakov, B.L. Faktorovich, V.E. Nekhaev, A.D. Panfilov, A.V. Sidorov, V.O. Tkachenko, A.F. Tuvik, L.A. Voronin.* Industrial electron accelerators type ILU // Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA.
- [395] *V.L. Auslender, V.G. Cheskidov, M.V. Korobeynikov, G.I. Kuznetsov, A.N. Lukin, I.G. Makarov, G.N. Ostreiko, A. D. Panfilov, A.V. Sidorov, V.V. Tarnetsky, M.A. Tiunov, V.O. Tkachenko.* High power electron accelerator prototype // Proc. of

- Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA. - p.1502-1504.
- [396] *M.A. Tiunov, V.L. Auslender, M.M. Karliner, G.I. Kuznetsov, I.G. Makarov, A.D. Panfilov, V.V. Tarnetsky.* Modeling of internal injection and beam dynamics for high power RF accelerator // Proc. of Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA, - p.1502-1504.
- [397] *V.L. Auslender, A.A. Bryazgin, V.V. Bezuglov, G.B. Glagolev, V.A. Gorbunov, V.G. Cheskidov, I.V. Gornakov, B.L. Faktorovich, E.N. Kokin, A.N. Lukin, S.A. Maksimov, V.E. Nekhaev, A.D. Panfilov, V.M. Radchenko, N.D. Romashko, A.V. Sidorov, V.O. Tkachenko, A.A. Tuvik, L.A. Voronin.* Industrial electron accelerators type ILU // XIX International Workshop on Charged Particle Accelerators, 12-18 September 2005, Ukraine, Alushta, the Crimea.
- [398] *В.Л. Ауслендер, Н.Н. Бакакин, В.В. Безуглов, А.А. Брызгин, Л.А. Воронин, В.А. Горбунов, И.В. Горнаков, С.А. Максимов, А.Д. Панфилов, Н.Д. Ромашко.* Основные технологические параметры установки по облучению ПЭ ленты с использованием ускорителя электронов ИЛУ-8 // Сборник докладов XI Международного совещания по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине, Санкт-Петербург, СПбГУ, 2005, с.75-77.
- [399] *В.Л. Ауслендер, А.А. Брызгин, Л.А. Воронин, В.А. Горбунов, И.В. Горнаков, Е.Н. Кокин, Г.И. Кузнецов, А.Н. Лукин, И.Г. Макаров, В.Е. Нехаев, А.Д. Панфилов, В.М. Радченко, Н.Д. Ромашко, А.В. Сидоров, В.О. Ткаченко, А.А. Тувик, Б.Л. Факторович, В.Г. Ческидов.* Импульсные высокочастотные линейные ускорители электронов серии ИЛУ для промышленного применения // Сборник докладов XI Международного совещания по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине, Санкт-Петербург, СПбГУ, 2005, с.78-81.
- [400] *В.Л. Ауслендер, А.А. Брызгин, М.В. Коробейников, В.Е. Малак, И.Р. Макаров, В.Н. Карунин.* Радиационно-технологическая установка на основе ускорителя электронов ИЛУ-10 для стерилизации медицинских изделий и синтеза новых лекарственных средств // Сборник докладов XI Международного совещания по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине, Санкт-Петербург, СПбГУ, 2005, с.82-85.
- [401] *В.Л. Ауслендер, В.Г. Ческидов, Г.И. Кузнецов, А.Н. Лукин, И.Г. Макаров, Г.Н. Острейко, А.Д. Панфилов, В.В. Тарнецкий, М.А. Тунов, В.О. Ткаченко.* Ускоритель ИЛУ-12 на энергию 5 МэВ и мощностью до 300 кВт // Сборник докладов XI Международного совещания по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине, Санкт-Петербург, СПбГУ, 2005, с.86-88.
- [402] *V.S. Fadin.* Non-forward BFKL at NLO // XXXIX St.Peterburg Winter School, 14-20 February, 2005, St.Peterburg, Repino, Russia.
- [403] *V.S. Fadin.* The gluon reggeization in perturbative QCD at NLO, Kernel of the BFKL equation for non-forward scattering at NLO // 11th International Conference on Elastic and Diffractive Scattering: Towards High Energy Frontiers. - The 20th Anniversary of the Blois Workshops, 15-20 May, 2005, Chateau de Blois, Blois, France.
- [404] *V.S. Fadin.* Non-forward BFKL at NLO, BFKL approach in the next-to leading approximation // International Conference - Photon: its First Hundred Years and

- the Future (includes PHOTON2005 and PLC2005), 30 August - 8 September, 2005, Warsaw and Kazimierz, Poland.
- [405] *V.S. Fadin*. Quark and Gluon Reggeization in QCD, Advances in perturbative QCD // Conference: New Trends in High-Energy Physics, 10-17 September, 2005, Yalta, Crimea, Ukraine.
- [406] *V.S. Fadin*. Evidence of the gluon Reggeization in the NLA // Conference: Hadron Structure and QCD: from LOW to HIGH energies, 20-24 September, 2005, St. Peterburg, Russia.
- [407] *V.L. Chernyak*. Double charmonium production at B-factories // Proceedings of the International Conference: New Trends in High Energy Physics, 10-17 September 2005, Yalta, Ukraine (BITP, Kiev), p.123-130.
- [408] *V.V. Sokolov*. Chaotic scattering of a quantum particle weakly coupled to a complicated background // Invited Talk. - March 07-12, 2005, Max Planck Institute for Complex systems, Dresden, Germany.
- [409] *V.V. Sokolov*. Dynamical chaos and quantum interference: interrelations // Invited Talk. - October 03-07, 2005, ICTP, Trieste, Italy.
- [410] *Fiksel G., Hudson B., Den Hartog D.J., Magee R.M., O'Connell R., Prager S.C., Beklemishev A.D., Davydenko V.I., Ivanov A.A., Tsidulko Yu.A.* Observation of weak impact of a stochastic magnetic field on fast ion confinement // Phys. Rev. Lett., 2005, v.95, №12, p.125001-1-4.
- [411] *Абдульманов В.Г., Колокольников Ю.М., Лабуцкая Е.А., Невский П.В., Томиллов В.П.* Электронно-оптическая система EBIS MIS-1 // 7-ой Всероссийский семинар: Проблемы теоретической и прикладной электронной и ионной оптики // 25-27 мая 2005, Москва, Россия. - Тез. докл., М.: ГНЦРФ ФГУП "НПО Орион", 2005, с.51.
- [412] *Абдульманов В.Г.* Electron-beam ion sources BINP // 7-ой Всероссийский. семинар: Проблемы теоретической и прикладной электронной и ионной оптики, 25-27 мая 2005, Москва, Россия. - Тез. докл., М.: ГНЦРФ ФГУП "НПО Орион", 2005, с.52..
- [413] *Абдульманов В.Г., Бак П.А., Пачков А.А.* Система питания дрейфовой структуры EBIS MIS-1 // 7-ой Всероссийский. семинар: Проблемы теоретической и прикладной электронной и ионной оптики, 25-27 мая 2005, Москва, Россия. - Тез. докл., М.: ГНЦРФ ФГУП "НПО Орион", 2005, с.60.
- [414] *Абдульманов В.Г., Лебедев Н.Н., Потанов В.Г.* Система управления установки EBIS MIS-1 // 7-ой Всероссийский. семинар: Проблемы теоретической и прикладной электронной и ионной оптики, 25-27 мая 2005, Москва, Россия. - Тез. докл., М.: ГНЦРФ ФГУП "НПО Орион", 2005, с.60-61.
- [415] *Абдульманов В.Г., Воблый П.Д., Куликов В.Ф.* Фокусирующая магнитная система со сверхпроводящим соленоидом EBIS MIS-1 // 7-ой Всероссийский. семинар: Проблемы теоретической и прикладной электронной и ионной оптики, 25-27 мая 2005, Москва, Россия. - Тез. докл., М.: ГНЦРФ ФГУП "НПО Орион", 2005, с.61-62.
- [416] *Абдульманов В.Г., Бак П.А., Лебедев Н.Н., Потанов В.Г.* Anode modulator electron-beam multicharge ion source MIS-1 // 7-ой Всероссийский. семинар: Проблемы теоретической и прикладной электронной и ионной оптики, 25-27 мая 2005, Москва, Россия. - Тез. докл., М.: ГНЦРФ ФГУП "НПО Орион", 2005, с.63.

- [417] *Беклемишев А.Д.* О влиянии шира магнитного поля на баллонные моды в многопробочной ловушке // Тез. докл. XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигороду - М.: ЗАО НТЦ "ПЛАЗМАИОФАН", 2005, с.30.
- [418] *Kotelnikov I., Pozzoli R., Rome M.* Kinetic compressional diocotron mode in the penning trap // Abstracts of XXXII Zvenigorod Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, 14-18 February, 2005, Zvenigorod. - M: 2005, p.44.
- [419] *Аникеев А.В., Багрянский П.А., Иванов А.А., Колесников Е.Ю., Лизунов А.А., Максимов В.В., Мурахтин С.В., Приходько В.В., Цидулко Ю.А.* Эффект формирования узкого радиального распределения плотности быстрых ионов в установке ГДЛ // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.51.
- [420] *Багрянский П.А., Лизунов А.А., Соломахин А.Л.* Дисперсионный интерферометр для измерения электронной плотности плазмы с термоядерными параметрами // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.52.
- [421] *Беклемишев А.Д., Чащин М.С.* Влияние течения плазмы на устойчивость желобковых МОД в ГДЛ // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.58.
- [422] *Дейчули П.П., Иванов А.А., Мишагин В.В., Ступишин Н.В.* Модернизация диагностического инжектора секундного диапазона на токамаке TCV // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.68.
- [423] *Абдрашитов Г.Ф., Дейчули П.П., Давыденко В.И., Иванов А.А., Капитонов В.А., Колмогоров В.В., Корепанов С.А., Мишагин В.В., Ступишин Н.В., Шульженко Г.И.* Диагностический инжектор на основе дугового генератора плазмы с накаливанием LAV₆ катодом // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.77.
- [424] *Ахметов Т.Д., Давыденко В.И., Коваленко Ю.В., Кривенко А.С.* Эксперименты с модифицированной магнитной конфигурацией в соленоиде АМБАЛ-М // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.81.
- [425] *Ахметов Т.Д., Давыденко В.И., Кривенко А.С., Парахин И.К., Разоренов В.Я., Солдаткина Е.И.* Анализаторы спектра атомов перезарядки средних энергий на установке АМБАЛ-М // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.8.
- [426] *Давыденко В.И., Иванов А.А., Котельников И.А.* Фокусировка ионного пучка с помощью квазипирсовских электродов // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.308.
- [427] *Болотин В.Р., Винокуров Н.А., Кайран Д.А., Князев Б.А., Колобанов Е.И., Котенков В.В., Кубарев В.В., Кулипанов Г.Н., Курьшев Г.Л., Матвеевко*

- А.Н., Медведев Л.Е., Мигинский С.В., Мироненко Л.А., Овчар В.К., Орешков А.Д., Петров А.К., Попик В.М., Рудыч П.Д., Саликова Т.В., Середняков С.С., Скринский А.Н., Тарабан М.Б., Фомин В.М., Чесноков Е.Н., Черкасский В.С., Шевченко О.А., Шишкина Л.Н., Щеглов М.А., Яковлев В.И.* Новосибирский лазер на свободных электронах и его возможные применения // Тез. докладов XXXII Звенигородской конференции по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород. - М: ЗАО НТЦ ПЛАЗМАИОФАН, 2005, с.12.
- [428] *Bolotin V.P., Cherkassky V.S., Chesnokov E.N., Knyazev B.A., Kolobanov E.I., Kotenkov V.V., Kozlov A.S., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Matveenko A.N., Medvedev L.E., Miginsky S.V., Mironenko L.A., Oreshkov A.D., Ovchar V.K., Petrov A.K., Popik V.M., Rudych P.D., Salikova T.V., Serednyakov S.S., Skrinisky A.N., Shevchenko O.A., Scheglov M.A., Taraban M.B., Vinokurov N.A., Zaigraeva N.S.* Novosibirsk terahertz free electron laser: status and survey of experimental results // The Joint 30th Intern. Conf. on Infrared and Millimeter Waves and 13th Intern. Conf on Terahertz Electronics (IRM MW-THz2005), 19-23 September, 2005, Williamsburg, Virginia, USA. - v.2, p.495-496.
- [429] *Bolotin V.P., Knyazev B.A., Kolobanov E.I., Kotenkov V.V., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Matveenko A.N., Medvedev L.E., Oreshkov A.D., Persov A.D., Popik V.M., Salikova T.V., Serednyakov S.S., Shevchenko O.A., Scheglov M.A., Vinokurov N.A.* Quasicontinuous sub-millimeter optical discharge Novosibirsk free electron laser: experiments and elementary theory // The Joint 30th Intern. Conf. on Infrared and Millimeter Waves and 13th Intern. Conf on Terahertz Electronics (IRM MW-THz2005), 19-23 September, 2005, Williamsburg, Virginia, USA. - v.1, p.126-127.
- [430] *Cherkassky V.S., Knyazev B.A., Kozlov S.V., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Matveenko A.N., Popik V.M., Root D.N., Rudych P.D., Shevchenko O.A., Trifutina A.V., Vinokurov N.A.* Terahertz imaging and holography with a high-power free electron laser // The Joint 30th Intern. Conf. on Infrared and Millimeter Waves and 13th Intern. Conf on Terahertz Electronics (IRM MW-THz2005), 19-23 September, 2005, Williamsburg, Virginia, USA. - v.2, p.337-338.
- [431] *Kolobanov E.I., Kotenkov V.V., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Matveenko A.N., Medvedev L.E., Oreshkov A.D., Popik V.M., Salikova T.V., Serednyakov S.S., Shevchenko O.A., Scheglov M.A., Vinokurov N.A.* High resolution mesh Fabry-Perot interferometers in experiments on electron and gas lasers // The Joint 30th Intern. Conf. on Infrared and Millimeter Waves and 13th Intern. Conf on Terahertz Electronics (IRM MW-THz2005), 19-23 September, 2005, Williamsburg, Virginia, USA. - v.1, №5, Pt.p.194-195.
- [432] *Petrov A.K., Kozlov A.S., Taraban M.B., Goryachkovskaya T.N., Malyshkin S.V., Popik V.M., Peltek S.E.* Mild ablation of biological objects under the submillimeter radiation of the free electron laser // The Joint 30th Intern. Conf. on Infrared and Millimeter Waves and 13th Intern. Conf on Terahertz Electronics (IRM MW-THz2005), 19-23 September, 2005, Williamsburg, Virginia, USA. - v.1, p.303-304.
- [433] *Kolobanov E.I., Kotenkov V.V., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Makashov E.V., Matveenko A.N., Medvedev L.E., Oreshkov A.D., Ovchar V.K., Palagin K.S., Popik V.M., Salikova T.V., Serednyakov S.S., Shevchenko O.A., Scheglov M.A., Vinokurov N.A.* Highly sensitive fast Schottky-diode detectors in experiments on Novosibirsk free electron laser // The Joint 30th Intern. Conf. on Infrared and Millimeter

- Waves and 13th Intern. Conf on Terahertz Electronics (IRM MW-THz2005), 19-23 September, 2005, Williamsburg, Virginia, USA. - v.1, p.154-156.
- [434] *Болотин В.П., Винокуров Н.А., Кайран Д.А., Князев Б.А., Колобанов Е.И., Котенков В.В., Кубарев В.В., Кулипанов Г.Н., Матвеев А.Н., Медведев Л.Е., Мигинский С.В., Мироненко Л.А., Орешков А.Д., Овчар В.К., Попик В.М., Саликова Т.В., Середняков С.С., Скринский А.Н., Шевченко О.А., Щеглов М.А.* Статус терагерцевого ЛСЭ в Новосибирске (то же на англ.яз.) // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.17.
- [435] *Отбоев А.В., Шатунов Ю.М.* Ускорение поляризованных протонов в синхротроне У-70 (то же на англ. яз.) // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.28-29.
- [436] *Мигинский С.В., Бондаренко А.В., Ли Б.Ч., Пак С.Х., Джонс Я.У., Хан Я.Х., Ким С.Ч.* Проект мощного ЛСЭ в KAERI на базе сверхпроводящего линака-реку ператора (то же на англ. яз.) // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.2.
- [437] *Тиунов М.А., Ауслендер В.Л., Карлинер М.М., Кузнецов Г.И., Макаров И.Г., Панфилов А.Д., Тарнецкий В.В.* Моделирование внутренней инжекции и динамики пучка в ВЧ-ускорителе большой мощности ИЛУ-12 (то же на англ. яз.) // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.45.
- [438] *Акимов В.Е., Булатов А.В., Казарезов И.В., Корепанов А.А., Малютин Д.А., Старостенко А.А.* Миниускоритель электронов на основе трансформатора Тесла для неразрушающей диагностики пучков заряженных частиц (то же на англ. яз.) // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.71-72.
- [439] *Пачков А.А., Бак П.А.* Сильночный источник питания с высоковольтной развязкой от сети (то же на англ. яз.) // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.83-84.
- [440] *Акимов А.В., Бак П.А., Казарезов И.В., Корепанов А.А.* Исследование параметров тиратронов с холодным катодом ТПИ1-10К 50 при напряжениях до 50 кВ, токах до 10 кА при длительностях импульсов сотни наносекунд // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.89-90.
- [441] *Казарезов И.В.* Зарядное устройство для ускорителей прямого действия на напряжения в пределах нескольких мегавольт // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.90-91.
- [442] *Хрущев С.В., Купер Э.А., Лев В.Х., Мезенцев Н.А., Мигинская Е.Г., Репков В.В., Шкаруба В.А., Сыроватин В.М., Цуканов В.М.* Сверхпроводящий 63-полюсный 2 Тесла вигглер для центра синхротронного излучения CLS в Канаде // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.142-143.

- [443] *Купер Э.А., Мезенцев Н.А., Мигинская Е.Г., Репков В.В., Цуканов В.М.* Система контроля и мониторинга сверхпроводящего 63-полюсного 2 Тесла вигглера для центра синхротронного излучения CLS в Канадею (то же на англ. яз.) // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.144.
- [444] *Ауслендер В.Л., Брызгин А.А., Факторович Б.Л., Горбунов В.А., Максимов С.А., Нехаев В.Е., Панфилов А.Д., Ткаченко В.О., Тувик А.А., Воронин Л.А.* Ускорители электронов серии ИЛУ для промышленного использования (то же на англ.яз.) // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.147.
- [445] *Golubenko Yu.I., Veis M.E., Kuksanov N.K., Nemytov P.I., Salimov R.A., Fadeev S.N.* DC 400 kW electron accelerator ELV-12 for environmental applications // Тез. докл. XIX Междунар. семинара по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым. - Харьков, ННЦ ХФТИ, 2005, р.158
- [446] *Жмуриков Е.И., Романенко А.И., Губин К.В., Логачев П.В., Фенелонов В.Б., Цыбуля С.В., Бургина Е.В., Teschio L.* Свойства материала на основе изотопа ^{13}C для нейтронных мишеней до и после облучения мощным электронным пучком // 6-ой Международный Уральский семинар: Радиационная физика металлов и сплавов, 20-26 февраля, Снежинск. - Тез. докл, Снежинск, 2005, с.102-103.
- [447] *Миржсиевский Л.А., Ефремов В.П., Зубков П.И., Лукьянчиков Л.А., Тен К.А., Титов В.М., Толочко Б.П., Фортон В.Е., Шарафутдинов М.Р., Шеромов М.А.* Исследование с помощью синхротронного излучения динамики ударно-волнового сжатия аэрогеля // Тр. Международной конференции - VII Харитоновские тематические научные чтения: экстремальные состояния вещества, детонация, ударные волны, /Под ред.А.Л.Михайлова/, 14-18 марта 2005, Саров. - РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005, с.665-669.
- [448] *Лукьянчиков Л.А., Мержсиевский Л.А., Анчаров А.И., Бохонов Б.Б., Зубков П.И., Ляхов Н.З., Прууэл Э.Р., Тен К.А., Толочко Б.П., Шеромов М.А.* Взрывной синтез наночастиц // Тр. Международной конференции - VII Харитоновские тематические научные чтения: экстремальные состояния вещества, детонация, ударные волны, /Под ред.А.Л.Михайлова/, 14-18 марта 2005, Саров. - РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005, с.711-715.
- [449] *Прууэл Э.Р., Тен К.А., Лукьянчиков Л.А., Мержсиевский Л.А., Зубков П.И., Жогин И.Л., Толочко Б.П., Евдоков О.В., Жуланов В.В., Шехтман Л.И., Аульченко В.М.* Динамика плотности при инициировании зарядов пористого взрывчатого вещества // Тр. Международной конференции - VII Харитоновские тематические научные чтения: экстремальные состояния вещества, детонация, ударные волны, /Под ред.А.Л.Михайлова/, 14-18 марта 2005, Саров. - РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005, с.77-81.
- [450] *Тен К.А., Евдоков О.В., Жуланов В.В., Зубков П.И., Кулипанов Г.Н., Лукьянчиков Л.А., Мержсиевский Л.А., Пирогов Б.Б., Прууэл Э.Р., Титов В.М., Толочко Б.П., Шеромов М.А.* Измерение плотности в зоне реакции цилиндрических зарядов малого диаметра с помощью синхротронного излучения // Тр. Международной конференции - VII Харитоновские тематические научные чтения: экстремальные состояния вещества, детонация, ударные волны, /Под

- ред.А.Л.Михайлова/, 14-18 марта 2005, Саров. - РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005, с.675-680.
- [451] *Churkin I.N., Vobly H., Steshov A., Batrakov A., Semenov E., Kolokolnikov Y., Rouvinski E., Dael A., Chubar O., Briquez F.* Elliptical undulator HU256 for synchrotron SOLEIL: magnetic design, computations and measurements // 19 International Conference on Magnet Technology, 18-23 September, 2005, Genova, Italy. - Abstracts, Genova, INFN, 2005, p.68-69.
- [452] *Vobly P.D., Utkin A., Khavin N., Levichev E., Zubkov N., Tisher M.* Design of the PETRA III damping wiggler // 19 International Conference on Magnet Technology, 18-23 September, 2005, Genova, Italy. - Abstracts, Genova, INFN, 2005, p.69.
- [453] *Schirm K.M., Pupkov Y., Anashin V., Ogurtsov A., Ruwinsky E., Zhilyaev K., Maraev V., Kiselev O., Konstantinov Y., Peregud V.* The bending magnets for the proton transfer line of CNGS // 19 International Conference on Magnet Technology, 18-23 September, 2005, Genova, Italy. - Abstracts, Genova, INFN, 2005, p.69.
- [454] *А.М. Матюшин, А.А. Вазина, Н.Ф. Ланина, О.В. Найдя, В.А. Трунова, К.В. Золотарев.* Выявление наноструктурной периодичности протеогликанового межклеточного матрикса шерсти животных методом малоугловой дифракции с использованием СИ // Тезисы докладов V Национальной конференции по применению рентгеновского, синхротронного излучений, нейтронов и электронов для исследования наноматериалов и наносистем, 2005, с.116.
- [455] *Федорин М.А., Федотов А.П., Гольдберг Е.Л., Золотарев К.В, Саева О.П., Грачев М.А.* 800-тысячелетняя история палеогеографических перестроек, реконструированных по геохимическим маркерам в осадках Озера Хубсугул (Монголия) с разрешением <50 лет // 4-ая Верещагинская байкальская конференция: тезисы докладов и стендовых сообщений, 26-30 сентября 2005, Иркутск. - Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, 2005, с.202-203.
- [456] Ежегодный отчет за 2004 год. - Новосибирск, ИЯФ СО РАН, 2005, 275с.
- [457] Сибирский международный центр синхротронного излучения
Годовой отчет за 2004 год. - Новосибирск, ИЯФ СО РАН, 71с, 2005.

Препринты

1. *К.В. Губин, Е.И. Жмуриков, П.В. Логачев, В.Б. Фенелонов, С.В. Цыбуля.* О стабильности и прочности конвертора высокотемпературной нейтронной мишени на основе изотопа углерода ^{13}C // Новосибирск, 2005, 27с (Препринт/ИЯФ 2005-1).
2. *Е. И. Жмуриков, А.И. Романенко, О.Б. Анжеева, К.В. Губин, П.В. Логачев, С.В. Цыбуля, А.Т. Титов, Teschio Luigi.* Надежность и стабильность конвертора высокотемпературной нейтронной мишени на основе графитовых композигов // Новосибирск, 2005, 15с (Препринт/ИЯФ 2005-2).
3. *Б.Ф. Баянов, В.П. Белов, С.Ю. Таскаев.* Нейтроногенерирующая мишень ускорительного источника нейтронов для нейтронозахватной терапии // Новосибирск, 2005, 26с (Препринт/ИЯФ 2005-4).
4. *В.А. Капитонов, В.С. Койдан, В.В. Конюхов, А.Г. Макаров, С.С. Перин, А.Д. Хильченко.* Унифицированная система питания для электрофизических установок // Новосибирск, 2005, 11с (Препринт/ИЯФ 2005-5).
5. *D.V. Pestrikov.* Dipole beam breakup electron cloud instability of a relativistic positron bunch with a smooth model linear density // Novosibirsk, 2005, 35с (Preprint/Budker INP 2005-6).
6. *V.N. Baier and V.M. Katkov.* Coherent and incoherent pair creation by a photon in oriented single crystal // Novosibirsk, 2005, 11с (Preprint/Budker INP 2005-7),
7. *Г.И. Димов.* Амбиполярная ловушка // Новосибирск, 2005, 47с (Препринт/ИЯФ 2005-8).
8. *Н.С. Бучельникова, В.Э. Карлин.* eh -структуры при взаимодействии холодного электронного пучка с плазмой. I. // Новосибирск, 2005, 47с (Препринт/ИЯФ 2005-13).
9. *Н.С. Бучельникова, В.Э. Карлин.* eh -структуры при взаимодействии холодного электронного пучка с плазмой. II. // Новосибирск, 2005, 39с (Препринт/ИЯФ 2005-14).
10. *И.С. Лупашина.* Автоматизация генерации отчетов в системе "Труд и заработная плата" при изменении структуры института // Новосибирск, 2005, 18с (Препринт/ИЯФ 2005-16).
11. *Е.И. Жмуриков.* К вопросу о перколяционной проводимости гетерогенных мезоскопических систем // Новосибирск, 2005, 11с (Препринт/ИЯФ 2005-18).
12. *V.N. Baier and V.M. Katkov.* Polarization effects for pair creation by photon in oriented crystals at high energy // Novosibirsk, 2005, 31с (Preprint/Budker INP 2005-19),
13. *В.М. Аульченко, Р.Р. Ахметшин, В.Ш. Банзаров, Л.М. Барков, Н.С. Баштовой, Д.В. Бондарев, А.Е. Бондарь, А.В. Брагин, А.А. Валишев, Н.И. Габышев, Д.А. Горбачев, А.А. Гребенюк, Д.Н. Григорьев, С.К. Джаван, Д.А. Елифанов, А.С. Зайцев, С.Г. Зверев, Ф.В. Игнатов В.Ф. Казанин, С.В. Карпов, И.А. Кооп, П.П. Кроковный, А.С. Кузьмин, И.Б. Логашенко, П.А. Лукин, А.П. Лысенко, А.И. Мильштейн, К.Ю. Михайлов, И.Н. Нестеренко, М.А. Никулин, А.В. Отбоев, В.С. Охапкин, Е.А. Переведенцев, А.А. Полушин, А.С. Попов,*

- С.И. Редин, Б.Л. Робертс, Н.И. Роот, А.А. Рубан, Н.М. Рыскулов, А.Л. Сибиданов, В.А. Сидоров, А.Н. Скринский, В.П. Смазгин, И.Г. Снопков, Е.П. Солодов, Д.А. Томпсон, Г.В. Федотович, Б.И. Хазин, В.В. Хьюз, А.Г. Шамов, Ю.М. Шатунов, Б.А. Шварц, С.И. Эйдельман, Ю.В. Юдин.* Измерение формфактора пиона в диапазоне энергий 1.04 – 1.38 ГэВ с детектором КМД-2 // Новосибирск, 2005, 39с (Препринт/ИЯФ 2005-29).
14. *К.А. Тен, О.В. Евдоков, И.Л. Жогин, В.В. Жуланов, П.И. Зубков, Г.Н. Кулипанов, Л.А. Лукьянчиков, Л.А. Мерзиевский, Б.Б. Пирогов, Э.Р. Прууэл, В.М. Титов, Б.П. Толочко, М.А. Шеромов.* Измерение распределения плотности в детонационных процессах с помощью синхротронного излучения // Новосибирск, 2005, 30с (Препринт/ИЯФ 2005-30).
15. *Valery S. Cherkassky, Boris A. Knyazev, Igor A. Kotelnikov and Alexander A. Tyutin.* Braking of a magnetic dipole moving through whole and cut conducting pipes // Novosibirsk, 2005, 23с (Preprint/Budker INP 2005-31),
16. *В.Ф. Дмитриев.* Влияние поляризации на сечение и угловое распределение продуктов реакции $^{11}\text{B}(p, \alpha)^8\text{Be}^*$ // Новосибирск, 2005, 6с (Препринт/ИЯФ 2005-34).
17. *Г.Н. Абрамов, В.В. Анашин, В.М. Аульченко, М.Н. Ачасов, А.Ю. Барняков, К.И. Белобородов, А.В. Бердюгин, В.С. Бобровников, А.Г. Богданчиков, А.В. Боженок, А.А. Ботов, А.Д. Букин, Д.А. Букин, М.А. Букин, А.В. Васильев, В.М. Весенев, В.Б. Голубев, Т.В. Димова, В.П. Дружинин, А.А. Жуков, А.С. Ким, Д.П. Коврижин, А.А. Король, С.В. Кошуба, Е.А. Кравченко, А.Ю. Кульпин, А.Е. Образовский, А.П. Онучин, Е.В. Пахтусова, Е.А. Переведенцев, В.М. Попов, Е.Э. Пята, С.И. Середняков, В.А. Сидоров, З.К. Силагадзе, А.А. Сироткин, К.Ю. Сковпень, А.Н. Скринский, А.И. Текутьев, Ю.А. Тихонов, Ю.В. Усов, П.В. Филатов, А.Г. Харламов, Ю.М. Шатунов, Д.А. Штоль.* СНД – статус модернизации и анализа данных // Новосибирск, 2005, 30с (Препринт/ИЯФ 2005-35).
18. *В.Б. Рева.* Движение заряженных частиц в накопителе с продольным магнитным полем // Новосибирск, 2005, 40с (Препринт/ИЯФ 2005-36).
19. *V.P. Bolotin, E.N. Chesnokov, A.S. Kozlov, A.K. Petrov, M.B. Taraban, V.S. Cherkassky, P.D. Rudych, B.A. Knyazev, E.I. Kolobanov, V.V. Kotenkov, V.V. Kubarev, G.N. Kulipanov, A.N. Matveenko, L.E. Medvedev, S.V. Miginsky, L.A. Mironenko, A.D. Oreshkov, V.K. Ovchar, V.M. Popik, T.V. Salikova, S.S. Serednyakov, A.N. Skrinsky, O.A. Shevchenko, M.A. Scheglov, N.A. Vinokurov, N.S. Zaihraeva.* First experiments on high-power Novosibirsk terahertz free electron laser // Novosibirsk, 2005, 11с (Preprint/Budker INP 2005-37),
20. *В.В. Вечеславов.* Гладкий аналог стандартного отображения // Новосибирск, 2005, 16с (Препринт/ИЯФ 2005-39).
21. *М.Н. Ачасов, В.В. Анашин, А.В. Боженок, П.Д. Воблый, В.Б. Голубев, А.А. Жуков, А.А. Король, С.Б. Орешкин, Е.Э. Пята, С.И. Середняков, Ю.А. Тихонов, Ю.В. Усов, Б.А. Шварц.* Разработка вакуумных фототриодов для сцинтилляционных калориметров // Новосибирск, 2005, 31с (Препринт/ИЯФ 2005-41).
22. *А.Д. Букин.* Программа численной минимизации функции многих параметров с использованием аналитически вычисляемого градиента // Новосибирск, 2005, 31с (Препринт/ИЯФ 2005-43).

23. *Б.П. Толочко, В.М. Титов, А.П. Чернышев, К.А. Тэн, Э.Р. Прууэл, И.Л. Жогин, П.И. Зубков, Н.З. Ляхов, Л.А. Лукьянчиков, М.А. Шеромов.* Физико-химическая модель детонационного синтеза наноалмазов // Новосибирск, 2005, 15с (Препринт/ИЯФ 2005-48).
 24. *V.N. Baier and V.M. Katkov.* Coherent and incoherent radiation from high-energy electron and the LPM effect in oriented single crystal // Novosibirsk, 2005, 19с (Preprint/Budker INP 2005-49).
 25. *Р.М. Лапик, П.В. Мартышкин, С.В. Шиянков, А.М. Якутин.* Система электрон-позитронной конверсии инжекционного комплекса ВЭПП-5 // Новосибирск, 2005, 34с (Препринт/ИЯФ 2005-50).
 26. *А.Д. Бужин.* О кинематической реконструкции событий // Новосибирск, 2005, 43с (Препринт/ИЯФ 2005-51).
 27. *Б.П. Толочко, В.М. Титов, А.П. Чернышев, К.А. Тэн, Э.Р. Прууэл, И.Л. Жогин, П.И. Зубков, Н.З. Ляхов, Л.А. Лукьянчиков, М.А. Шеромов* Физико-химическая модель детонационного синтеза наночастиц из карбоксилатов металлов // Новосибирск, 2005, 19с (Препринт/ИЯФ 2005-53).
 28. *С.А. Никитин.* Расчет деполяризатора с поперечным полем для прецизионных экспериментов на ВЭПП-4М // Новосибирск, 2005, 23с (Препринт/ИЯФ 2005-54)
- * * *
29. *V.S. Fadin.* The gluon reggeization in perturbative QCD at NLO // hep-ph/0511121.
 30. *A.V. Bogdan, V.S. Fadin.* A proof of the reggeized form of amplitudes with quark exchanges // hep-ph/0601117.
 31. *V.S. Fadin, R. Fiore, M.G. Kozlov and A.V. Reznichenko.* Proof of the multi-Regge form of QCD amplitudes with gluon exchanges in the NLA // hep-ph/0602006.
 32. *S. Araki, ..., V. Strakhovenko, et al.* Conceptual design of a polarized positron source based on laser Compton scattering // physics/0509016, 2005.
 33. *A. Apyan, ..., V. Strakhovenko, et al. (Na59 Collaboration).* Coherent bremsstrahlung, coherent pair production, birefringence and polarimetry in the 20-170 GeV energy range using aligned crystals // hep-ex/0512017, 2005.
 34. *V.M. Khatsymovsky.* Feynman path integral in area tensor Regge calculus and correspondence principle // e-print: gr/qc/0506072, 2005. to appear in Physics Letters B.
 35. *O.V. Zhirov and D.L. Shepelyansky.* Quantum synchronization // e-print: cond-mat/0507029, 2005, accepted for publication in Eur. Phys. Journal D.
 36. *O.V. Zhirov and D.L. Shepelyansky.* Dissipative decoherence in the Grover algorithm // e-print: quant-ph/0511010, 2005, accepted for publication in Eur. Phys. Journal D.
 37. *Valentin V. Sokolov, Giuliano Benenti, Giulio Casati.* Quantum dephasing and decay of classical correlation functions in chaotic systems // Quant-ph/0504141, v.2 5 Sep. 2005; Submitted in Phys. Rev. Lett.
 38. *Yu.M. Bystritskiy, E.A. Kuraev, A.V. Bogdan, F.V. Ignatov and G.V. Fedotovitch,* New formulation of $(g_\mu - 2)$ hadronic contribution // e-print: hep-ph/0506317.
 39. *V.F. Dmitriev, I.B. Khriplovich, R.A. Sen'kov.* On shielding of nuclear electric dipole moments in atoms // e-print: hep-ph/0504063.

40. *G.G. Kirilin*. Quantum corrections to spin effects in general relativity // e-print: gr-qc/0507070.
41. *G.G. Kirilin*. Loop corrections to the form factors in $B \rightarrow \pi l \nu$ decay // e-print: hep-ph/0508235 (2005).
42. *A.G. Grozin*. Lectures on QED and QCD // e-print: hep-ph/0508242, 2005, 103p.
43. *A.G. Grozin*. Summing next-to-next-to-leading logarithms in $b \rightarrow c$ transitions at zero recoil // hep-ph/0509328, 12p.
44. *A.G. Grozin*. TeX macs-maxima interface // cs.SC/0504039.
45. *A.A. Pomernansky*. Complete integrability of higher-dimensional Einstein equations with additional symmetry, and rotating black holes // e-print: hep-th/0507250, 2005.
46. *I.B. Khriplovich, A.A. Pomernansky*. Remark on Immirzi Parameter, Torsion, and Discrete Symmetries // e-print: hep-th/0508136, 2005.
47. *В.Т. Астрелин, Р.Н. Ахмадуллин, А.В. Бурдаков, Н.Г. Карлыханов*. Взаимодействие горячей дейтериевой плазмы с твердотельными мишенями // Препринт №211, Изд. РФЯЦ-ВНИИТФ, Снежинск, 2005. 27с.
48. *V.V. Abramov, ..., D.K. Toporkov, Yu.M. Shatunov, et al.* Spin physics program in the U70 polarized proton beam // hep-ex/0511046 v1, 2005.
49. *M.N. Achasov, K.I. Beloborodov, A.V. Berdyugin, A.G. Bogdanchikov, A.V. Bozhenok, A.D. Bukin, D.A. Bukin, T.V. Dimova, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, I.A. Koop, A.A. Korol, S.V. Koshuba, A.P. Lysenko, A.V. Otboev, E.V. Pakhtusova, S.I. Serednyakov, Yu.M. Shatunov, V.A. Sidorov, Z.K. Silagadze, A.N. Skrinsky, Yu.A. Tikhonov, A.V. Vasiljev*, Study of the process $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ in the energy region $400 < \sqrt{s} < 1000$ MeV // e-Print Archive: hep-ex/0506076.
50. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. A search for the rare decay $B_0 \rightarrow \tau^+\tau^-$ at BABAR // Preprint SLAC-PUB-11558, BABAR Collaboration, 2005.
51. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurements of the absolute branching fractions of $B^\pm \rightarrow K^\pm X_{c\bar{c}}$ // Preprint SLAC-PUB-11545, BABAR Collaboration, 2005.
52. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Improved measurements of branching fractions for $B_0 \rightarrow \pi^+\pi^-$, $K^+\pi^-$, and search for K^+K^- at BaBar // Preprint SLAC-PUB-11433, BABAR Collaboration, 2005.
53. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*, Measurement of CP Asymmetries in $B_0 \rightarrow K_S \pi^0 \pi^0$ decays // Preprint SLAC-PUB-11390, BABAR Collaboration, 2005.
54. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurements of neutral B decay branching fractions to $K_0^S \pi^+ \pi^-$ final states and the charge asymmetry of $B_0 \rightarrow K^{*+} \pi^-$ // Preprint SLAC-PUB-11325, BABAR Collaboration, 2005.
55. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Search for lepton flavor violation in the decay $\tau \rightarrow \text{electron } \gamma$ // Preprint SLAC-PUB-11385, BABAR Collaboration, 2005.
56. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of gamma in $B^- \rightarrow D^{(*)} K^-$ and $B^- \rightarrow D^{(*)} K^{*-}$ decays

- with a Dalitz analysis of $D \rightarrow K_s \pi^- \pi^+$ // Preprint SLAC-PUB-11377, BABAR Collaboration, 2005.
57. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Dalitz plot study of $B^0 \rightarrow K^+ K^- K^0 S$ decays // Preprint SLAC-PUB-11374, BABAR Collaboration, 2005.
 58. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of time-dependent CP-violating asymmetries in B^0 meson decays to $\eta' K^0 L$ // Preprint SLAC-PUB-11368, BABAR Collaboration, 2005.
 59. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of the $B^0 \rightarrow \pi^- l^+ \nu$ and $B^+ \rightarrow \pi^0 l^+ \nu$ branching fractions and determination of $|V_{ub}|$ in $Y(4S)$ events tagged by a fully reconstructed B meson // Preprint SLAC-PUB-11369, BABAR Collaboration, 2005.
 60. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of CP-violating parameters in fully reconstructed $B \rightarrow D^{(*)} \pi^+ \pi^-$ and $B \rightarrow D^+ \rho^-$ decays // Preprint SLAC-PUB-11364, BABAR Collaboration, 2005.
 61. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*, A search for the decay $B^+ \rightarrow \tau^+ \nu \tau$ // Preprint SLAC-PUB-11358, BABAR Collaboration, 2005.
 62. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*, Measurement of time-dependent CP-violating asymmetries in $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$ decays // Preprint SLAC-PUB-11354, BABAR Collaboration, 2005.
 63. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of branching fractions and mass spectra of $B \rightarrow K \pi \pi \gamma$ // Preprint SLAC-PUB-11288, BABAR Collaboration, 2005.
 64. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*, Observation of B^0 Meson decays to $a_1(1260) \pi$ // Preprint SLAC-PUB-11318, BABAR Collaboration, 2005.
 65. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of the partial branching fraction for inclusive charmless semileptonic B decays and extraction of $|V_{ub}|$ // Preprint SLAC-PUB-11310, BABAR Collaboration, 2005.
 66. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of time-dependent CP-violating asymmetries in $B^0 \rightarrow K^+ K^- K^0 L$ decays // Preprint SLAC-PUB-11309, BABAR Collaboration, 2005.
 67. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. A study of production and decays of Omega sub c0 baryons at BABAR // Preprint SLAC-PUB-11323, BABAR Collaboration, 2005.
 68. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurements of the rare decays $B \rightarrow K l^+ l^-$ and $B \rightarrow K^* l^+ l^-$ // Preprint SLAC-PUB-11330, BABAR Collaboration, 2005.
 69. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Results from the BaBar fully inclusive measurement of $B \rightarrow X_s \gamma$ // Preprint SLAC-PUB-11329, BABAR Collaboration, 2005.

70. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Search for $B \rightarrow D_s(*) \Phi$ // Preprint SLAC-PUB-11303, BABAR Collaboration, 2005.
71. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of the $B^{+-} \rightarrow \rho^+ \pi^0$ branching fraction and direct CP asymmetry // Preprint SLAC-PUB-11294, BABAR Collaboration, 2005.
72. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Branching fraction for $B^+ \rightarrow \pi^0 l^+ \nu$ // measured in $Upsilon(4S) \rightarrow B \bar{B}$ events tagged by $B^- \rightarrow D^0 l^- \bar{\nu}$ (X) decays // Preprint SLAC-PUB-11313, BABAR Collaboration, 2005.
73. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Branching fraction for $B^0 \rightarrow \pi^+ l^- \nu$ and determination of $|V_{ub}|$ in $Upsilon(4S) \rightarrow B^0 \bar{B}^0$ events tagged by $\bar{B}^0 \rightarrow D^{(*)+} l^- \bar{\nu}$ // Preprint SLAC-PUB-11314, BABAR Collaboration, 2005.
74. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of branching fraction and CP-violating asymmetry for $B \rightarrow \omega K_s$ // Preprint SLAC-PUB-11039, BABAR Collaboration, 2005.
75. *A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov (Authors from the SND group)*. Measurement of branching fraction and CP-violating asymmetry for $B \rightarrow \omega K_s$ // Preprint SLAC-PUB-11039, BABAR Collaboration, 2005.
76. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collaboration)*. Search for the rare quark-annihilation decays $B^- \rightarrow D(S)^{**}(*) \phi$ // SLAC-PUB-11520, Dec. 19, 2005. 8p.
77. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collaboration)*. Search for the rare quark-annihilation decays $B^- \rightarrow D(S)^{(*)-} \phi$ // BABAR-PUB-05-047, SLAC-PUB-05-047, Dec. 2005. 8p; e-print: hep-ex/0512028.
78. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, et al. (BaBar Collaboration)*. A study of $E^+ E^- \rightarrow P$ anti- P using initial state radiation with BABAR // SLAC-PUB-11587, BABAR-PUB-05-050, Dec. 2005. 23p; e-print: hep-ex/0512023.
79. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for the W-exchange decays $B^0 \rightarrow D(S)^{(*)-} D(S)^{(*)+}$ // BABAR-PUB-05-44, SLAC-PUB-11502, Oct. 2005. 8p; e-print: hep-ex/0510051.
80. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of the inclusive electron spectrum in charmless semileptonic B decays near the kinematic endpoint and determination of $|V(UB)|$ // BABAR-PUB-05-45, SLAC-PUB-11499, Sep. 2005, 19p; e-print: hep-ex/0509040.
81. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of branching fractions and resonance contributions for $B^0 \rightarrow \text{ANTI-}D^0 K^+ \pi^-$ and search for

- $B_0 \rightarrow D_0 K + \pi^-$ decays // BABAR-PUB-05-43, SLAC-PUB-11474, Sep. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0509036.
82. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of the branching ratios $\Gamma(D(S)^* \rightarrow D(S) + \pi^0) / \Gamma(D(S)^* \rightarrow D(S) + \gamma)$ and $\Gamma(D^* \rightarrow D_0 \pi) / \Gamma(D^* \rightarrow D_0 \gamma)$ // BABAR-CONF-05-42, SLAC-PUB-11431, Aug. 2005. 7p; e-print Archive: hep-ex/0508039.
83. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for decays of $B_0 \rightarrow E^+ E^-$, $B_0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, $B_0 \rightarrow E^+ \mu^-$ // SLAC-PUB-11395, 2005. 7p.
84. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurements of the $B \rightarrow X(S \text{ GAMMA})$ branching fraction and photon spectrum from a sum of exclusive final states // BABAR-PUB-05-37, SLAC-PUB-11365, Aug. 2005. 16p; e-print: hep-ex/0508004.
85. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. A study of $B \rightarrow C$ and $B \rightarrow U$ interference in the decay $B \rightarrow [K^+ \pi^-] (D) K^{*-}$ // SLAC-PUB-11371, Aug. 2005, 8p; e-print: hep-ex/0508001.
86. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Study of $J/\psi \pi^+ \pi^-$ states produced in $B_0 \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^- K_0$ AND $B \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^- K^-$ // BABAR-PUB-05-038, SLAC-PUB-11370, Jul, 2005, 7p; e-print: hep-ex/0507090.
87. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of the anti- B_0 lifetime and the B_0 anti- B_0 oscillation frequency using partially reconstructed anti- $B_0 \rightarrow D^* + L^-$ anti- $\text{NU}(L)$ decays // SLAC-PUB-11343, BABAR-PUB-05-22, Jul. 2005. 18p; e-print: hep-ex/0507054.
88. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov et al. (BaBar Collaboration)*. Measurement of the time-dependent CP-violating in $B_0 \rightarrow K_0(S) \pi^0 \text{ GAMMA}$ decays // SLAC-PUB-11345, BABAR-PUB-05-030, Jul. 2005. 8p; e-print: hep-ex/0507038
89. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. DALITZ plot analysis of $D_0 \rightarrow \text{anti-}K_0 K^+ K^-$ // BABAR-PUB-05-023, SLAC-PUB-11333, Jul. 2005. 16p; e-print: hep-ex/0507026.
90. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. An amplitude analysis of

- the decay $B^{+-} \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+$ // BABAR-PUB-05-028, SLAC-PUB-11332, Jul. 2005, 16p. e-print: hep-ex/0507025.
91. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Evidence for $B^+ \rightarrow \text{anti-K}^0 K^+$ and $B^0 \rightarrow K^0 \text{anti-K}^0$, and measurement of the branching fraction and search for direct CP violation in $B^+ \rightarrow K^0 \pi^+$ // BABAR-PUB-05-035, SLAC-PUB-11334, Jul 2005, 8p; e-print: hep-ex/0507023.
 92. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov et al. (BaBar Collaboration)*. Measurement of the $B^+ \rightarrow P \text{ANTI-P} K^+$ branching fraction and study of the decay dynamics // BABAR-PUB-05-20, SLAC-PUB-11296, Jul. 2005, 8p; e-print: hep-ex/0507012.
 93. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. A precision measurement of the $\Lambda^+(C)$ baryon mass // BABAR-PUB-05-032, SLAC-PUB-11331, Jul. 2005. 14p. e-print: hep-ex/0507009.
 94. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. DALITZ-plot analysis of the decays $B^{+-} \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ // SLAC-PUB-11327, BABAR-PUB-05-027, Jul. 2005. 11p; e-print: hep-ex/0507004.
 95. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Study of $B \rightarrow \pi l \nu$ and $B \rightarrow \rho l \nu$ decays and determination of $|V_{ub}|$ // SLAC-PUB-11053, BABAR-PUB-05-025, Jul, 2005, 8p; e-print: hep-ex/0507003.
 96. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of CP observables for the decays $B^{+-} \rightarrow D^0(\text{CP}) K^{*+}$ // BABAR-PUB-05-26, SLAC-PUB-11324, Jul. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0507002.
 97. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of time-dependent CP asymmetries and the CP-ODD fraction in the decay $B^0 \rightarrow D^{*+} D^{*-}$ // BABAR-PUB-05-24, SLAC-PUB-11321, Jun. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0506082.
 98. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Observation of a broad structure in the $\pi^+ \pi^- J/\psi$ mass spectrum around $4.26 \text{ GeV}/c^2$ // BABAR-PUB-05-29, SLAC-PUB-11320, Jun. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0506081.
 99. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for the rare decay $\text{anti-B}^0 \rightarrow D^{*0} \text{ GAMMA}$ // SLAC-PUB-11292, Jun. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0506070.

100. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for the Lepton-flavor and Lepton-number violation in the decay $\text{TAU} \rightarrow \text{L} + \text{H}^+ - \text{H}^-$ // SLAC-PUB-11300, Jun. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0506066.
101. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of double charmonium production in $\text{E}^+ \text{E}^-$ annihilations at $\text{S}^{*(1/2)} = 10.6 \text{ GeV}$ // BABAR-PUB-05-21, SLAC-PUB-11287, Jun. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0506062.
102. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Determination of $|v_{ub}|$ from measurements of the electron and neutrino momenta in inclusive semileptonic B decays // SLAC-PUB-11278, BABAR-PUB-05-18, Jun. 2005. 7p; e-print: hep-ex/0506036.
103. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for the decay $\text{tau}^- \rightarrow 4\pi^- 3\pi^+ (\pi^0) \nu(\text{tau})$ // SLAC-PUB-11229, BABAR-PUB-05-015, Jun. 2005. 8p; e-print: hep-ex/0506007.
104. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for the rare decays $\text{B}^+ \rightarrow \text{D}^{(*)+} \text{K}^0(\text{S})$ // SLAC-PUB-11255, BABAR-PUB-05-014, May 2005. 8p; e-print: hep-ex/0505099.
105. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of time-dependent CP asymmetries in $\text{B}^0 \rightarrow \text{D}^{(*)}$ decays // SLAC-PUB-11247, BABAR-PUB-05-017, May 2005. 7p; e-print: hep-ex/0505092.
106. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of the branching fraction and decay rate asymmetry of $\text{B}^- \rightarrow \text{D}(\text{PI}^+ \text{PI}^- \text{PI}^0) \text{K}^-$ // SLAC-PUB-11245, BABAR-PUB-05-016, May 2005. 8p; e-print: hep-ex/0505084.
107. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, E.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (Authors from the SND group) et al.*. Study of the $\text{tau}^- \rightarrow 3\text{H}^- 2\text{H}^+ \text{tau-neutrino}$ decay // SLAC-PUB-11155, May 2005. 7p; e-print: hep-ex/0505004.
108. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for $\text{B} \rightarrow \text{U}$ transitions in B^- and $\text{D}^0 \text{K}^-$ and $\text{B} \rightarrow \text{D}^* \text{K}^-$ // SLAC-PUB-11137, BABAR-PUB-05-12, Apr. 2005, 14p; e-print: hep-ex/0504047.

109. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa Angle γ in $B \rightarrow D^{(*)} K \pi$ decays with a DALITZ analysis of $D \rightarrow K^0(S) \pi^+ \pi^-$ // SLAC-PUB-11127, Apr. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0504039.
110. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of time-dependent CP-violating asymmetries and constraints on $\sin(2\beta + \gamma)$ with partial reconstruction of $B \rightarrow D^{*+} \pi^+ \pi^-$ decays // SLAC-PUB-11136, Apr. 2005, 17p; e-print: hep-ex/0504035.
111. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, E.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Production and decay of χ_{C0} at BABAR // SLAC-PUB-11100, BABAR-PUB-05-008, Apr. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0504014.
112. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Evidence for the decay $B^+ \rightarrow K^{*+} \pi^0$ // SLAC-PUB-11057, BABAR-PUB-05-006, Apr. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0504009.
113. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (Authors from the SND group) et al.*. Measurement of the branching fraction of $\Upsilon(4S) \rightarrow B^0 \bar{B}^0$ // SLAC-PUB-11085, BABAR-PUB-05-004, Apr. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0504001.
114. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (Authors from the SND group) et al.*. Improved measurement of the CKM angle α using $B^0(\bar{B}^0) \rightarrow \rho^+ \rho^-$ decays // SLAC-PUB-11081, BABAR-PUB-04-007, Mar. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0503049.
115. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of branching fraction and charge asymmetries in B^+ decays to $\eta \pi^+$, ηK^+ , $\eta \rho^+$ and $\eta' \pi^+$, and search for B^0 decays to ηK^0 and $\eta \omega$ // e-print: hep-ex/0503035.
- B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for $B \rightarrow J/\psi D$ decays // SLAC-PUB-11054, BABAR-PUB-05-005, Mar. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0503021.
116. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of the branching fraction and the CP-violating asymmetry for

- the decay $B^0 \rightarrow K_S^0 \pi^0$ // SLAC-PUB-11048, BABAR-PUB-05-01, Mar. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0503011.
117. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of the $B^0 \rightarrow D^{*-} D(S)^{*+}$ and $D(S)^+ \rightarrow \phi \pi^+$ branching fractions // SLAC-PUB-11037, BABAR-PUB-05-02, Feb. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0502041.
118. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for lepton flavor violation in the decay $\tau^+ \rightarrow \mu^+ \gamma$ // SLAC-PUB-11028, BABAR-PUB-04-049, Feb. 2005, 7p; e-Print Archive: hep-ex/0502032.
119. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov et al. (BaBar Collaboration)*. The $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$, $K^+K^-\pi^+\pi^-$, and $K^+K^-K^+K^-$ cross sections at center-of-mass energies 0.5 – 4.5 GeV measured with initial-state radiation // SLAC-PUB-11026, Feb. 2005, 25p; e-print: hep-ex/0502025.
120. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurement of CP asymmetries in $B^0 \rightarrow \phi K^0$ and $B^0 \rightarrow K^+ K^- K^0(S)$ decays // SLAC-PUB-11022, BABAR-PUB-04-051, Feb. 2005, 8p; e-print: hep-ex/0502019.
121. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, Yu.I. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Measurements of branching fractions and time-dependent CP-violating asymmetries in B to $\eta' K$ decays // SLAC-PUB-10906, BABAR-PUB-04-050, Feb. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0502017.
122. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Branching fraction and CP asymmetries of $B^0 \rightarrow K^0(S) K^0(S) K^0(S)$ // SLAC-PUB-11047, Feb. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0502013.
123. *B. Aubert, A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for strange-Pentaquark production in e^+e^- annihilation at $S^{**}(1/2)=10.58$ GeV and in UPSILON (4S) decays // SLAC-PUB-10992, BABAR-PUB-04-047, Feb. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0502004.
124. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. A search for CP violation and a measurement of the relative branching fraction in $D^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$ decays // SLAC-PUB-11009, BABAR-PUB-04-041, Jan. 2005, 8p; e-print: hep-ex/0501075.

125. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, Yu.I. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Improved measurements of CP-violating asymmetry amplitudes in $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ decays // SLAC-PUB-11005, Jan. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0501071.
126. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, V.N. Ivanchenko, E.P. Solodov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for factorization-suppressed $B \rightarrow \chi(C) K^{(*)}$ decays // SLAC-PUB-10989, BABAR-PUB-04-46, Jan. 2005, 7p; e-print: hep-ex/0501061.
127. *B. Aubert, ..., A.E. Blinov, V.E. Blinov, E.A. Kravchenko, A.P. Onuchin, Yu.I. Skovpen, A.N. Yushkov, A.D. Bukin, V.P. Druzhinin, V.B. Golubev, S.I. Serednyakov, et al. (BaBar Collaboration, SND group)*. Search for the radiative decay $B^0 \rightarrow \phi\gamma$ // SLAC-PUB-10938, Jan. 2005, 8p; e-print: hep-ex/0501038.
128. *S. Araki, ..., B.I. Grishanov, P. Logachev, F. Podgorny, V.I. Telnov, et al.* Proposal of the next incarnation of accelerator test facility at KEK for the International Linear Collider // Published in Knoxville 2005, 874; SLAC-PUB-11202.
129. *B.I. Grishanov, P. Logachev, F. Podgorny, V. Telnov, et al.* ATF2 proposal // 'KEK-REPORT-2005-2, SLAC-R-771, Aug. 23, 2005. 113p.
130. *A. Bondar, A. Buzulutskov, R.de Oliveira, L. Ropelewski, F. Sauli, L. Shekhtman.* Light multi-GEM detector for high-resolution tracking systems // e-print: physics/0511037, 2005.
131. *A. Bondar, A. Buzulutskov, A. Grebenuk, D. Pavlyuchenko, R. Snopkov, and Y. Tikhonov.* Two-phase argon and xenon avalanche detectors based on Gas Electron Multipliers // e-print: physics/0510266, 2005.
132. *J.W. Flanagan, K. Ohmi, H. Fukuma, S. Hiramatsu, M. Tobiyaama, (KEK) and E. Perevedentsev (BINP, Novosibirsk)*. Observation of vertical betatron sideband due to electron clouds in the KEKB low energy ring // e-print: physics/0407149.
133. *J.W. Flanagan, K. Ohmi, H. Fukuma, ..., E. Perevedentsev et al.* Simulation analysis of head-tail motion caused by electron cloud // KEK-Preprint-2005-44, 2005. 3p.
134. *J.W. Flanagan, K. Ohmi, H. Fukuma, ..., E. Perevedentsev.* Betatron sidebands due to electron clouds under colliding beam conditions // KEK-Preprint-2005-46, Jul 2005. 3p.
135. *I. Koop, A. Otboev, V. Parkhomchuk, V. Reva, P. Shatunov, Yu. Shatunov, F. Bradamante.* Conceptual design for a polarized proton-antiproton collider facility at GSI // INFN/TC-05/14, November 29, 2005, 26p.
136. *V.I. Telnov.* Comparison of photon colliders based on e^-e^- and e^+e^- beams // Proc. Intern. Workshop on Linear Colliders (LCWS05), 18-22 March, 2005, Stanford, California, USA; hep-ex/0507070.
137. *V.I. Telnov.* Crossing angle at the photon collider // Proc. Intern. Workshop on Linear Colliders (LCWS05), 18-22 March, 2005, Stanford, California, USA; hep-ex/0507134.
138. *V.I. Telnov.* Physics options at the ILC GG6 Summary at Snowmass 2005 // physics/0512048.

Авторефераты

1. *Кожеевников А.А.* Динамические эффекты в редких и многочастичных распадах векторных мезонов // 01.04.02 - теоретическая физика, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. доктора физ.-мат. наук: Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН (работа выполнена в Институте математики им. С.Л.Соболева СО РАН).
2. *Лотов К.В.* Динамика электронного пучка и плазмы в схемах кильватерного ускорения // 01.04.08 - физика плазмы, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. доктора физ.-мат. наук: Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
3. *Коваленко Н.В.* Рентгеновские дифракционные решетки на основе многослойных структур // 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата физико-математических наук: Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
4. *Середняков С.С.* Система управления электронным пучком и излучением лазера на свободных электронах // 01.04.01 - приборы и методы экспериментальной физики, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата технических наук: Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
5. *Коржин Р.В.* Исследование эффектов нарушения пространственной и временной четности в дейтроне // 01.04.02 - теоретическая физика, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата физико-математических наук: Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН (Работа выполнена в Томском политехническом университете).
6. *Полосаткин С.В.* Формирование плазменного шнура многопробочной ловушки ГОЛ-3 // 01.04.08 - физика плазмы, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата физико-математических наук // Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
7. *Иванов И.А.* Исследование горячей плазмы в многопробочной ловушке ГОЛ-3 спектроскопическими методами // 01.04.08 - физика плазмы, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата физико-математических наук, Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
8. *Казанин В.Ф.* Изучение распадов ρ - и ω -мезонов в псевдоскалярный мезон и e^+e^- -пару с детектором КМД-2 // 01.04.16 - физика атомного ядра и элементарных частиц, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата физико-математических наук // Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
9. *Золотарев К.В.* Сверхпроводящий поворотный магнит с полем 9 Тесла для накопителя BESSY-2 // 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата физико-математических наук // Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
10. *Шевченко О.А.* Теория и расчет физических процессов в лазерах на свободных электронах с нерегулярной магнитной системой // 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, Автореф. дисс. на соис. учен.

- степ. кандидата физико-математических наук // Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
11. *Сердобинцев Г.В.* Линейный ускоритель-инжектор накопительных комплексов СИБИРЬ-2 и ТНК // 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата технических наук // Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
 12. *Достовалов Р.В.* Распределенная криосорбционная откачка в холодных вакуумных камерах современных коллайдеров // 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата физико-математических наук // Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
 13. *Шлянков С.В.* Основные системы и элементы форинжектора ВЭПП-5 // 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата технических наук // Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.
 14. *Фадеев С.Н.* Выпуск в атмосферу мощного релятивистского сфокусированного электронного пучка для технологических применений // 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, Автореф. дисс. на соис. учен. степ. кандидата технических наук // Новосибирск, 2005, ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН.

Участие в конференциях

1. MDI Workshop on ILC, 6-8 January, 2005, SLAC, Stanford;
2. ILIAS 2nd Annual Meeting, 7-8 February, 2005, Prague, Czech Republic.
3. XXXII Звенигородская конференция по физике плазмы и УТС, 14-18 февраля 2005, Звенигород, Россия.
4. XXXIX St.Petersburg Winter School, 14-20 February, 2005, St.Peterburg, Repino, Russia.
5. 6-й Международный Уральский семинар: Радиационная физика металлов и сплавов, 20-26 февраля, 2005, Снежинск, РФ.
6. 2-я Международная дистанционная научно-практическая конференция, 13-15 марта 2005, Санкт-Петербург, РФ.
7. 5th Meeting of the ITPA Topical Group on Diagnostics, 14-18 March, 2005, Culham, UK.
8. Международная конференция - VII Харитоновские тематические научные чтения: экстремальные состояния вещества, детонация, ударные волны, 14-18 марта 2005, Саров, РФ.
9. International Workshop on Linear Colliders (LCWS05), 18-22 March, 2005, Stanford, California, USA;
10. 5th International Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls, 22-25 March, 2005, Japan.
11. Рабочее Собрание по источнику эпитепловых нейтронов на основе ускорителя-тандема, 1 апреля 2005, Новосибирск, Россия.

12. Невский радиологический форум: Наука - клинике, 9-12 апреля 2005, Санкт-Петербург, Россия.
13. 11th International Conference on Elastic and Diffractive Scattering: Towards High Energy Frontiers. - The 20th Anniversary of the Blois Workshops, 15-20 May, 2005, Chateau de Blois, Blois, France.
14. Particle Accelerator Conference (PAC-05), 16-20 May, 2005, Knoxville, Tennessee, USA,
15. 7-ой Всероссийский семинар: Проблемы теоретической и прикладной электронной и ионной оптики, 25-27 мая 2005, Москва, Россия.
16. DIPAC'05, 6-8 June, 2005, Lyon, France.
17. Beauty 2005 Workshop, 20-24 June, 2005, Assisi (Perugia), Italy.
18. Международное совещание: Происхождение и эволюция биосферы, 26-29 июня 2005, Новосибирск, Россия.
19. 32-nd European Physical Society Conference on Plasma Physics and Controlled Fusion, 27 June - 1 July 2005, Tarragona, Spain.
20. 22nd International Symposium on Lepton-Photon Interactions at High Energy (LP 2005), 30 June - 5 July, 2005, Uppsala, Sweden.
21. EPS International Europhysics Conference on High Energy Physics (HEP-EPS 2005), 21-27 July, 2005, Lisbon, Portugal.
22. International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES-05), 26-30 July, 2005, Institute for Solid State Physics, Vienna University of Technology.
23. 2005 International Linear Collider Physics and Detector Workshop and 2nd ILC Accelerator Workshop, 14-27 August, 2005, Snowmass, Colorado;
24. 11th International Conference on Hadron Spectroscopy (Hadron05), 21-26 August, 2005, Rio de Janeiro, Brazil.
25. 27th Free Electron Laser Conference, 21-26 August, 2005, Stanford, California.
26. 12th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics, 25-31 August, 2005, Moscow, Russia.
27. International Conference Photon: its First Hundred Years and the Future (includes PHOTON2005 and PLC2005), 30 August - 8 September 2005, Warsaw and Kazimierz, Poland.
28. Europhysics Conference on New Trends in Nuclear Physics Applications and Technology NPDC19, 5-9 September, 2005, Pavia, Italy.
29. Conference: New Trends in High-Energy Physics, 10-17 September, 2005, Yalta, Crimea, Ukraine.
30. XI International Conference on Ion Sources (ISIS-05), 12-16 September, 2005, CAEN, France.
31. XIX Международное совещание по ускорителям заряженных частиц, 12-18 сентября 2005, Алушта, Крым.
32. International Workshop on Beam Cooling and Related Topics (COOL-05), 18-23 September, 2005, Galena, USA,
33. 19 International Conference on Magnet Technology, 18-23 September, 2005, Genova, Italy.

34. Conference: Hadron Structure and QCD: from low to high energies, 20-24 September, 2005, St. Petersburg, Russia.
35. 5-й Семинар СО РАН - УРО РАН: термодинамика и материаловедение, 26-28 сентября 2005, ИНХ, Новосибирск, Россия.
36. 5-я Международная конференция: ядерная и радиационная физика, 26-29 сентября 2005, Алматы, Казахстан,
37. 12th International Symposium on Laser-Aided Plasma Diagnostics, 26-29 September, Snowbird, Utah, USA.
38. 6-я Научно-практическая конференция врачей: современные лечебные и диагностические методы в медицинской практике, 28-29 сентября 2005, Новосибирск, РФ.
39. 4-ая Верещагинская байкальская конференция, 26-30 сентября 2005, Иркутск.
40. 11th International Workshop on High Energy Spin Physics (DUBNA-SPIN-05), 27 September - 1 October 2005, Dubna, Russia.
41. Nucleon-05 Workshop, 12-14 October, 2005, Frascati, Italy.
42. XI Международное совещание по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине (ICAA'05), 10-14 октября 2005, Санкт-Петербург.
43. 4-ая Международная конференция - Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология, 26-28 октября 2005, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.
44. ICFA Mini-Workshop on Frontiers of Short Bunches in Storage Rings, 7-8 November, 2005, Frascati National Laboratories, Italy.
45. ICALEPCS'05, 10-14 November, 2005, Geneva, Switzerland.
46. 3rd ECFA Workshop on Physics and Detectors for ILC, 14-17 November, 2005, Vienna.
47. Национальная конференция РСНЭ НАНО-2005 . - 14-19 ноября 2005, Москва. .
48. 5th Conference on Nuclear and Particle Physics (NUPPAC-05), 19-23 November, 2005, Cairo, Egypt.
49. Юбилейная научная сессия-конференция: Физика фундаментальных взаимодействий, посвященная 60-летию ИТЭФ, 5-9 декабря 2005. Москва, Россия.
50. XLIII Международная научная студенческая конференция: студент и научно-технический прогресс, Новосибирск, 2005.
51. 11-я Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых, 2005, Екатеринбург, РФ.
52. XIII Симпозиум по горению и взрыву, Черноголовка, 2005.
53. 1-я Всероссийская конференция молодых ученых по физике и химии высокоэнергетических систем, 2005, Томск, РФ.
54. XI Всероссийская конференция по диагностике высокотемпературной плазмы, 2005, Троицк. РФ.
55. Production and Neutralization of Negative Ions and Beams: AIP Conference, 2005.
56. 15th National Conference on Nuclear Physics: Frontiers in the Physics of Nucleus, 2005, St-Peterburg.
57. International Workshop on High Energy Electron Acceleration Using Plasmas, 2005, Paris, France.

Соглашения о сотрудничестве между ИЯФ и зарубежными лабораториями

Название лаборатории		Область сотрудничества	Дата	Координаторы
№	1	2	3	4
1.	CERN Швейцария	1. Научно-исследовательские и конструкторские работы по детекторам для большого адронного коллайдера LHC 2. Создание элементов комплекса LHC	1992 1996	А. Бондарь, Ю. Тихонов (ИЯФ), Т. Накада, П. Йенни (CERN) Л. Эванс (CERN), В. Анашин (ИЯФ)
2.	DESY (Германия)	Исследования в области ускорительной физики и физики элементарных частиц	1992	А. Вагнер (DESY), А. Скринский (ИЯФ)
3.	SLAC (Стэнфорд) США	1. Исследования, разработка линейных коллайдеров и финальная фокусировка пучков 2. Детектор для В-фабрики	1992 1993	Д. Дорфан (SLAC), А. Скринский (ИЯФ) А. Онучин (ИЯФ), Д. Хитлин (SLAC)
		3. Электрон-позитронные встречные пучки (В-фабрика)	1995	Д. Симан (SLAC) А. Скринский (ИЯФ)
4.	BNL (Брукхевен) США	1. Измерение магнитной аномалии мюона 2. Совместные работы по спину	1991 1993	Дж. Банс (BNL), Л. Барков (ИЯФ) С. Озаки (BNL), Ю. Шатунов (ИЯФ)
5.	ANL (Аргонн) США	1. Эксперименты с поляризованной газовой мишенью 2. Аппаратура для синхротронного излучения (СИ)	1988 1993	К. Джонс (ANL), Л. Барков (ИЯФ) Шеной (США), Г. Кулипанов, А. Скринский (ИЯФ)
6.	INFN (Италия)	Разработка интенсивного источника радиоактивных ионных пучков для экспериментов по физике ядра	1984	Л. Теккио (INFN), П. Логачев (ИЯФ)
7.	Ун-т Милана (Италия)	Теоретические и численные исследования динамического хаоса в классической и квантовой механике	1991	Т. Монтегацца, Дж. Казати (Италия), А. Скринский, Б. Чириков (ИЯФ)
8.	Ун-т Питтсбурга (США)	Эксперименты на ВЭПП-2М и ϕ -фабрика	1989	С. Эйдельман, Е. Солодов (ИЯФ), В. Савинов (США)
9.	Ун-т Лунда (Швеция)	Эксперименты по фото-ядерной физике	1992	Б. Шрёдер, Л. Барков (ИЯФ)
10.	Ун-т Уппсала (Швеция)	Редкие реакции и распады элементарных частиц; WASA (Эксперимент)	1989	Б. Шварц (ИЯФ), С. Кулландер, Х. Кален (Швеция)
11.	Daresbury (Англия)	Генерация и использование СИ	1977	И. Мунро (Daresbury), Г. Кулипанов (ИЯФ)

№	1	2	3	4
12.	CAT Межд. ун-т Консорциума (DST, Индия) (DST, Индия)	1. Создание и развитие источников СИ 2. Промышленное применение и технология электронных ускорителей	1987	Д. Бхавалкар, С. Рамамурти (CAT), С. А. Скринский, В. Ауслендер, Г. Кулипанов (ИЯФ)
13.	Ун-т Дюка, (США)	Лазеры на свободных электронах	1992	Й. Ву (Duke), Н. Винокуров (ИЯФ)
14.	POSTECH (Корея)	Создание ускорителей пучков, дополнительных устройств, эксперименты по СИ	1992	Х. Ким (POSTECH), А. Скринский, Н. Мезенцев (ИЯФ)
15.	KAERI (Корея)	Создание ЛСЭ и ускорителя - рекуператора	1999	Б.С. Ли(KAERI), Н. Винокуров (ИЯФ)
16.	BESSY (Германия)	Создание вигглеров для BESSY-2	1993	Э. Яшке (BESSY), А. Скринский, Н. Мезенцев (ИЯФ)
17.	КЕК (Япония)	1. Эксперименты на В-фабрике с детектором BELLE 2. Электрон-позитронные фабрики (В-,φ-фабрики)	1992 1995	А. Бондарь (ИЯФ), Ф. Такасаки (КЕК) Ш. Курокава (КЕК) Е. Переведенцев (ИЯФ)
18.	RIKEN Spring-8 (Япония)	Сотрудничество в области физики ускорителей и синхротронного излучения	1996	Х. Камицубо (Япония), Г. Кулипанов (ИЯФ)
19.	BNL (США)	Сотрудничество по электрон - ионным коллайдерам	1993	И. Бен-Зви (США) В. Пархомчук (ИЯФ)
20.	Иссл. центр Россендорф (ФРГ)	1. Физические исследования источника нейтронов на базе магнитной ловушки	1994	К. Ноак (ФРГ), Э. Кругляков, А. Иванов (ИЯФ)
21.	Ядерный центр “Карлсруэ” (ФРГ)	1. Разработка концептуального проекта и базы данных для нейтронного источника на основе ГДЛ 2. Моделирование процессов в диверторе ИТЕР	1994	Г. Кесслер (ФРГ) Э. Кругляков, А. Иванов, А. Бурдаков (ИЯФ)
22.	GSI (ФРГ)	Сотрудничество в области физики ускорителей: электронное охлаждение, электрон-ионные коллайдеры	1995	Х. Эйкхоф (GSI), Ю. Шатунов, В. Пархомчук (ИЯФ)
23.	FERMILAB (США)	Сотрудничество в области физики ускорителей: охлаждение, системы конверсии	1995	О. Финли (FERMILAB), В. Пархомчук (ИЯФ)
24.	Институт совр. физики (Ланчжоу, Китай)	Сотрудничество в области физики ускорителей: электронное охлаждение, ВЧ - системы	2000	С. Янг(Китай), В. Пархомчук (ИЯФ)
25.	Центр плазменных исследований (Цукуба, Япония)	Сотрудничество по открытым ловушкам	2003	Я. Китахара, К. Яцу (Япония) Э. Кругляков А. Скринский (ИЯФ)
26.	INFN-LNF (Италия)	Разработка проекта коллайдера DAFNE-II	2004	С. Бискари (INFN), Е. Левичев (ИЯФ)

Состав научных сотрудников

Члены Российской академии наук

Академики:

Барков Лев Митрофанович
Кругляков Эдуард Павлович
Кулипанов Геннадий Николаевич
Скринский Александр Николаевич
Чириков Борис Валерианович

Члены-корреспонденты:

Бондарь Александр Евгеньевич
Диканский Николай Сергеевич
Димов Геннадий Иванович
Пархомчук Василий Васильевич
Сидоров Вениамин Александрович
Хриплович Иосиф Бенционович

Дирекция

Директор:

Скринский Александр Николаевич

Советники РАН:

Кругляков Эдуард Павлович
Сидоров Вениамин Александрович

Заместители директора по науке:

Иванов Александр Александрович
Кулипанов Геннадий Николаевич
Левичев Евгений Борисович
Тихонов Юрий Анатольевич

Ученый секретарь:

Кудрявцев Андрей Михайлович

Учёный совет

- | | |
|---|-----------------|
| 1. Академик, председатель | Скринский А.Н. |
| 2. Доктор физ.-мат. наук, зам. председателя | Иванов А.А. |
| 3. Академик, зам. председателя | Кулипанов Г.Н. |
| 4. Доктор физ.-мат. наук, зам. председателя | Левичев Е.Б. |
| 5. Доктор физ.-мат. наук, зам. председателя | Тихонов Ю.А. |
| 6. Кандидат физ.-мат. наук, уч. секретарь | Кудрявцев А.М. |
| 7. Кандидат технических наук | Анашин В.В. |
| 8. Доктор физ.-мат. наук, профессор | Аржанников А.В. |
| 9. Академик | Барков Л.М. |
| 10. Кандидат физ.-мат. наук | Блинов В.Е. |
| 11. Член-корр. РАН | Бондарь А.Е. |
| 12. Доктор физ.-мат. наук, профессор | Винокуров Н.А. |

13. Член-корр. РАН	Диканский Н.С.
14. Член-корр. РАН	Димов Г.И.
15. Доктор физ.-мат. наук	Кооп И.А.
16. Академик, советник РАН	Кругляков Э.П.
17. Доктор технических наук	Купер Э.А.
18. Кандидат физ.-мат. наук	Логачев П.В.
19. Кандидат технических наук	Медведко А.С.
20. Доктор физ.-мат. наук	Мезенцев Н.А.
21. Член-корр. РАН	Пархомчук В.В.
22. Доктор технических наук, профессор	Салимов Р.А.
23. Доктор физ.-мат. наук, профессор	Середняков С.И.
24. Член-корр. РАН, советник РАН	Сидоров В.А.
25. Доктор физ.-мат. наук, профессор	Фадин В.С.
26. Доктор физ.-мат. наук	Хазин Б.И.
27. Член-корр. РАН	Хриплович И.Б.
28. Академик	Чириков Б.В.
29. Доктор физ.-мат. наук, профессор	Шатунов Ю.М.
31. Кандидат физ.-мат. наук	Таскаев С.Ю. – представитель профсоюзной организации
32. Доктор физ.-мат. наук	Лотов К.В. – представитель Совета молодых ученых

Секции учёного совета по направлениям

направлениям

“Ускорители для прикладных целей”

Кулипанов Г.Н. (предс.)	Купер Э.А.	Скринский А.Н.
Горбунов В.А. (секр.)	Куркин Г.Я.	Сухина Б.Н.
Мигинский С.В. (секр.)	Левичев Е.Б.	Ткаченко В.О.
Анашин В.В.	Медведко А.С.	Трибендис А.Г.
Антохин Е.И.	Мезенцев Н.А.	Тувик А.Ф.
Ауслендер В.Л.	Немытов П.И.	Тумайкин Г.М.
Вейс М.Э.	Орешков А.Д.	Чернякин А.Д.
Гаврилов Н.Г.	Пархомчук В.В.	Ческидов В.Г.
Диканский Н.С.	Петриченков М.В.	Чуркин И.Н.
Золотарев К.В.	Петров В.М.	Шатунов Ю.М.
Иванов А.А.	Пиндюрин В.Ф.	Шеромов М.А.
Князев Б.А.	Салимов Р.А.	Широков В.В.
Кузнецов Г.И.	Сидоров В.А.	Шкаруба В.А.
Куксанов Н.К.		

“Физика плазмы и проблемы УТС”

Иванов А.А. (предс.)	Димов Г.И.	Николаев В.С.
Багрянский П.А. (секр.)	Давыденко В.И.	Панасюк В.М.
Аникеев А.В.	Иванов И.А.	Полосаткин С.В.
Аржанников А.В.	Кандауров И.В.	Попов С.С.
Астрелин В.Т.	Капитонов В.А.	Поступаев В.В.
Ахметов Т.Д.	Князев Б.А.	Санин А.Л.
Беклемишев А.Д.	Константинов С.Г.	Синицкий С.Л.
Бельченко Ю.И.	Котельников И.А.	Скринский А.Н.
Бочаров В.Н.	Кругляков Э.П.	Таскаев С.Ю.
Бурдаков А.В.	Кудрявцев А.М.	Хильченко А.Д.
Бурмасов В.С.	Лизунов А.А.	Чириков Б.В.
Бучельникова Н.С.	Лотов К.В.	Широков В.В.
Волосов В.И.	Меклер К.И.	Шиянков С.В.
Вячеславов Л.Н.	Мурахтин С.В.	

“Встречные пучки”

Пархомчук В.В. (предс.)	Купер Э.А.	Сидоров В.А.
Петров В.В. (секр.)	Куркин Г.Я.	Симонов Е.А.
Анашин В.В.	Левичев Е.Б.	Скринский А.Н.
Ауслендер В.Л.	Логачев П.В.	Смалюк В.В.
Барков Л.М.	Медведко А.С.	Солодов Е.П.
Беркаев Д.Е.	Мишнев С.И.	Старостенко А.А.
Бондарь А.Е.	Нестеренко И.Н.	Тихонов Ю.А.
Винокуров Н.А.	Никитин С.А.	Тумайкин Г.М.
Воблый П.Д.	Онучин А.П.	Хазин Б.И.
Горникер Э.И.	Острейко Г.Н.	Чириков Б.В.
Гуров С.М.	Переведенцев Е.А.	Шатилов Д.Н.
Диканский Н.С.	Пестриков Д.В.	Шатунов Ю.М.
Кооп И.А.	Петров В.М.	Шатунов П.Ю.
Киселев В.А.	Подгорный Ф.В.	Шварц Д.Б.
Краснов А.А.	Рева В.Б.	Шиянков С.В.
Кулипанов Г.Н.	Салимов Р.А.	Эйдельман Ю.И.

“Физика элементарных частиц”

Бондарь А.Е. (предс.)	Кравченко Е.А.	Силагадзе З.К.
Страховенко В.М. (секр.)	Кузьмин А.С.	Сковпень Ю.И.
Аульченко В.М.	Левичев Е.Б.	Скринский А.Н.
Ачасов М.Н.	Логашенко И.Б.	Солодов Е.П.
Байер В.Н.	Лукин П.А.	Соколов В.В.
Барков Л.М.	Малышев В.М.	Таюрский В.А.
Бару С.Е.	Масленников А.Л.	Тельнов В.И.
Блинов А.Е.	Мильштейн А.И.	Тихонов Ю.А.
Блинов В.Е.	Мучной Н.Ю.	Топорков Д.К.
Бузулуцков А.Ф.	Николенко Д.М.	Фадин В.С.
Букин А.Д.	Онучин А.П.	Федотович Г.В.
Букин Д.А.	Пархомчук В.В.	Хабахпашев А.Г.
Воробьев А.И.	Пахтусова Е.В.	Хазин Б.И.
Голубев В.Б.	Пелеганчук С.В.	Хриплович И.Б.
Гребенюк А.А.	Пестов Ю.Н.	Черняк В.Л.
Григорьев Д.Н.	Пивоваров С.Г.	Чириков Б.В.
Грозин А.Г.	Рачек И.А.	Шамов А.Г.
Грошев В.Р.	Редин С.И.	Шарый В.В.
Димова Т.В.	Роот Н.И.	Шатунов Ю.М.
Дмитриев В.Ф.	Рыскулов Н.М.	Шварц Б.А.
Дружинин В.П.	Середняков С.И.	Шехтман Л.И.
Катков В.М.	Сидоров В.А.	Эйдельман С.И.
Кооп И.А.		

“Автоматизация”

Тихонов Ю.А. (предс.)	Грозин А.Г.	Мезенцев Н.А.
Купер Э.А. (зам. предс.)	Егорычев М.Н.	Немытов П.И.
Балдин Е.М. (секр.)	Зайцев А.С.	Нестеренко И.Н.
Дубров С.В. (секр.)	Каплин В.И.	Неханевич Э.Л.
Сингатулин Ш.Р. (секр.)	Карнаев С.Е.	Ровенских А.Ф.
Алешаев А.Н.	Квашнин А.Н.	Сидоров В.А.
Амосов С.А.	Коваленко Ю.В.	Солодов Е.П.
Аульченко В.М.	Козак В.Р.	Тарарышкин С.В.
Банзаров В.Ш.	Кооп И.А.	Факторович Б.П.
Бару С.Е.	Король А.А.	Фроловская Н.Н.
Белов С.Д.	Купчик В.И.	Хильченко А.Д.
Беркаев Д.Е.	Курилин О.Ю.	Цуканов В.М.
Богданчиков А.Г.	Левичев Е.Б.	Шамов А.Г.
Болховитянов Д.Ю.	Логашенко И.Б.	Шатунов Ю.М.
Бузыкаев А.Р.	Максимова С.В.	Шувалов Б.Н.
Букин А.Д.	Мамкин В.Р.	Шукаев А.Н.
Валишев А.А.	Медведко А.С.	

Научные сотрудники и их публикации

Скринский А.Н.	5, 6, 127, 208, 221, 261, 274, 275, 294, 296, 352, 386, 427, 428, 434, 13п, 17п, 19п, 49п	Аржанников А.В.	129, 131, 132, 138, 226, 359, 360, 361, 368, 369, 370, 371, 372, 374, 375, 377, 378, 379
Анашин В.В.	2, 254, 255, 275, 453, 17п, 21п	Аринштейн К.Э.	219
Иванов А.А.	117, 118, 119, 120, 122, 128, 318, 328, 330, 333, 349, 352, 410, 419, 422, 423, 426	Астрелин В.Т.	129, 131, 132, 134, 138, 226, 359, 360, 361, 363, 364, 367, 369, 378, 379, 47п
Кругляков Э.П.	115, 128, 237, 238	Аульченко В.М.	5, 6, 87, 89, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 101, 109, 205, 212, 215, 230, 275, 449, 13п, 17п
Кудрявцев А.М.	127, 358	Ауслендер В.Л.	323, 324, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 437, 444
Кулипанов Г.Н.	182, 194, 203, 204, 206, 207, 208, 316, 427, 428, 429, 430, 431, 433, 434, 450, 13п, 19п	Ахметов Т.Д.	328, 424, 425
Левичев Е.Б.	8, 207, 245, 261, 275, 452	Ахметшин Р.Р.	5, 6, 13п
Сидоров В.А.	5, 6, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 211, 214, 221, 228, 229, 274, 275, 13п, 17п, 49п	Ачасов М.Н.	221, 269, 274, 17п, 21п, 49п
Тихонов Ю.А.	80, 81, 221, 223, 261, 274, 275, 17п, 21п, 49п, 131п	Бабичев Е.А.	
Абдрашитов А.Г.	117, 122	Багрянский П.А.	117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 347, 348, 349, 350, 419, 420
Абдрашитов Г.Ф.	117, 120, 122, 423	Байер В.Н.	32, 159, 160, 161, 6п, 12п, 24п
Абдульманов В.Г.	411, 412, 413, 414, 415, 416	Бак П.А.	308, 413, 416, 439, 440
Абрамов Г.Н.	17п	Балдин Е.М.	275
Авербух И.И.		Банзаров В.Ш.	5, 6, 13п
Авилов Б.С.	111	Барков Л.М.	5, 6, 256, 257, 258, 259, 13п
Акбердин Р.Р.		Барладян А.К.	275
Акимов А.В.	308, 440	Барняков А.Ю.	78, 79, 209, 275, 17п
Акимов В.Е.	308, 438	Барняков М.Ю.	78, 79, 209, 275
Алешаев А.Н.		Бару С.Е.	104, 105, 107, 275, 290, 291, 292
Алиновский Н.И.	355, 356	Барышев В.Б.	207
Аникеев А.В.	117, 118, 119, 121, 122, 125, 349, 419	Батазова М.А.	201, 302
Антохин Е.И.	222	Батраков А.М.	181, 201, 206, 361, 377, 451
Арбузов В.С.		Баштовой Н.С.	5, 6, 13п
		Баянов Б.Ф.	331, 3п

Бедный И.В.	82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 228, 229, 230, 231, 275		
Безуглов В.В.	397, 398		
Беклемишев А.Д.	117, 131, 360, 378, 379, 410, 417, 421		
Белобородов К.И.	32, 78, 221, 274		
Белобородова О.Л.	275		
Белов В.П.	331, 3п		
Белов С.Д.	307		
Бельченко Ю.И.	329, 332, 340		
Бердюгин А.В.	221, 17п, 49п		
Беркаев Д.Е.			
Бехтенов А.А.			
Бехтенов Е.А.	305, 306, 352		
Блинов А.Е.	16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 232, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 275, 50п-60п, 61-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-110п, 111п-127п,		
Блинов В.Е.	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 232, 233, 261, 262,		
			263, 264, 265, 266, 267, 268, 275, 50п-60п, 61-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-110п, 111п-127п,
		Бобровников В.С.	78, 79, 209, 275, 17п
		Бобровникова О.Н.	240
		Бобылев В.Б.	369
		Богдан А.В.	148
		Богданчиков А.Г.	221, 274, 17п
		Богомягков А.В.	261, 275
		Боженок А.В.	221, 274, 17п, 21п, 49п
		Болотин В.П.	427, 428, 429, 434, 19п
		Болховитянов Д.Ю.	304
		Бондарев Д.В.	5, 6, 275, 13п
		Бондаренко С.А.	202, 436
		Бондарь А.Е.	1, 4, 5, 6, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 151, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 231, 275, 288, 13п, 130п, 131п
		Борисов А.А.	
		Ботов А.А.	17п
		Бочаров В.Н.	126, 294, 351, 352, 354
		Брагин А.В.	5, 6, 13п
		Брызгунов М.И.	352, 353, 354
		Брызгин А.А.	394, 397, 398, 399, 400, 444
		Бублей А.В.	126, 294, 351, 352, 354, 388
		Бузулуцков А.Ф.	80, 81, 288, 289, 130п, 131п
		Бузыкаев А.Р.	78, 79, 209, 222, 275
		Букин А.Д.	16, 17, 18, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54,

	55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 221, 233, 262, 264, 265, 266, 267, 268, 274, 17п, 22п, 26п, 49п-60п, 61п-70п, 71п-76п, 78п-82п, 84п-90п, 91п-100п, 101п-117п, 221, 274, 17п, 49п		
Букин Д.А.			
Букин М.А.			
Булатов А.В.	438		
Будушев А.Ф.	355		
Бурдаков А.В.	127, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 226, 234, 243, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 47п		
Бурмасов В.С.	115		
Бучельникова Н.С.	8п, 9п		
Бушуев А.А.			
Валишев А.А.	5, 6, 383, 384, 13п		
Васильев А.В.	221, 274, 288, 17п, 49п		
Веденев М.А.	294, 352, 353, 354		
Вейс М.Э.	387, 388, 389, 390, 392, 445		
Веремеенко В.Ф.			
Весенев В.М.	17п		
Вечеславов В.В.	152, 153, 20п		
Винокуров Н.А.	182, 199, 200, 203 207, 208, 427, 428, 429, 430, 431, 433, 434, 19п		
Воблый П.Д.	186, 207, 415, 451, 452, 21п		
Волков В.Н.	315, 327		
Волосов В.И.			
Воробьев А.И.	78, 275		
Воронин Л.А.	394, 397, 398, 399, 444		
Воскобойников Р.В.	124, 352		
Востриков В.А.	294, 295, 296		
Всеволожская Т.А.			
Вячеславов Л.Н.	227		
Габышев Н.И.	5, 6, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90,		
			91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 231, 13п
Гаврилов Н.Г.		184	
Генцелев А.Н.		187, 207, 240	
Глаголев Г.Б.			
Голковский М.Г.		145, 391	
Голубев В.Б.		16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 221, 232, 233, 262-268, 273, 274, 17п, 21п, 49-60п, 61п-70п, 71п-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-110п, 111п-127п	
Гольденберг Б.Г.		187, 207, 240	
Гончаров А.Д.		352, 354	
Гончаров Д.В.		143	
Горбачев Д.А.		5, 6, 13п	
Горбовский А.И.		1	
Горбунов В.А.		324, 394, 397, 398, 399, 444	
Горбунова Н.А.			
Горнаков И.В.		324, 394, 397, 398, 399	
Горникер Э.И.			
Горчаков К.М.			
Гостеев В.К.		294	
Гребенюк А.А.		5, 6, 13п, 131п	
Григорьев Д.Н.		5, 6, 13п	
Гришанов Б.И.		295	
Грозин А.Г.		172, 173, 42п, 43п, 44п	
Громов Р.Г.			
Грошев В.Р.		104	

Губин К.В.	111, 297, 298, 299, 300, 302, 391, 446, 1п, 2п	Епифанов Д.А.	5, 6, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 97, 99, 100, 101, 102, 13п
Гудков Б.А.		Ерохин А.И.	
Гуров С.М.	190	Ершов В.В.	354
Гусев Е.А.	327	Жариков А.А.	
Гусев И.А.	329	Жилич В.Н.	8, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 228, 229, 230, 231, 275
Давидовский В.Г.		Жиров О.В.	35п, 36п
Давыденко В.И.	307, 328, 330, 337, 339, 410, 423	Жмуриков Е.И.	111, 297, 298, 299, 300, 446, 1п, 2п, 11п
Данилюк А.Ф.	78, 79, 209	Жогин И.Л.	109, 204,
Дейчули П.П.	117, 122, 318, 422, 423	Жуков А.А.	17п, 21п
Дементьев Е.Н.		Жуланов В.В.	109
Деревянкин Г.Е.	129, 136, 359, 361	Журавлев А.Н.	243
Диканский Н.С.		Журба В.К.	206
Димов Г.И.	177, 221, 274, 336, 7п	Заиграева Н.С.	428, 19п
Димова Т.В.	32, 17п, 49п	Зайцев А.С.	5, 6, 13п
Дмитриев В.Ф.	164, 165, 256, 257, 258, 259, 16п, 39п	Запрягаев И.А.	
Долбня И.П.	224	Запяткин Н.П.	352, 354
Долгополов В.Е.	387, 388, 389	Захваткин М.Н.	352, 354
Донин А.С.		Зверев С.Г.	5, 6, 13п
Достовалов Р.В.	1, 2, 3, 4, 254, 255	Зверев С.И.	
Драничников А.Н.	330	Зеваков С.А.	8, 9, 256, 257, 258, 259
Дружинин В.П.	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 221, 232, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 271, 272, 274, 17п, 49п, 50п, 51п-60п, 61п-70п, 71п-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-110п, 111п-127п	Зинин Э.И.	
Дубровин А.Н.		Золотарев К.В.	4, 180, 195, 196, 198, 206, 207, 454, 455, 9а
Дюг М.В.	8, 9, 256, 257, 258, 259	Зубаиров Э.Р.	129, 131, 359, 360, 361, 378, 379
Евтушенко Ю.А.	352	Зубарев П.В.	124
Елисеев В.С.	187, 240	Зубков Н.И.	452
		Зуев А.А.	117
		Иваненко В.Г.	129, 359, 369, 370, 372
		Иванов А.В.	307
		Иванов И.А.	129, 131, 132, 138, 226, 307, 332, 359, 360, 361, 368, 369, 373, 375, 377, 378, 379, 7а

Иванцовский М.В.	129, 133, 226, 359, 360, 361, 366, 376, 379	Кононов С.А.	78, 79, 209, 275
Игнатов Ф.В.	5, 6, 13п, 38п	Константинов Е.С.	4, 355
Ильин И.В.	181	Константинов С.Г.	126, 351, 352, 354, 355, 356, 357
Исаева Л.Г.	256, 257, 258, 259	Конюхов В.В.	129, 359, 4п
Казарезов И.В.	294, 308, 324, 438, 440, 441	Кооп И.А.	5, 6, 221, 296, 386, 13п, 49п, 135п
Кайран Д.А.	208, 427, 434	Корепанов А.А.	117 120, 122, 308, 438, 440
Калинин А.С.	370, 371, 372, 374	Коробейников М.В.	324, 395, 400
Кандауров И.В.	115, 334	Король А.А.	221, 274, 17п, 21п, 49п
Капитонов В.А.	117, 122, 423, 4п	Корчагин А.И.	143, 144, 391
Карлин В.Э.	8п, 9п	Косов А.В.	180
Карнаев С.Е.	251, 252, 275	Кот Н.Х.	315, 327
Карпов Г.В.	275	Котельников И.А.	130, 363, 418, 426, 15п
Карпов С.В.	5, 6	Котенков В.В.	208, 427, 428, 429, 431, 433, 434, 19п
Касаев А.С.		Котов К.Ю.	275
Катков В.М.	159, 160, 161, 6п, 12п, 24п	Кошуба С.В.	221, 274
Квардаков В.А.	242	Кравченко Е.А.	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 209, 232, 233, 262-268, 275, 17п, 50п-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-110п, 111п-127п
Квашнин А.Н.	124	Краснов А.А.	2, 3, 4, 254, 255
Кенжебулатов Е.К.		Кремянская Е.В.	250, 275
Кириенко А.В.	122	Кривенко А.С.	330, 338, 424, 425
Кирилин Г.Г.	166, 41п	Кроковный А.П.	82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103
Киселев А.В.	249, 261, 275	Кроковный П.П.	5, 6, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 231, 13п
Киселев В.А.	8		
Клюев В.Ф.			
Князев Б.А.	203, 208, 427, 428, 429, 430, 434, 15п, 19п		
Кобец В.В.	190, 307, 328, 346		
Коваленко Н.В.	1а		
Коваленко Ю.В.	424		
Коврижин Д.П.	17п		
Кожемякин А.В.	355, 356		
Козак В.Р.	180, 352		
Козлинская Т.В.	364		
Козлов М.Г.	31п		
Козырев А.Н.			
Козырев Е.В.	312, 313		
Кокин Е.Н.	397, 399		
Кокоулин В.И.	352		
Колесников Е.Ю.	419		
Коллегов М.В.			
Колмогоров В.В.	117, 186, 318, 352, 423,		
Колобанов Е.И.	208, 427, 428, 429, 431, 433, 434, 19п		
Колокольников Ю.М.	411, 451		
Кондауров М.Н.	112, 352		
Кондратьев В.И.	185		

Крутихин С.А.	315, 327	Логашенко И.Б.	5, 6, 13п
Крючков А.М.	358, 294	Ломакин А.А.	354
Крючков Я.Г.	352	Лотов К.В.	116, 127, 325, 326, 2а
Кубарев В.В.	203, 208, 427, 428, 429, 430, 431, 433, 434, 19п	Лукин А.Н.	324, 395, 397, 399, 401
Кузин М.В.	207	Лукин П.А.	5, 6, 13п
Кузнецов А.С.	370, 371, 372	Лупашина И.С.	10п
Кузнецов Г.И.	301, 302, 303, 308, 309, 324, 395, 396, 399, 401, 437	Лысенко А.П.	5, 221, 13п, 49п
Кузнецов С.А.	129, 138, 359, 370, 371, 372, 374	Лях В.В.	184, 187, 197, 240
Кузьмин А.В.	200	Макаров А.Г.	129, 359, 4п
Кузьмин А.С.	5, 6, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 144, 210, 212, 213, 214, 215, 217, 218, 220, 229, 230, 13п	Макаров И.Г.	309, 315, 323, 324, 327, 395, 437
Кузьминых В.С.	1	Максимов В.В.	117, 118, 119, 123, 124, 125, 419
Куксанов Н.К.	143, 146, 387, 388, 389, 390, 393, 445	Максимов С.А.	397, 398, 444
Куленко Я.В.		Малышев В.М.	275
Куликов В.Ф.	415, 275	Малютин Д.А.	438
Кульник А.Ю.	17п	Мамкин В.Р.	
Купер К.Э.	197	Мартышкин П.В.	352, 25п,
Купер Э.А.	275, 352, 355, 442, 443	Масленников А.Л.	223, 275
Купцов И.В.	315, 327	Матвеев Ю.Г.	314
Курилин О.Ю.		Матвеев А.Н.	203, 208, 427, 428, 429, 430, 431, 433, 434, 19п
Куркин Г.Я.	315, 327	Матяш Н.В.	314, 315, 324, 327
Лабуцкая Е.А.	411	Медведев Л.Э.	208, 427, 428, 429, 431, 433, 434, 19п
Лаврухин А.В.	143, 388, 391	Медведко А.С.	112, 275, 307, 328, 344, 352
Лазаренко Б.А.	8, 9, 256, 257, 258, 259	Мезенцев Н.А.	206, 207, 305, 442, 443
Лапик Р.М.	25п	Мезенцева Л.А.	240
Лебедев Н.Н.	304, 414, 416	Меклер К.И.	129, 131, 132, 138, 226, 359, 360, 361, 377, 378, 379
Лев В.Х.	206, 442	Мешков О.И.	241, 275
Легкодымов А.А.	184, 197	Мигинская Е.Г.	206, 305, 442, 443
Леонов В.В.	104	Мигинский С.В.	182, 202, 208, 427, 428, 434, 436, 19п
Ли Р.Н.	168, 169, 170	Микайылов А.И.	8
Лизунов А.А.	117, 118, 119, 120, 123, 124, 125, 348, 349, 419, 420	Мильштейн А.И.	5, 6, 156, 167, 168, 169, 170, 171
Логачев П.В.	111, 127, 190, 276, 297, 298, 299, 300, 302, 276, 391, 446, 1п, 2п, 128п, 129п	Мироненко Л.А.	208, 315, 327, 352, 427, 428, 434, 19п
		Митянина Н.В.	
		Михайлов К.Ю.	5, 6, 13п
		Мишагин В.В.	117, 122, 422, 423
		Мишнев С.И.	8, 9, 207, 256, 257, 258, 259, 261, 275

Морозов И.И.	253	Орлов И.О.	275
Морозов С.Н.		Осипов В.Н.	315, 327
Мотыгин С.В.	315, 317	Острейко Г.Н.	309, 314, 315, 324, 327, 395, 401
Муравлянский Д.А.	275	Отбоев А.В.	5, 6, 142, 221, 435, 13п, 49п, 135п
Мурахтин С.В.	117, 118, 119, 122, 125, 349, 419	Охалкин В.С.	5, 6, 13п
Мучной Н.Ю.	261, 275	Павлов В.М.	190, 191, 294, 303
Мыскин О.К.	358	Павлюченко Д.В.	80, 81, 131п
Науменков А.И.	275	Пальчиков В.Е.	
Немытов П.И.	335, 387, 388, 389, 390, 392	Панасюк В.М.	126, 294, 351, 352, 353, 354, 358
Нестеренко И.Н.	5, 6, 13п	Панфилов А.Д.	324, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 401, 437, 444
Неустроев В.А.		Панченко В.Е.	
Нехаев В.Е.	394, 397, 399, 444	Папушев П.А.	
Неханевич Э.Л.		Пархомчук В.В.	126, 293, 294, 295, 296, 342, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 386, 135п
Никитин С.А.	8, 247, 248, 261, 275, 28п	Пахтусова Е.В.	221, 274, 17п, 49п
Николаев В.С.	129, 359	Пачков А.А.	308, 413, 439
Николаев И.Б.	261, 275	Пелеганчук С.В.	275
Николенко А.Д.	184, 207, 225	Переведенцев Е.А.	5, 139, 381, 382, 13п, 17п, 132п, 133п, 134п
Николенко Д.М.	8, 9, 10, 11, 256, 257, 258, 259, 261	Персов Б.З.	
Никулин М.А.	5, 13п	Пестов Ю.Н.	
Нифонтов В.И.		Пестриков Д.В.	174, 175, 294, 5п
Образовский А.Е.	17п	Петренко А.В.	127
Овчар А.В.		Петриченков М.В.	355
Овчар В.К.	208, 376, 427, 428, 433, 434, 19п	Петров В.В.	
Огурцов А.Б.	453	Петров В.М.	315, 327
Онучин А.П.	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 179, 209, 222, 232, 233, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 275, 17п, 50п-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-110п, 111п-120п, 121п-127п	Петров С.П.	
Орешкин С.Б.	144, 275, 21п	Петрова Е.В.	240
Орешков А.Д.	208, 427, 428, 429, 431, 433, 434, 19п	Петросян С.С.	275
		Пивоваров И.Л.	
		Пивоваров С.Г.	275
		Пиминов П.А.	246
		Пиндюрин В.Ф.	184, 185, 187, 197, 207, 225, 235, 240
		Пиунов И.В.	332
		Пищенко С.М.	113
		Подгорный Ф.В.	276, 128п, 129п
		Полегаев И.В.	184, 225
		Полосаткин С.В.	129, 131, 132, 133, 135, 138, 226, 359, 360, 361, 365, 366, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 6а

Полунин А.А.	13п	Роот Н.И.	5, 6, 83, 84, 85, 88,
Полухин В.А.	354		89, 91, 92, 93, 94,
Полуэктов А.О.	82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 210, 217, 236, 275		96, 97, 98, 99, 101, 103, 13п
Померанский А.А.	45п, 46п	Ротов Е.А.	315, 327
Попик В.М.	178, 193, 203, 208, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 19п	Рубан А.А.	5, 6, 275, 13п
Попов А.С.	5, 6, 13п	Рубан Г.Ю.	163
Попов А.М.	315, 327	Рувинский Е.С.	451, 453
Попов В.М.	17п	Рувинский С.И.	314
Попов С.С.	115	Рудыч П.Д.	427, 428, 430
Попова Н.И.		Рыбицкая Т.В.	308
Поросев В.В.	104,	Рыскулов Н.М.	5, 6, 13
Поспелов Г.Э.	223, 275	Савинов Г.А.	78, 104, 275
Поступаев В.В.	129, 131, 132, 135, 137, 138, 226, 359, 360, 361, 365, 375, 377, 378, 379	Савкин В.Я.	117, 329
Потапов В.Г.	414, 416	Садыков Р.Ш.	9, 256, 257, 258, 259
Присекин В.Г.	275	Сазанский В.Я.	361, 377
Приходько В.В.	117, 118, 119, 125, 349, 419	Саликова Т.В.	208, 427, 428, 429, 431, 433, 434, 19п
Прокопенко А.А.		Салимов Р.А.	143, 145, 387, 388, 389, 390, 391, 445
Прудников В.В.	387, 390, 392	Санин А.Л.	227
Пупков Ю.А.	453	Седяров И.К.	315, 327
Пята Е.Э.	17п, 21п	Селиванов А.Н.	
Радченко В.М.	397, 399	Семенов Е.П.	184, 451
Разоренов В.В.		Семенов Ю.И.	
Ракшун Я.В.	192	Сеньков Д.В.	165
Растигеев С.А.	295, 355, 356	Сеньков Р.А.	39п
Рачек И.А.	8, 9, 11, 256, 257, 258, 259	Сербин В.И.	
Ращенко В.В.	112, 329	Сердобинцев Г.В.	309, 314, 315, 324, 327, 11а
Рева В.Б.	294, 295, 352, 353, 354, 355, 18п, 135п	Середняков С.И.	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 221, 232, 233, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 270, 274, 17п, 21п, 49п-60п, 61п-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-127п
Редин С.И.	5, 6, 13п		
Резниченко А.В.	31п		
Репков В.В.	442, 443		
Ровенских А.Ф.	129, 131, 132, 133, 137, 138, 226, 359, 360, 361, 366, 375, 376, 377, 378, 379		
Родякин В.А.	78		
Ромашко Н.Д.	397, 398, 399		

Середняков С.С.	208, 427, 428, 429, 431, 433, 434, 19п, 4а	57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 232, 233, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 13п, 50п-60п, 61п-76п, 78п-80п, 81п-90п, 91п-100п, 101п-127п
Сибиданов А.Л.	5, 6, 13п	
Сидоров А.В.	394, 395, 397, 399	
Силагадзе З.К.	12, 13, 14, 15, 221, 274, 17п, 49п	
Симонов Е.А.	275	
Сингатулин Ш.Р.		
Синицкий С.Л.	129, 131, 132, 138, 226, 359, 360, 361, 368, 369, 370, 371, 372, 374, 375, 377, 378, 379	Соломахин А.Л. 117, 118, 123, 124, 348, 349, 420
Сироткин А.А.	17п	Сорокин А.В. 117, 122
Синяткин С.В.	201	Сорокин И.Н. 358
Скарбо Б.А.	190, 352, 354	Старостенко А.А. 304, 438
Сковпень К.Ю.	17п	Степанов В.Д. 359, 361, 368, 369, 370, 372
Сковпень Ю.И.	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 232, 233, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 275, 50п-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-110п, 111п-120п, 121п-127п	Степанов Д.Н. 117, 118, 122 Стешов А.Г. 201, 451 Страховенко В.М. 32, 154, 155, 156, 168, 32п, 33п
Скоробогатов Д.Н.	328	Ступишин Н.В. 117, 122, 422, 423
Смалюк В.В.	275	Суляев Ю.С. 129, 137, 138, 226, 359, 360, 361, 377, 378
Снопков И.Г.	5, 6, 13п	Суханов Д.П.
Снопков Р.Г.	80, 81, 275, 131	Сухарев А.М. 275
Соколов В.В.	158, 408, 409, 37п	Сухина Б.Н. 294, 352, 354, 355
Солдаткина Е.И.	425	Сыроватин В.М. 206, 442
Солодов Е.П.	5, 6, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56,	Тальшев А.А. 275
		Тарарышкин С.В.
		Тарнецкий В.В. 309, 315, 323, 324, 327, 395, 396, 401, 437
		Таскаев С.Ю. 331, 341, 4п
		Таюрский В.А. 78, 275
		Текутьев А.И. 17п
		Тельнов В.И. 236, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 77п, 128п, 129п, 136п, 137п
		Титов В.М. 204
		Тиунов М.А. 307, 308, 309, 310, 311, 323, 324, 328, 358, 395, 401, 437
		Ткаченко В.О. 324, 394, 395, 396, 397, 399, 401
		Тодышев К.Ю. 275
		Токарев Ю.Ф. 112

Толочко В.П.	109, 204, 207	Чернов К.Н.	309, 314, 315, 324, 327
Топорков Д.К.	7, 8, 9, 10, 256, 257, 258, 259, 261, 385, 48п	Черняк В.Л.	151, 407
Трибендис А.Г.		Чернякин А.Д.	
Трунев Ю.А.	136, 359, 361	Ческидов В.Г.	199, 324, 394, 395, 397, 399, 401
Тувик А.А.	324, 394, 397, 399, 444	Чириков Б.В.	
Тумайкин Г.М.	261, 275	Чупыра А.Г.	
Украинцев Ю.Г.	106, 107, 108, 291, 292	Чуркин И.Н.	201, 451
Усов Ю.В.	275, 17п, 21п	Шамов А.Г.	5, 6, 28, 78, 261, 275, 276, 13п
Уткин А.В.	186, 452	Шамовский В.Г.	294
Ушаков В.А.	201, 314	Шапоренко А.Д.	196
Фадеев С.Н.	143, 146, 387, 389, 390, 391, 393, 445, 14а	Шарафутдинов М.Р.	207, 224
Фадин В.С.	147, 148, 149, 150, 176, 402, 403, 404, 405, 406, 29п, 30п, 31п	Шатилов Д.Н.	244, 275, 383, 384
Факторович Б.Л.	324, 394, 397, 399, 444	Шатунов П.Ю.	140, 141, 142, 135п
Федотов М.Г.	113, 114, 316, 317, 376	Шатунов Ю.М.	6, 221, 274, 296, 385, 386, 435, 13п, 48п
Федотович Г.В.	5, 6, 13п, 38п	Шварц Б.А.	5, 6, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 144, 210, 212, 214, 220, 228, 229, 275, 13п, 21п
Федурин М.Г.		Шварц Д.Б.	
Филатов П.В.	17п	Шевченко О.А.	200, 203, 208, 427, 428, 429, 430, 431, 433, 434, 19п
Филипченко А.В.	201, 314	Шеромов М.А.	180, 183, 184, 185, 204, 205, 207, 224, 225, 239, 316, 447, 448, 450, 13п, 23п, 27п
Фролов А.Р.	190, 315, 327	Шестаков Ю.В.	7, 9, 11, 256, 257, 258, 259, 260
Хабахпашев А.Г.		Шехтман Л.И.	109, 110, 288, 449, 130п
Хавин Н.Г.	186, 452	Широков В.В.	330
Хазин Б.И.	5, 6, 331, 13п	Шиховцев И.В.	
Харламов А.Г.	17п	Шичков Д.С.	
Хацимовский В.М.	157, 34п	Шиянков С.В.	25п, 13а
Хильченко А.Д.	117, 120, 122, 123, 124, 329, 345, 4п	Шошин А.А.	129, 131, 136, 138, 359, 361, 375
Холопов М.А.	184, 225	Штейнке А.Р.	315, 327
Хрестолюбков В.С.	122	Штоль Д.А.	17п
Хриплович И.Б.	162, 163, 189, 39п, 46п	Шубин Е.И.	261
Хрущев С.В.	206, 305, 442		
Цидулко Ю.А.	117, 125, 410, 419		
Цуканов В.М.	206, 305, 442, 443		
Цыганов А.С.	304		
Чащин М.С.	421		
Черепанов В.П.	261		
Черепков В.Г.	387, 391		
Чернов В.А.	4, 184, 197, 207, 225		

Шукаев А.Н.	117, 222	Юшков А.Н.	16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 232, 233, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 275, 50п-76п, 78п-90п, 91п-100п, 101п-110п, 111п-120п, 121п-127п
Шульженко Г.И.	117, 318, 423	Якутин А.М.	25п
Щеглов М.А.	203, 208, 427, 428, 429, 430, 431, 433, 434, 19п	Яскина Т.А.	
Щеголев Л.М.	187, 201		
Эйдельман С.И.	5, 6, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 231, 275, 13п		
Эйдельман Ю.И.	82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103		
Юдин Ю.В.	5, 6, 13п		

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
им. Г.И. Будкера СО РАН

ЕЖЕГОДНЫЙ ОТЧЕТ

2005

Обложка Е.Д. Бендер
Рисунки на шмуцтитулах А.С. Попов

Ответственный за выпуск А.М. Кудрявцев

Работа поступила 21.01. 2006 г.

Сдано в набор 21.02. 2006 г.

Подписано в печать 21.03. 2006 г.

Формат бумаги 60×90 1/8 Объем 18,0 печ.л., 14,0 уч.-изд.л.

Тираж 250 экз. Бесплатно. Заказ № 16

Обработано на IBM PC и отпечатано на
ротапринте "ИЯФ им. Г.И. Будкера" СО РАН,
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.