

B381.1
C. 56

АКАДЕМИЯ НАУК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ
МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

XV СОВЕЩАНИЕ
ПО УСКОРИТЕЛЯМ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
Протвино, 22-24 октября 1996 года

АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ

Протвино 1996

РХ

We present a short description of the theoretical and numerical activity and current status of developed facility. Brief description of the proof-of-principle experiment at 70 nanometers is presented, too.

The TESLA FEL Study Group:

ASC Samara: E.L. Saldin, E.A. Schneidmiller; **CE Saclay:** A. Mosnier; **DESY:** R. Bacher, W. Brefeld, M. Dohlus, B. Dwersteg, H. Edwards, B. Faatz, J. Feldhaus, K. Flöttman, A. Gamp, P. Gürtler, K. Hanke, L.M. Kiernan, M. Leenen, T. Limberg, G. Materlik, T. Möller, J. Pflüger, D. Proch, J. Rossbach, J.R. Schneider, S. Schreiber, M. Seidel, J. Sekutowicz, C. Stolzenburg, K. Tesch, D. Trines, N. Walker, R. Wanzenberg, H. Weise, B.-H. Wiik, S.G. Wipf; **Fermilab Chicago:** E. Colby, T. Nicol; **INFN Milano:** R. Bonifacio, C. Pagani, P. Pierini, L. Serafini; **JINR Dubna:** I.N. Ivanov, A.Yu. Molodozhentsev, V.A. Petrov, M.V. Yurkov; **Lawrence Berkeley Laboratory:** W.M. Fawley; **Lawrence Livermore National Laboratory:** T. Scharlemann; **Los Alamos National Laboratory:** J. Goldstein, R.L. Sheffield; **Max-Born-Institut Berlin:** H. Rottke, W. Sandner, I. Will; **Polish Academy of Sciences Warschau:** J. Krzywinski; **UCLA Los Angeles:** J. Rosenzweig; **University Hamburg:** C. Kunz, B. Sonntag, H.J. Voß.

✓ **Достижение выходной мощности 100 МВт
в широкоапертурном клистроне для ВЛЭПП**

Г.В. Долбилов, Н.И. Азорский, Н.И. Лебедев, В.А. Петров, А.А. Фатеев,
В.С. Швецов, М.В. Юрков

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

В.Е. Балакин, С.Ю. Казаков, В.Е. Теряев, В.Ф. Фогель

Филиал института ядерной физики, Протвино, Россия

В работе представлены результаты экспериментального исследования широкоапертурного (15 мм), с высоким коэффициентом усиления (80 дБ) релятивистского клистрона для ВЛЭПП, оснащенного поглощающими СВЧ-излучение вставками для подавления паразитных колебаний. Исследования проводились на пучке индукционного ускорителя ЛИУ-3000 ($E = 1$ МэВ, $I = 250$ А, $\tau = 250$ нс). Реализованная в данном клистроне техника распределенного подавления паразитных колебаний позволила достичь проектных параметров клистрона, выходная мощность составила 100 МВт.

✓ **Состояние дел и перспективы экспериментов
на встречных пучках на накопителях ВЭПП-2М и ВЭПП-4**

Ю.М. Шатунов

ГНЦ Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

В ИЯФ СО РАН продолжают эксперименты по физике высоких энергий на электрон-позитронных встречных пучках. Накопитель ВЭПП-2М работает с криогенным магнитным детектором КМД-2 и сферическим нейтральным детектором СНД. Высокое качество детекторов нового поколения и светимость накопителя позволяют значительно превзойти табличную точность измерения сечений рождения и рас-

падных мод частиц, рождающихся в электрон-позитронных взаимодействиях в области энергий ВЭПП-2М (200-700 МэВ). Еще большие возможности для изучения этих процессов создаст модификация магнитной структуры накопителя к режиму круглых пучков, намеченная на 1997 год и позволяющая поднять в 20-30 раз светимость ВЭПП-2М.

На накопителе ВЭПП-4 после модернизации получены пучки на энергии 5.5 ГэВ. В области места встречи установлена система генерации гамма-квантов обратного комптоновского рассеяния с калибровкой их энергии по рассеянным электронам (позитронам). Данная система использована для проведения эксперимента по расщеплению фотонов в поле тяжелых ядер. В стадии завершения находится сборка детектора КЕДР. Возможности увеличения светимости накопителя связаны с установкой сверхпроводящих вигглеров и повышением интенсивности источника позитронов.

✓ Статус проекта накопительного комплекса ВЭПП-5

В.В.Пархомчук

ГНЦ Институт ядерной физики им.Г.И.Буджера СО РАН, Новосибирск, Россия

В докладе описано состояние разработки и строительства ускорительно-накопительного комплекса ВЭПП-5 в Институте ядерной физики (Новосибирск). Ускорительная часть ВЭПП-5 включает: 1 — инжекционный комплекс на энергию электронных и позитронных пучков 510 МэВ; 2 — проект ФИ-фабрики — коллайдера на энергию 510 МэВ; 3 — проект СТАу-фабрики с энергией пучков 700-2000 МэВ.

✓ Статус накопителя электронов Сибирь-2 — специализированного источника СИ

Э.И.Горникер, А.С.Калинин, В.Н.Корчуганов, Г.Н.Кулипанов, Г.Я.Куркин,

Е.Б.Левичев, Ю.Г.Матвеев, В.В.Сажаев, И.А.Ушаков, А.В.Филипченко

ИЯФ СО РАН им.Г.И.Буджера, Новосибирск, Россия

А.Г.Валентинов, А.В.Забелин, А.А.Кадников, Ю.В.Крылов, Д.Г.Одинцов,

С.Г.Пестерев, В.Г.Станкевич, В.Л.Ушков, Ю.Л.Юпинов

РНЦ "Курчатовский Институт", Москва, Россия

В 1996 году усилиями сотрудников ИЯФ СО РАН (Новосибирск) и РНЦ КИ (Москва) на специализированном источнике СИ — накопителе электронов Сибирь-2 получено накопление тока в одногустковом и многугустковом режимах, отлажен процесс подъема энергии электронов до номинальной энергии 2.5 ГэВ. Параметры электронного пучка позволяют приступить к полномасштабным экспериментам на пучках СИ. Проведен первый эксперимент на пучке СИ по программе LIGA. В статье сообщается статус комплекса Сибирь-2, описываются основные экспериментальные параметры пучка электронов.

✓ **Концепция круглых встречных пучков**

В.В.Данилов, П.М.Иванов, И.А.Кооп, И.Н.Нестеренко, Е.А.Переведенцев,
Д.Н.Шатилов, Ю.М.Шатунов, А.Н.Скринский,

ГНЦ Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Представлены теоретическое обоснование и анализ результатов моделирования "эффектов встречи" для круглых сгустков для проекта новосибирской Ф-фабрики и модифицированного накопителя ВЭПП-2М. Обсуждается также влияние на параметры встречных сгустков изменения энергии частиц в полях встречного сгустка.

✓ **Исследование спиновых резонансов в ускорителе
с Сибирскими змейками**

В.И.Птицын, Ю.М.Шатунов

ГНЦ Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Ускорение поляризованных протонов до энергий порядка десятков, сотен ГэВ возможно только с применением Сибирских змеек. В этом докладе представлены аналитический подход к описанию пересечения спинового резонанса в присутствии змеек и результаты численного моделирования. Обсуждается природа так называемых змеечных резонансов.

✓ **Экспериментальное изучение нелинейной динамики
на накопителе ВЭПП-4М**

В.А.Киселев, Е.Б.Левичев, В.В.Сажаев, В.В.Смалюк

ГНЦ Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Приведены результаты экспериментального исследования динамики пучка электронов на накопителе ВЭПП-4М в нелинейном магнитном поле. Топология фазового пространства возмущенной системы и зависимость частоты бетатронных колебаний от амплитуды изучались с помощью возбуждения когерентных колебаний пучка коротким импульсом раскачки. Измеренные данные сравниваются с аналитическими оценками и результатами численного моделирования.

✓ **Экспериментальное изучение динамической апертуры
на накопителе ВЭПП-4М**

В.А.Киселев, Е.Б.Левичев, В.В.Сажаев, В.В.Смалюк

*ГНЦ Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН,
Новосибирск, Россия*

Приводятся результаты экспериментального изучения динамической апертуры накопителя электронов ВЭПП-4М с помощью возбуждения когерентных бетатронных колебаний пучка коротким (менее одного оборота) импульсом раскачки. Описана методика определения области устойчивого движения. Размер динамической апертуры исследуется в зависимости от различных параметров ускорителя. Обсуждаются различные варианты увеличения динамической апертуры. Экспериментальные данные

сравниваются с аналитическими оценками и результатами математического моделирования.

✓ **Сверхпроводящие вигглеры**

Н.А.Мезенцев

ГНЦ Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Сверхпроводящие вигглеры (шифтеры) устанавливаются на существующие накопители для управления эмиттансом в накопителе, уменьшения времени поляризации пучка в накопителе и для увеличения интенсивности в жесткой части спектра синхротронного излучения (СИ) при использовании накопителя в качестве источника СИ. Установка 3-полосного шифтера с полем в центральном полюсе 7-8 Тесла позволяет расширить спектр СИ в 4-5 раз по сравнению со спектром из поворотных магнитов.

Институт ядерной физики (Новосибирск) имеет большой опыт по созданию таких устройств как для своих накопительных колец, так и для накопителей — источников СИ, работающих за рубежом.

Рассмотрены основные типы сверхпроводящих вигглеров, изготовленных в ИЯФ, их основные конструктивные особенности и параметры, а также проблемы, возникающие при постановке сильнополевого вигглера на накопитель.

✓ **Эллиптический многополюсный вигглер**

для источника синхротронного излучения APS (США)

Е.С.Глускин, П.М.Иванов*, Дж.Мэйнс, О.А.Макаров, Э.М.Трахтенберг,

И.Б.Вассерман и Н.А.Винокуров*

Аргоннская национальная лаборатория, Иллинойс, США

Ю.А.Евтушенко, А.В.Грудиев, Г.Н.Кулипанов, В.С.Кузьминых, А.С.Медведко,

С.П.Петров, В.Ф.Веремеенко, П.Д.Воблый

ГНЦ Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Эллиптический многополюсный вигглер был разработан и изготовлен совместно ИЯФ им.Г.И.Будкера (Россия) и Аргоннской национальной Лабораторией (США). Устройство длиной 3,4 метра, будучи установленным на кольцо накопителя APS, будет производить циркулярно поляризованное рентгеновское излучение с изменяемым (переключаемым) направлением вращения плоскости поляризации в диапазоне энергий излучения 4 - 80 кэВ. Установка состоит из периодической гибридной структуры, включающей систему полюсов, выполненную на постоянных магнитах для создания вертикального магнитного поля (К 6), и систему полюсов электромагнита для создания горизонтального магнитного поля (К 1). Электромагнитная часть вигглера питается переменным током трапецидальной формы, что позволяет изменять направление горизонтального магнитного поля и, как следствие, знак циркулярной поляризации излучения с частотой до 10 Гц. Приводятся описание вигглера и источника питания а также результаты измерений, проведенных в ANL.

*Визитеры из ИЯФ

✓ Система обратной связи для подавления быстрой head-tail неустойчивости в накопительном кольце ВЭПП-4М
А.М.Зеленин, Н.И.Зиневич, М.М.Карлинер, В.А.Киселев, А.С.Медведко,
В.В.Смалюк

ГНЦ Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск, Россия

В докладе анализируются некоторые особенности неустойчивости поперечного движения пучка. Обсуждается эффективность влияния реактивной и активной обратной связи на увеличение порогового тока. Описана система обратной связи для подавления быстрой head-tail неустойчивости на ВЭПП-4М, представлены экспериментальные результаты. Показано, что активная обратная связь обеспечивает увеличение порогового тока более чем в 2 раза.

✓ СВЧ-окна S- и X-диапазонов с бегущей волной в диэлектрике
С.Ю.Казаков, А.Е.Лунин

Филиал Института ядерной физики СО РАН, Протвино, Россия

Представлены результаты расчетов и испытаний различных вариантов СВЧ-окон S- и X-диапазонов на большую мощность с бегущей волной в диэлектрике.

✓ Экспериментальная проверка метода адаптивной выставки магнитных элементов линейного коллайдера

В.Александров, В.Балакин, А.Лунин

Филиал Института ядерной физики СО РАН, Протвино, Россия

В данной работе представлены первые результаты эксперимента по проверке метода динамической выставки магнитных элементов линейного коллайдера по пучку. Этот эксперимент был реализован на Стенфордском линейном ускорителе SLC (Стенфорд, США) на установке FFTB и продемонстрировал хорошую сходимость и устойчивость метода. Данный метод может быть применен как для начальной выставки элементов ускорителя, так и для непрерывной их юстировки во время работы ускорителя (например для компенсации сейсмических вибраций).

✓ Разработка многолучевых электронных пушек для мощного релятивистского клистрона

В.Е.Балакин, Ю.Д.Валяев, А.В.Ларионов, В.Ф.Фогель, Ю.Я.Чибуков, Ю.Р.Якубов

Филиал Института ядерной физики СО РАН, Протвино, Россия

Использование мощных релятивистских клистронов с сеточным управлением для ВЧ-питания линейных коллайдеров предусматривается в подходе, развиваемом в НЦ при ИЯФ СО РАН (Протвино). Электронный пучок в таком клистроне формируется в ускорительной трубке, находящейся под постоянным высоким напряжением $\sim 800 \div 1000$ кВ. Используемая электронная пушка с сеточным управлением имеет ячеистую структуру и состоит как бы из 37 отдельных микропушек. Микролучи,

сформированные этими микропучками при напряжении 20 кВ собираются в ускорительной трубке в один макропучок с током до 200 А и ускоряются до полной энергии. Длительность импульса управления составляет 500 нс.

В работе представлены результаты численных расчетов и экспериментальных исследований нескольких конструкций электронно-оптической системы клистрона. Испытания были проведены на напряжениях до 700 кВ, что позволило достичь импульсной мощности в пучке свыше 100 МВт. Получено хорошее соответствие расчетов с экспериментом. Также изучено влияние перераспределения напряжения по ускорительной трубке, возникающего за счет темновых токов, на оптику пучка.

Экспериментальное исследование

высоковольтного клистрона с сеточным управлением

П.В.Аврахов, В.Е.Балакин, С.Ю.Казаков, В.Ф.Клюев, Г.С.Крайнов, Г.И.Кузнецов,
А.А.Лукин, О.В.Пирогов, С.В.Самойлов, Н.А.Соляк, В.Е.Теряев,
Филиал Института ядерной физики СО РАН, Протвино, Россия
В.Ф.Фогель, Н.Г.Хавин, В.Д.Шемелин, В.В.Широков, Г.И.Яснв
ГНЦ Институт ядерной физики им. Г.И.Буджера СО РАН, Новосибирск, Россия

В работе представлены результаты исследований по подавлению самовозбуждения в усилительной части клистрона, а также результаты экспериментов с выходными структурами различных типов.

Применение открытых резонаторов в системе умножения СВЧ-мощности

И.В.Сырачев и др.

Филиал Института ядерной физики СО РАН, Протвино, Россия

Приводятся результаты численного моделирования и экспериментального исследования системы умножения СВЧ-мощности X-диапазона, использующей высокодобротные открытые резонаторы.

Полученная после умножителя мощность $6 \approx 130$ МВт была ограничена мощностью используемого клистрона.

Сессия 3

УСКОРИТЕЛИ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Председатель Ю.Ц.Оганесян

Циклический ускоритель ионов с системой электростатического отклонения и фокусировки

Б.Ю.Богданович, Н.М.Гаврилов, А.В.Нестерович, В.В.Рассадин, А.В.Шальнов
Московский государственный инженерно-физический институт, Россия

В работе представлены результаты расчета параметров циклического ускорителя ионов с разделенными орбитами, в котором для поворота ионов используется электро-

Результаты исследований мощного импульсного 7-ГГц магнিকона-усилителя

И.А.Запругаев, Е.В.Козырев, И.Г.Макаров, А.А.Никифоров, О.А.Нежевенко,
Г.Н.Острейко, Б.З.Персов, Г.В.Сердобинцев, В.В.Тарнецкий, С.В.Щелкунов,
В.П.Яковлев

ГНЦ Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

В докладе представлены результаты последних исследований прибора нового класса-магнিকона, в котором модуляция пучка осуществляется путем его круговой развертки ВЧ-магнитным полем. Магникон, работающий в режиме удвоения входной частоты, разработан как прототип источника ВЧ-мощности для питания электрон-позитронных коллайдеров.

Конструкция магнিকона выбрана на основании численного моделирования и экспериментальных исследований, проводившихся на предыдущих вариантах прибора. В докладе излагаются проблемы, возникавшие в процессе исследования магнিকона, пути их преодоления, а также результаты испытания прибора, при которых на частоте 7 ГГц была получена выходная мощность 30 МВт при эффективности 35% и длительности импульса 0,7 мкс.

Метод настройки круглого диафрагмированного волновода

В.А.Дворников, И.А.Кузьмин

*Московский государственный инженерно-физический институт
(Технический университет), Россия*

Описывается метод контроля фазового сдвига на ячейке круглого диафрагмированного волновода (КДВ) при "холодных" испытаниях набора резонаторов. Приведены результаты расчетов и изготовления ячеек КДВ для односекционного линейного ускорителя электронов 3-см диапазона.

Линейный модулятор микротрона

Г.М.Казакевич, В.В.Ращенко, Ю.Ф.Токарев

ГНЦ Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Описан компактный линейный модулятор для импульсного питания магнетрона МИ-456.

Модулятор обеспечивает формирование импульсов с током до 130 А при напряжении 55 кВ и частотой следования 1-25 Гц. Длительность формируемых импульсов тока составляет около 6,5 мкс по уровню 0,9; скол вершины не более 1%, модуляция тока магнетрона не превышает 1.5%. Высокое напряжение модулятора стабилизировано с точностью не хуже 0,1%, что достигается использованием быстродействующей системы регулирования с применением высокочастотных преобразователей. Управление работой модулятора осуществляется от компьютера через систему КАМАК.

Модулятор использовался в составе 10-см микротрона — инжектора для ИК-лазера на свободных электронах.

✓
**Быстроперестраиваемая ускоряющая система
для компактного протонного синхротрона**

И.И.Авербух

БИАФ, Москва, Россия

В докладе рассмотрены проблемы и результаты работы по созданию ускоряющей системы для компактного протонного синхротрона. Синхротрон рассчитан на работу в импульсном режиме с максимальным полем на орбите 5 Т. Малая длительность ускорительного цикла 2,5 мс. требует высокого темпа ускорения и высокой скорости перестройки частоты.

Ускоряющая система обеспечивает напряжение до 16 кВ в диапазоне частот 9,3–33,3 МГц. Скорость перестройки частоты 26000 МГц/с.

Приводится конструкция ускоряющей системы с четырьмя зазорами, линейный размер которой не превышает 470 мм.

Сессия 5

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ

Председатель А.Ф.Дунайцев

**Система измерения замкнутой орбиты пучка
протонного синхротрона ИФВЭ на 70 ГэВ**

**Н.А.Игнашин, И.Г.Морозов, В.И.Серебряков, Г.И.Столяров, С.Э.Сытов, В.Г.Тишин,
Е.Ф.Троянов**

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий, Протвино, Россия

Рассматривается реализованная на протонном синхротроне У-70 новая система измерения орбиты пучка ОРБИТА. Описываются методика измерения, состав аппаратных и программных средств, а также конструктивные решения размещения оборудования системы на ускорителе. Приводятся экспериментальные данные, полученные при работе системы на пучке в первом сеансе 1996 г.

Модернизация системы управления У-10

С.В.Гапоненко, С.Л.Березницкий, В.Е.Иванов

Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва, Россия

На синхротроне У-10 ведется подготовка к модернизации системы управления, в которой предполагается заменить ЭВМ типа СМ1420 на персональные компьютеры типа РС и рабочие станции, объединенные сетью Ethernet. Чтобы сохранить преемственность с существующей системой управления, разработаны адаптеры, позволяющие подключать нестандартные интерфейсные магистрали типа П21, применяемые в системе в настоящее время, к шинам типа GPIB и RS232, на основе которых будет создаваться новая структура интерфейсов. Для отладки программного обеспечения, которое разрабатывается в среде Linux/X-Windows, организован канал передачи

тока (т.е. при неравновесии н.с.) указанная симметрия намагничивающего тока нарушается. Путем соответствующего преобразования намагничивающего тока (детектирования асимметрии намагничивающего тока) выделяется постоянное напряжение, величина и знак которого в рабочей зоне соответствуют величине и знаку неравновесия (разбаланса) н.с. постоянных токов. Это напряжение и является выходным сигналом преобразователя неравновесия н.с.

Приведены принципиальные схемы основных узлов ИППТ, конструкция магнито-модуляционного узла и результаты испытаний опытного образца ИППТ.

ЯМР — система для измерений магнитного поля лазера на свободных электронах МАРК-3

Н.И.Зиневич, Г.В.Карпов, А.С.Медведко, Е.И.Шубин

ГНЦ Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

К.Дики, Д.Мэйди

Университет Дюка, Дархэм, США

В работе описан ЯМР-магнитометр и результаты его использования для прецизионного измерения магнитного поля в магнитах лазера на свободных электронах МАРК-3 в Университете Дюка, США. Принцип работы магнитометра базируется на обработке сигналов спинового эха, возбуждаемого в датчиках. Трудность измерений связана с малым размером зазоров, в которых должны быть размещены датчики (1,3 мм вдоль одной из координат). Специальные трубчатые датчики, имеющие малые размеры рабочей зоны, были разработаны для преодоления этих трудностей. В рабочем диапазоне напряженности магнитного поля 2,5-5 кГс с градиентом 0,1% на сантиметр в чувствительной зоне датчика была достигнута относительная точность измерений $\pm 0,5 \cdot 10^{-6}$.

Использование цифрового сигнального процессора для поворотной диагностики пучка

А.Батраков, Т.Большаков, Е.Левичев, В.Сажаев В.Смалюк, В.Шило

ГНЦ Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

С.Кузнецов

РНЦ Курчатовский институт, Москва, Россия

На накопителе электронов ВЭПП-4М разработана и протестирована аппаратура для поворотной регистрации положения и тока пучка. Модуль включает в себя 4-канальный 10-разрядный АЦП и цифровой сигнальный процессор TMS320, сопрягаемый с центральной ЭВМ. Сигнальный процессор позволяет проводить быструю обработку измеряемой информации по загружаемым алгоритмам. В статье приводятся различные примеры использования нового блока для диагностики пучка, а также для создания системы обратной связи, подавляющей поперечные колебания замкнутой орбиты пучка.

Обычно система инъекции работает в следующем режиме: энергия пучка 750 кэВ, ток пучка на выходе инжектора 120 мА, ток пучка на входе в резонансный ускоритель 90 мА, нормализованный эмиттанс для 90% частиц — 3,6 п.мм.мрад. В экспериментах с 400-кэВным пучком эмиттанс пучка не изменился, однако токопрохождение снизилось до 70 мА. В работе обсуждаются методика настройки системы инъекции на пониженную энергию и пути повышения токопрохождения.

✓ **Линейный ускоритель электронов источника синхротронного излучения "Сибирь-2"**

В.Н.Корчуганов, Е.Б.Левичев, О.А.Нежевенко, Г.Н.Острейко, Г.В.Сердобинцев,

В.В.Тарнецкий, В.А.Ушаков, А.В.Филипченко

ИЯФ СО РАН им.Г.И.Будкера, Новосибирск, Россия

А.А.Кадников, Ю.В.Крылов, С.Н.Кузнецов, В.Л.Ушков, Ю.Л.Юпинов

РНИЦ "Курчатовский институт", Москва, Россия

Линейный ускоритель выполнен на основе ускоряющей структуры с шайбами и диафрагмами с высоким шунтовым сопротивлением (95 МОм/м) и работает на частоте 2,8 ГГц. Он введен в действие в конце 1992 года, когда был получен электронный пучок с энергией 62,5 МэВ. В статье представлены экспериментальные ВЧ-характеристики ускоряющей структуры, а также результаты измерений тока, энергетического спектра, эмиттанса и профиля пучка. В настоящее время ЛУ инжектирует электронный пучок с энергией 75 МэВ в накопительное кольцо "Сибирь-1" и ведется работа по увеличению тока и энергии пучка.

Изготовление и настройка ускоряющих секций на базе неоднородных диафрагмированных волноводов

Н.И.Айзацкий, Е.З.Биллер

НИК "Ускоритель" ННЦ ХФТИ, Украина

Нами были разработаны и изготовлены четыре коротких неоднородных ускоряющих секций с фазовой скоростью равной скорости света, и типом рабочего колебания $2\pi/3$, три из которых имеют кусочно-однородный закон изменения радиусов пролетных отверстий с линейным уменьшением радиусов на переходных ячейках, а в четвертой — радиусы пролетных отверстий линейно уменьшаются от входа до выхода. В данной работе описана методика настройки элементов неоднородных диафрагмированных волноводов, а также представлены характеристики изготовленных ускоряющих секций.

Результаты проведенных исследований показали, что возможна настройка (с определенной погрешностью) диафрагмированных волноводов с произвольным законом изменения радиуса отверстий. Выбор этого закона для реализации необходимых характеристик должен проводиться с учетом как свойств неоднородных диафрагмированных волноводов, так и возможностей их настройки. Например, при разработке кусочно-однородных структур необходим тщательный подбор закона изменения радиуса отверстий в переходных областях, обеспечивающих точное согласование однородных участков.

Данная схема эвакуации элегаза, основанная на его физических свойствах, является идеальным, незагрязняющим способом. Дополнительным преимуществом данного способа эвакуации является очистка элегаза от неконденсируемых примесей.

Впервые была осуществлена конденсация элегаза на стенках теплообменника, охлажденного до низкой температуры (в данном случае 77 К), и продемонстрирована возможность криогенного способа эвакуации и очистки элегаза. Описана конструкция модельной установки с охлаждением теплообменников жидким азотом, на которой производительность в режиме конденсации элегаза составляла 46 кг/час при удельном расходе жидкого азота 0,5-1 кг на 1 кг элегаза.

Запуск вакуумной системы накопителя электронов "Сибирь-2"

В.В.Анашин, А.Н.Булыгин, В.Н.Корчуганов, В.А.Ушаков
ГНЦ Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН,
Новосибирск, Россия

А.В.Дозоров, Ю.А.Носков, Д.Г.Одинцов, С.Ю.Петренко, Б.И.Семенов
Российский научный центр "Курчатовский институт", Москва, Россия

В ноябре 1994 г. в "Курчатовском институте" (Москва) закончена сборка вакуумной системы специализированного источника синхротронного излучения "СИБИРЬ-2" с периметром 124 м и энергией электронов 2,5 ГэВ, разработанного ИЯФ им.Г.И.Будкера (Новосибирск). В докладе рассмотрены вопросы особенностей конструкции вакуумных камер, применяемых откачных и контрольных систем, вопросы очистки, обезгаживания и получения "безмасляного вакуума", а также динамика изменения вакуума в процессе получения электронного пучка.

Моделирование поля магнитной системы проекта ALICE

П.Г.Акишин, А.С.Водопьянов, И.В.Пузынин, Ю.А.Шишов, М.Б.Юлдашева,
О.И.Юлдашев

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

В работе рассматриваются проблемы, связанные с построением трехмерной модели магнитной системы для эксперимента ALICE. Магнитная система состоит из большого соленоидального магнита L3, работающего в настоящее время на пучке LEP, проектируемого дипольного магнита и мюонного фильтра.

Рассматриваются проблемы, связанные с взаимным влиянием магнита L3 и дипольного магнита. Расчеты проводились в рамках двух подходов: метода объемных интегральных уравнений (IAMAG3D) и метода дифференциальных уравнений в частных производных для двух потенциалов (MSFE3D).

Приводятся результаты моделирования полной магнитной системы и сравнения с расчетами по программе TOSCA и данными магнитных измерений.

ИНФОРМ

Д.Р.

✓
**Аналитическая оценка динамической апертуры
специализированного источника синхротронного излучения**

Е.Б.Левичев, В.В.Сажаев

*ГНЦ РФ Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН,
Новосибирск, Россия*

В работе дан аналитический подход для оценки динамической апертуры специализированного источника синхротронного излучения. Показано, что величина этой области определяется такими фундаментальными параметрами накопителя, как естественный хроматизм и горизонтальный эмиттанс. Необходимый для получения достоверных результатов учет эффектов второго порядка по возмущению делается с применением теории канонических преобразований Ли. Данные теоретических исследований сравниваются с численным моделированием.

**Исследование радиальной динамики электронов
в линейном резонансном ускорителе ЛИК**

Н.И.Айзацкий, А.Н.Довбня, В.А.Кушнир, В.В.Митроченко, Д.Л.Степин

*НИК "Ускоритель" Национального научного центра,
"Харьковский физико-технический институт", Харьков, Украина*

В докладе приведены результаты численного моделирования и экспериментального исследования радиальной динамики частиц в линейном резонансном ускорителе электронов ЛИК (лазерный инжекторный комплекс). Основными элементами ускорителя являются универсальная высокочастотная электронная пушка и ускоряющая секция с ускорением частиц полем $+1$ пространственной гармоники бегущей волны. Приведены результаты моделирования динамики частиц в ускорителе с использованием программы PARMELA. С этой целью составлена модель, включающая ВЧ-пушку, фокусирующие элементы и ускоряющую секцию. Рассчитаны зависимости характеристик пучка на выходе ускорителя от напряженности высокочастотного поля в пушке и ускоряющей секции, сдвига фазы между ними и режима питания фокусирующих элементов. Благодаря значительной напряженности поля несинхронной встречной гармоники в ускоряющей секции осуществляется высокочастотная фокусировка электронов, что препятствует увеличению нормализованного эмиттанса. Этот эффект был исследован экспериментально. Типичные характеристики пучка на выходе ускорителя: длительность импульса 0.5-1.7 мкс, импульсный ток 0.8-1.1 А, энергия частиц 13-15 МэВ, нормализованный эмиттанс не превышает 30π мм. мрад. Проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных, обсуждаются пути увеличения яркости пучка на выходе ускорителя.

Статус мощного лазера на свободных электронах на базе разрезного микротрона-рекуператора

Н.А.Винокуров, В.Г.Вещеревич, П.Д.Воблый, Н.Г.Гаврилов, Э.И.Горникер,
Д.А.Кайран, Г.Н.Кулипанов, И.В.Купцов, Г.Я.Куркин, Ю.И.Левашов,
А.Д.Орешков, С.П.Петров, В.М.Петров, И.В.Пинаев, В.М.Попик, И.К.Седляров,
А.Н.Скринский, А.С.Соколов, Т.В.Шафган, Г.И.Эрг
ГНЦ Институт ядерной физики СО РАН им.Г.И.Будкера, Новосибирск, Россия

В Новосибирске для Центра фотохимических исследований строится мощный лазер на свободных электронах (ЛСЭ), представляющий собой восьмидорожечный разрезной микротрон на энергию до 100 МэВ при среднем токе от 4 до 100 мА. Схема ускорителя обеспечивает рекуперацию энергии электронов в ускорительном промежутке состоящем из 16 ВЧ-резонаторов на 180 МГц. ЛСЭ предназначен для генерации ИК-излучения импульсами по 10-30 нс с частотой 2-22,5 МГц в диапазоне 1-10 $\mu\text{м}$ средней мощностью 10-100 кВт.

Некоторые аспекты методики идентификации делящихся веществ на удаленных объектах с использованием пучка ускоренных ионов водорода

М.Ф.Ворогушин, Ю.Н.Гавриш
Научно-исследовательский институт
электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова,
Научно-производственный комплекс ЛУЦ, Санкт-Петербург, Россия

В работе рассмотрены некоторые аспекты методики дистанционного определения делящихся веществ с использованием ускорителей ионов водорода по временным спектрам нейтронного излучения. В последнее время в практической деятельности широко применяются методы неразрушающего дистанционного контроля элементного состава с использованием ускоренных пучков ионов путем регистрации характеристического вторичного ионизирующего излучения. Особую актуальность они приобрели для анализа содержания делящихся веществ на удаленных объектах. Создание средств активного дистанционного определения делящихся веществ с использованием ускорителей ионов водорода охватывает три основных направления: исследование процессов воздействия пучков ионов водорода на объекты различной конструкции, накопление данных по фоновому излучению, разработка соответствующей детектирующей аппаратуры. На основе анализа различных концепций дистанционного распознавания делящихся веществ с помощью ускоренных пучков американские эксперты выбрали ряд наиболее перспективных, основанных на регистрации вторичных нейтронного и гамма-излучений.

В работе на основе расчетов энергетических, временных распределений и выходов нейтронного излучения из мишеней полного поглощения сложного гетерогенного состава при энергии ускоренных ионов водорода в диапазоне 15-100 МэВ сделан анализ возможности создания комплекса для определения делящегося вещества на удаленных объектах и представлена методика его идентификации.

Применение газовой изоляции обеспечивает компактность ускорителей и удобство в эксплуатации. Унификация узлов и систем ускорителей повышает надежность и позволяет с минимальными затратами адаптировать их под конкретные требования заказчика по основным параметрам, таким как диапазон энергий, мощность пучка, длина выпускного окна. Полный КПД ускорителя составляет величину около 90%.

Все ускорители этой серии управляются унифицированной системой управления, построенной на базе IBM-PC совместимого компьютера, которая предоставляет пользователю возможность организовать работу ускорителя в технологической линии в полностью автоматизированном режиме без участия оператора.

Электронный пучок выводится в атмосферу как через окно из титановой фольги, так и через систему отверстий с диафрагмами. Для расширения технологических возможностей мы разработали и изготавливаем системы двустороннего и кольцевого облучения, увеличивающим эффективность использования пучка, выведенного в атмосферу через фольгу, для облучения кабелей или труб большого диаметра, а также двустороннее облучение лент шириной до 300 мм.

Ускорители серии ЭЛВ применяются практически во всех технологических процессах, где требуется электронный пучок.

Компактный лазер

на свободных электронах дальнего ИК-диапазона

✓ Р.Р. Акбердин, П.П. Белов, П.Д. Воблый, Ю.И. Великанов, Н.А. Винокуров, Н.Г. Гаврилов, Б.А. Гудков, Е.И. Загородников, Е.М. Закутов, Г.М. Казакевич, М.Н. Кондауров, Ю.М. Колокольников, Г.Н. Кулипанов, А.Д. Орешков, В.М. Попик, В.В. Ращенко, Т.В. Саликова, В.С. Середняков, Г.И. Сильвестров, Ю.Т. Токарев, В.Ч. Черепанов, М.А. Хохлов

ГНЦ Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

В Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН создается компактный лазер на свободных электронах с мощностью излучения 1 Вт в инфракрасной области спектра 25–30 мк. В качестве источника электронов используется микротрон на энергию 8 МэВ с током в макроимпульсе 70 мА, длиной макроимпульса 5 мкс и периодом повторения 1–10 Гц. Сконструирован и изготовлен электромагнитный ондулятор с постоянными магнитными плитками между полюсами и периодом 12,5 мм.