

V 381.1  
B. 85

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ СССР  
АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УЗ КНИГ КАРЛИЧЕРА М. М.

ВОСЬМОЕ ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ  
ПО УСКОРИТЕЛЯМ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
(Протвино 19-21 октября 1982 года)

АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ

V381.1 | 65900  
B.85 | Всесоюзное совеща-  
ние по ускорителям за-  
ряженных частиц(8;1982;

Восьмое Все-  
аннотации

б.ц.

65900

V P

## ЗАПУСК ПРОТОННО-ИОННОГО СИНХРОТРОНА Б-5

В.Л.Ауслендер, Г.Б.Глаголев, В.Н.Лазарев, В.И.Сербин  
Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

В докладе представлены результаты наладки протонно-ионного синхротрона Б-5, предназначенного для ускорения тяжелых ионов до энергии 50 МэВ/нуклон и протонов до энергии 200 МэВ. Время ускорения 10 мс при частоте следования циклов 50 Гц.

Получен вакуум в апертуре ускорителя  $\sim 5 \cdot 10^{-7}$  мм рт.ст. при размещении магнитов ускорителя внутри вакуумной камеры. Осуществлен медленный выпуск пучка ускоренных протонов с предварительным рассеянием перед дефлектором.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИСТОЧНИКА МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ ДЛЯ ДРАЙВЕРА ИТС НА ТЯЖЕЛЫХ ИОНАХ

Л.З.Барабаш, К.И.Кречет, Ю.Я.Лапицкий, С.В.Латышев,  
А.В.Шумшуров  
Институт теоретической и экспериментальной  
физики, Москва

Ю.А.Быковский, А.А.Голубев, Ю.П.Козырев, Б.Ю.Шарков  
Московский инженерно-физический институт

В работе представлены результаты исследования лазерного источника тяжелых ( $A \sim 200$  а.е.м.) многозарядных ( $Z = I \div 10$ ) ионов с целью выяснения возможности использования его в ускорительном комплексе ИТС на тяжелых ионах.

В качестве лазера, создающего плазму тяжелых ионов, используется импульсный  $CO_2$ -лазер с поперечным разрядом с полной энергией 40 Дж.

В случае свободного разлёта лазерной плазмы в вакуум исследован зарядовый состав разлетающихся ионов, распределение по энергиям и углам разлёта, определены величины ионных токов и полное количество ионов каждого заряда с помощью время-пролётной масс-спектрометрической методики. Показано, что при плотности потока лазерного излучения  $q \sim 10^{10}$  Вт/см<sup>2</sup> количество ионов  $PV^{+10}$  составляет  $10^{13}$  1/стер при амплитуде ионного тока  $\sim 2 \cdot 10^{-4}$  А. При изучении влияния импульсного продольного магнитного поля на характеристики разлёта ионов установлено, что поле напряженностью до 180 кГс приводит к значительному ускорению ионов (средняя скорость разлёта основной массы ионов возрастает  $\sim$  в 10 раз), увеличению ( $\sim$  в 5 раз) полного количества ионов и изменению диаграммы угловой направленности разлёта ионов.

На основе экспериментальных данных развита теоретическая модель магнитного сопла, объясняющая влияние продольного магнитного поля на лазерную плазму в изученном диапазоне.

С помощью метода фильтров измерено значение температуры лазерной плазмы, а также получено обскурографическое изображение факела лазерной плазмы в рентгеновском диапазоне длин волн.

Особое внимание в работе уделено определению фазовой плотности пучка многозарядных ионов, получающегося после разрыва квазинейтральной лазерной плазмы.

Полученные в работе характеристики пучка, данные по полному количеству ионов и амплитудам ионных токов,

колебания, а также создать нормальные условия для работы системы автоматического регулирования.

#### МНОГОРЕЗОНАТОРНАЯ ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СИСТЕМА НАКОПИТЕЛЯ ВЭПШ-4 НА ЭНЕРГИЮ 5,5 ГэВ

В.С.Арбузов, В.Г.Вещеревич, В.А.Ведерников, В.Н.Волков, Э.И.Горникер, М.Н.Егорычев, М.М.Карлинер, В.Ф.Кузнецов, Г.Я.Куркин, И.Г.Макаров, С.Н.Морозов, В.М.Петров, И.К.Седяров, В.Е.Теряев, И.А.Шехтман  
Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Описано устройство, характеристики и результаты первого года эксплуатации ВЧ системы ВЭПШ-4, состоящей из шести ускоряющих резонаторов, пять из которых питаются от УКВ гироконя непрерывного генерирования. Сложение мощности двух выводов энергии гироконя и деление её между настроенными резонаторами производится с помощью волноводно-коаксиальной фидерной системы, которая обеспечивает правильную фазировку напряжений на резонаторах и исключает перегрузку любого из них при расстройке. Длина фидерного тракта и настройка выходного резонатора гироконя выбраны так, чтобы затруднить самовозбуждение когерентных фазовых колебаний частиц в накопителе. Для подавления таких колебаний предусмотрена также определенная установка трёх элементов подстройки высших мод в каждом из резонаторов. Система управления обеспечивает регулирование мощности гироконя, настройку резонаторов и их защиту, синхронизацию ВЧ с другими системами накопителя, а также совместную работу гироконя с управляемым ВЧ генератором на триодах ГИ-50, питающим один резонатор.

Стендовые испытания гироконя, проведенные на уровне ВЧ мощности в нагрузке до 400 кВт, и каждого резонатора при напряжении на зазоре до 2 МВ позволили создать почти двукратный запас по этим параметрам, что способствует повышению надежности системы и упрощает управление. На энергии ВЭПШ-4 - 5,5 ГэВ требуется суммарное напряжение на резонаторах - 4,5 МВ (менее 1 МВ на резонатор), оно получается при мощности, отдаваемой гироконем, - 220 кВт. Уровень тока частиц в одном сгустке достигал 5 мА. Потеря тока вследствие когерентных неустойчивостей при этом не наблюдалась.

#### ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ВВОД ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭНЕРГИИ В УСКОРЯЮЩИЙ РЕЗОНАТОР

С.В.Бараев, О.П.Коровин

Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе АН СССР,  
Ленинград

При большой импульсной загрузке пучком уровень энергии в ускоряющем резонаторе электрон-позитронного накопительного кольца сильно изменяется. При этом возникает значительное отражение ВЧ энергии от ускоряющего резонатора. Известные способы питания ускоряющих резонаторов уменьшают отражение в направлении высокочастотного генератора, но не решают проблемы потерь энергии из-за отражения.

В докладе изложено решение задачи повышения эффективности передачи энергии пучку путем использования дополнительного резонатора, включенного перед ускоряющим резонатором и имеющего с последним непосредственную

резонаторных элементов основные формулы сравниваются с известными результатами существующих теорий неустойчивостей связанных колебаний сгустков.

#### О ВОЗМОЖНОСТЯХ УСКОРЕНИЯ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПРОТОНОВ В ТЭВАТРОНАХ

Я.С.Дербенёв, А.М.Кондратенко

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Исследуются возможности сохранения поляризации пучка при ускорении до энергий столь высоких, что возмущающие поля могут приводить к сильному изменению поляризации за один оборот движения частиц в ускорителе. Деполяризацию от наиболее мощных резонансов можно предотвратить введением большого числа магнитных змеек винтового типа, осуществляющих переворот вертикальной поляризации. При введении малого числа змеек, предотвращающих деполяризующее действие слабых резонансов, исследуется возможность адиабатического пересечения мощных резонансов с сохранением степени поляризации.

#### ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕПОЧЕЧНОЙ СХЕМЕ ПРЯМОЙ КОРРЕКЦИИ ОРБИТЫ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В КОЛЬЦЕВОМ УСКОРИТЕЛЕ

А.И.Дзергач, С.Ю.Доброхотов, А.А.Злотник

Московский радиотехнический институт АН СССР

Доклад посвящен коррекции орбиты пучка заряженных частиц в кольцевом ускорителе. Изучается нестационарный

процесс, протекающий после включения корректирующей системы цепочечного типа с обратной связью. Процесс регулируется выбором передаточных функций устройств, связывающих измерители и корректоры. Основными из полученных результатов являются следующие. Выведено нестационарное уравнение, описывающее "мгновенные" орбиты заряженных частиц в ускорителях с системой коррекции. Это уравнение содержит частные производные и представляет собой обобщение на нестационарный случай известного дифференциального уравнения для бетатронных колебаний.

Указанное уравнение решается с помощью преобразования Лапласа. Исследуется асимптотическое поведение решения ("мгновенной" орбиты) при различных временах. Разработаны критерии, позволяющие судить об эффективности применения корректирующей системы по её передаточной функции. На основе этих критериев исследованы нестационарные процессы, отвечающие ряду конкретных физически реализуемых передаточных функций, в частности, инерционных звеньев первого порядка и некоторых их комбинаций.

стабильность и надежность работы ускорителя; средняя интенсивность ускорителя превысила  $8,5 \cdot 10^{11}$  прот/имп ; увеличена длительность сброса пучка на внутренние мишени до секунды (скважность  $\sim 30\%$ ) при неоднородности выхода вторичных частиц, не превышающей 15%. Эти успехи являются результатом модернизации целого ряда систем ускорителя: шиммирование магнитных блоков позволило улучшить линейность поля; создана новая мощная система коррекции магнитного поля на начальном этапе ускорения; для коррекции применяются безжелезные линзы, устанавливаемые в коротких промежутках между магнитами; новая конструкция вакуумной камеры и вводного инфлектора позволили несколько увеличить акцептанс кольца; модернизирована система связи частоты ускоряющего напряжения с ведущим магнитным полем; повышена надежность ускоряющих станций; введена в эксплуатацию система предварительной бунчировки пучка; в системе питания кольцевого магнита установлена дополнительная LC-цепочка, подключаемая на "площадках" магнитного поля и позволившая уменьшить основную гармонику пульсаций в 4 раза; применение системы обратной связи по выходу вторичных частиц позволило увеличить длительность и улучшить однородность сброса пучка на внутренние мишени; дальнейшее развитие получила система автоматизированного управления и контроля ускорителя.

## ЛИТНИЕВЫЕ ЛИНЗЫ ДЛЯ АНТИПРОТОННОЙ МИШЕННОЙ СТАНЦИИ

Б.Ф.Баянов, А.А.Диденко, Ю.Н.Петров, Г.И.Сильвестров, Т.В.Соколова

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Описываются литиевые линзы для фокусировки на мишень протонного пучка с энергией 100 ГэВ и собирания с мишени антипротонов с импульсом 8 ГэВ/с и линейным углом до 40 мрад, которые на первом этапе предполагается применить в проекте антипротонного источника Национальной ускорительной лаборатории им.Ферми (США). Приводятся описания радиационно стойких конструкций линз, тороидальных импульсных трансформаторов на токи 200-500 кА, систем дистанционной юстировки, автоматического подключения токоподводов и охлаждающей воды, а также параметры систем питания и результаты ресурсных испытаний.

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОНДУЛЯТОРОВ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В СИСТЕМАХ ИНДИКАЦИИ ПУЧКОВ ПРОТОННЫХ СИНХРОТРОНОВ

Е.Г.Бессонов, А.В.Серов

Физический институт им.П.Н.Лебедева АН СССР, Москва

Найдены законы изменения амплитуды и периода магнитного поля ондулятора, при пролёте через которое заряженные частицы испускают излучение с заданным спектральным распределением. В частности, показано, что релятивистские частицы в любом из выбранных направлений испускают излучение, равномерно распределенное в интервале частот

Приводится устройство генератора высоковольтных импульсов с пикосекундным фронтом для питания системы однооборотного выпуска пучка.

Рассматривается способ накопления пучка для повышения интенсивности циркулирующего пучка и, соответственно, выпущенного, а также другие способы однооборотного выпуска путем перемещения пучка из медианной плоскости магнитного поля в плоскость выпускного канала.

#### ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПУЧКА БЫСТРОГО РЕЗОНАНСНОГО ВЫВОДА ИЗ СИНХРОФАЗОТРОНА

В.Н.Булдаковский, Л.П.Зиновьев, И.Б.Иссинский,  
Е.А.Матюшевский, А.Г.Мурызин, С.А.Новиков,  
И.Н.Семенюшкин

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

С целью увеличения на несколько порядков интенсивности пучка, предназначенного для решения некоторых физических задач при облучении пузырьковых камер, в системе быстрого резонансного вывода синхрофазотрона изменена внутренняя магнитная оптика канала и схема питания магнитных элементов. Получено повышение интенсивности пучка в канале в  $10^3$  раз, что соответствует выводу значительной части ускоренного пучка. Энергия выводимых ядер может быть снижена до 200 МэВ/нукл.

#### РАЗВЕРТКА ПРОТОННОГО ПУЧКА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО РАЗРУШЕНИЯ МИШЕНЕЙ ПРИ РАБОТЕ С ПУЧКАМИ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

Т.А.Всеволожская, Г.И.Сильвестров, А.Д.Чернякин  
Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

При сбросе протонного пучка с числом частиц более  $10^{13}$  на мишень из тяжелого вещества выделяющаяся с высокой плотностью энергия приводит к разрушению мишени за счёт импульсного теплового расширения. При длительности сброса в несколько микросекунд и сечении пучка, значительно меньшем  $1 \text{ мм}^2$ , существенное уменьшение плотности вещества на пути пучка наступает уже через доли микросекунды, что является принципиальным ограничением эффективности использования пучков с такими параметрами для генерации вторичных частиц. В работе рассматривается возможность реализации предложений во FNAL развертки протонного пучка по мишени с компенсацией её в пучке вторичных частиц для уменьшения плотности выделения энергии в веществе. Проводится оценка нагрева, расширения и механического напряжения вещества при поперечном движении пучка, позволяющая определить необходимую скорость развертки. Рассматриваются варианты оптических схем развертки и компенсации, параметры и конструкции отклоняющих магнитов и систем их импульсного питания для различных параметров первичного и вторичного пучков и условий их фокусировки при конверсии.

## СИСТЕМА ПИТАНИЯ ФОКУСИРУЮЩИХ КАТУШЕК УСКОРИТЕЛЬНОЙ ТРУБКИ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ПОТЕНЦИАЛОМ 50+500 кВ

Ф.А.Водопьянов, Ю.Ф.Душин

Московский радио-технический институт АН СССР

Осуществление магнитной изоляции колец ускорительной трубки от электронного пучка вызывает необходимость установки на самих кольцах фокусирующих катушек, питаемых импульсами тока с длительностью, значительно превышающей длительность импульсов пучка ускоряемых частиц. Источники этих импульсов должны быть изолированы от низкочастотной питающей сети на напряжения, соответствующие потенциалам колец (например, 50+500 кВ).

В докладе рассматривается разработанная и испытанная система питания, основанная на использовании в раздельном трансформаторе с одним вторичным витком специального кабеля в восемь коаксиальных жилами, изолированными одна от другой, на напряжение 50 кВ. По этому же кабелю к источникам фокусирующего тока подаются и запускающие импульсы от заземленного генератора.

## О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРЕЦИЗИОННЫХ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАЛОАПЕРТУРНЫХ ДИПОЛЕЙ И ЛИНЗ

М.А.Воеводин, А.Д.Коваленко

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Обсуждаются вопросы достижения относительной точности, лучше чем  $1 \cdot 10^{-4}$ , при измерении величины магнитного поля и абсолютной погрешности не более  $0,01^\circ$  при опреде-

лении фазы основной гармоники на уровне полей порядка 0,03 Т и градиента 2,5 Т/м.

Рассматриваются аппаратные и инструментальные особенности, позволяющие удовлетворить эти требования, при исследовании диполей и линз с апертурой  $55 + 30$  мм и геометрической длиной  $400 + 160$  мм методом гармонического анализа с использованием многовитковых индукционных преобразователей.

Уделено внимание вопросам точности измерения эффективной длины магнитных элементов и повышению воспроизводимости результатов.

## УСТРОЙСТВО ЗАРЯДКИ ЕМКОСТНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТЬЮ

В.Г.Волохов, Г.И.Сильвестров, А.Д.Чернякин

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

При разработке зарядных устройств мегаваттного диапазона для импульсных генераторов с емкостными накопителями одним из актуальных вопросов является эффективность использования питающей сети, характеризуемая отношением средней потребляемой мощности к её пиковому значению.

В работе приводятся результаты разработки систем для зарядки емкостных накопителей импульсных генераторов с загрузкой сети постоянной мощностью, которая реализована на тиристорных инверторах с трансформаторным выходом и имеет устройства для стабилизации и регулировки напряжения в широких пределах. Показано, что современная элементная база позволяет использовать такие системы в генераторах с частотами следования импульсов от 0 до 200 Гц.

Работа проделана с целью использования результатов при проектировании импульсных генераторов на частоту 10 Гц для питания секций спирального ондулятора в проекте ВЛЭШ.

#### ФОРМИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ЦИКЛА ЕРЕВАНСКОГО СИНХРОТРОНА В РЕЖИМЕ УСКОРЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

В.П.Гончаренко, О.А.Гусев, А.П.Лебедев, Н.С.Резчикова

Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им.Д.В.Ефремова, Ленинград

Э.М.Лазиев, Г.А.Мартirosян, К.А.Садоян

Ереванский физический институт

В настоящее время в НИИЭФА и ЕрФИ проводятся исследовательские работы по реконструкции системы питания электронного синхротрона ЭКУ-6 на энергию электронов 6 ГэВ с целью обеспечения режимов ускорения как электронов с максимальной энергией 4,5 ГэВ, так и тяжелых ионов с максимальной энергией 2,2 ГэВ/нуклон с частотой циклов ускорения 50 Гц. В качестве инжектора тяжелых ионов предполагается использовать изохронный циклотрон типа У-200. Особенностью режима ускорения тяжелых ионов является необходимость формирования в ведущем магнитном поле как плато инжекции длительностью до 0,3 мс, так и плато медленного вывода со скважностью менее 4. В докладе приведены схемные решения систем питания, обеспечивающие перечисленные требования к магнитному циклу, а также подробно рассмотрен вариант системы питания, принятый для ЭКУ-6, основанный на закорачивании тиристорными ключами

групп электромагнитов в моменты формирования плато инжекции и вывода. Регулированием длительности плато медленного вывода осуществляется синхронизация частоты циклов ускорения с частотой питающей сети.

#### ФОРМИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ЭЛЕКТРОМАГНИТАХ СИСТЕМ ВВОДА, ВЫВОДА И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПУЧКОВ

В.П.Гончаренко, О.А.Гусев, Р.М.Кизим, А.П.Лебедев, В.Д.Федоров

Научно-исследовательский институт электрофизической аппаратуры им.Д.В.Ефремова, Ленинград

В докладе рассмотрены принципы построения импульсных систем питания для комплекса электромагнитов систем ввода, вывода и транспортировки пучков синхротронов "Бустер", ТИС, УНК. Приведены критерии выбора вариантов схем импульсного питания в зависимости от частоты и скважности импульсов, постоянной времени электромагнитов, требований к точности стабилизации амплитуды и длительности плато тока. Даны рекомендации по выбору режимов работы накопителей энергии, коммутирующих ключей, зарядных устройств. Учитывая большое количество импульсных электромагнитов в каждом ускорительном комплексе, широкий диапазон выходных параметров, все рекомендации к построению импульсных систем питания ориентированы на их максимальную унификацию.



### ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП-4 ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

А.А.Авдиенко, А.А.Жоленц, Г.А.Корнюхин, И.Я.Протопопов, А.Н.Скринский, А.Б.Темных, Г.М.Тумайкин

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Рассматривается проект модернизации накопителя ВЭПП-4 с целью улучшения энергетического разрешения в экспериментах в области энергий  $\psi$  - и  $\gamma$ -мезонов. Реализация проекта позволит поднять скорость генерации мезонов в  $e^+e^-$ -столкновениях в  $50 \div 100$  раз при одновременном улучшении фоновых условий. Планы включают изготовление нового экспериментального промежутка, ремонт элементов периодичности в кольце накопителя, замену существующего детектора с поперечным магнитным полем.

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМ КОНВЕРСИИ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ПУЧКОВ ДЛЯ КОМПЛЕКСА ВЭПП

Г.С.Виллевалд, Т.Н.Всеволожская, В.Н.Карасюк, Г.И.Сильвестров, А.Д.Чернякин

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

В работе рассматривается система электрон-позитронной конверсии через ондуляторное излучение, позволяющая получить поляризованные пучки с коэффициентом конверсии выше 1 и степенью поляризации выше 0,6 при энергии первичных частиц  $\geq 150$  ГэВ. Приводятся результаты численного расчета эффективности конверсии частиц и захвата их в режим ускорения при собирании с мишени короткофокус-

ной литиевой линзой, а также результаты моделирования импульсного ондулятора с длиной волны 1 см, оценка его эффективности и энергоемкости.

Рассматривается конструкция и схема импульсного питания ондулятора, проводится оценка допусков на механические и магнитные параметры системы и характеристики пучка в ондуляторе.

### УВЕЛИЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ И ИНТЕНСИВНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА В НАКОПИТЕЛЕ ХФТИ АН УССР

Ю.Н.Григорьев, С.В.Ефимов, И.И.Коба, В.П.Козин, С.Г.Кононенко, А.С.Мазманишвили, В.В.Марков, Н.И.Мочешников, Л.В.Репринцев, А.Е.Толстой

Харьковский физико-технический институт АН УССР

С целью повышения эффективности исследований по динамике инжектируемого и накопленного электронных пучков, а также расширения возможностей применения синхротронного излучения на накопителе Н-100 ХФТИ АН УССР проведены разработки и усовершенствования ряда систем, что привело к увеличению рабочей энергии до 150 МэВ и повышению интенсивности накопленного пучка до 3,3 А.

Увеличение энергии достигнуто за счёт усиления отдельных участков магнитопровода и увеличения магнитодвижущей силы квадрантов без изменения остального существующего оборудования, а создание новой системы инфлекции позволило осуществить инжекцию частиц при повышенной энергии.

Увеличение интенсивности накопленного пучка достигнуто за счет повышения амплитуды высокочастотного поля и

осуществления специального режима работы высокочастотной системы, реконструкции инжекционного тракта с целью реализации ахроматической системы транспортировки пучка и использованием системы, позволяющей увеличивать поперечные размеры пучка накопленных частиц.

В работе приводятся основные характеристики новосозданных и реконструированных систем накопителя Н-100, а также основные результаты измерения характеристик накопленного пучка.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОТОНОВ НА НАП-М

Е.Н.Дементьев, Н.И.Зиневич, А.С.Медведко,  
В.В.Пархомчук, Д.В.Пестриков

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

В работе приведены результаты экспериментов по стохастическому охлаждению энергетического разброса пучка. Изучены зависимости декрементов затухания от фазовой плотности пучка, числа рабочих гармоник и величины коэффициента усиления цепи обратной связи. Установившийся разброс в пучке определялся шумами электроники. Обнаружена когерентная неустойчивость пучка, связанная с его смещением в измерительном пикап-электроде.

#### КОГЕРЕНТНОЕ ЭЛЕКТРОННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

Я.С.Дербенев

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Описываются свойства предложенной ранее модификации метода электронного охлаждения, позволяющей резко ускорить демпфирование пучков тяжелых частиц с высокими начальными температурами. Специально организуемые на участке охлаждения внутренние мелкомасштабные неустойчивости электронного пучка используются для многократного усиления коллективного отклика электронов на поле частицы. Уровень флуктуаций плотности электронного пучка может быть сделан достаточно малым для того, чтобы получить большой коэффициент усиления отклика. Возможности метода иллюстрируются примерами охлаждения пучков ионов при нерелятивистских и релятивистских энергиях, охлаждения и накопления антипротонов после конверсии без предварительного замедления. Обсуждаются и оцениваются возможности использования принципа усиления в режиме циркулирующего электронного пучка для повышения эффективности электронного охлаждения пучков тяжелых частиц высоких энергий в накопителях.

## СОСТОЯНИЕ РАБОТ ПО ЭЛЕКТРОННОМУ ОХЛАЖДЕНИЮ НА НАП-М

Я.С.Дербенев, Н.С.Диканский, В.И.Куделайнен,  
В.А.Лебедев, И.Н.Мешков, В.В.Пархомчук, Д.В.Пестриков,  
А.Н.Скринский, Б.Н.Сухина

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Сообщаются результаты работ по развитию метода электронного охлаждения, проведенных в 1980-1982 гг. Основное внимание уделялось изучению перспектив повышения эффективности электронного охлаждения. Теоретически и экспериментально изучались процессы термализации электронного пучка в магнитном поле. Проведенные исследования позволили сформулировать требования к параметрам электронно-оптического тракта, дающие возможность избежать увеличения продольной температуры электронов. Экспериментально определены условия, обеспечивающие устойчивую компенсацию достаточно плотного, протяженного электронного пучка. Приводятся результаты измерения декрементов охлаждения протонов компенсированным электронным пучком.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ СКОРОСТИ БЕТАТРОННОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Н.С.Диканский, Д.В.Пестриков

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Предельная скорость стохастического охлаждения определяется требованием когерентной устойчивости охлаждаемого пучка. При правильном подборе фаз когерентная не-

устойчивость пучка, взаимодействующего с охлаждающей системой, обусловлена превышением когерентным сдвигом частоты расстояния в невозмущенном спектре когерентных колебаний.

В докладе обсуждается ограничение скорости стохастического охлаждения бетатронных колебаний, связанное с тем, что расстояние в невозмущенном спектре в рассматриваемом случае пропорционально расстоянию до ближайшего машинного резонанса  $V - 1/P$  ( $l$  и  $P$  - натуральные числа).

## КИНЕТИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ СТОХАСТИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ РАЗБРОСА ПРОДОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Н.И.Зиневич, М.М.Карлинер

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

На основе уравнений для микроскопической фазовой плотности и микроскопических уравнений выводятся кинетические уравнения для системы слабодействующих заряженных частиц в приближении мелкомасштабных флуктуаций. Полученные уравнения используются для анализа системы стохастического охлаждения разброса продольных импульсов тяжелых заряженных частиц в накопителях с дифференциальным датчиком в качестве источника сигнала для цепи обратной связи. Приводится уравнение, определяющее поведение одночастичной функции распределения частиц. Исследуется эволюция функции распределения в процессе охлаждения с учетом шумов цепи обратной связи.

## ПОДАВЛЕНИЕ КОГЕРЕНТНЫХ БЕТАТРОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ПУЧКОВ В ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННОМ НАКОПИТЕЛЕ ВЭПП-4

Н.И.Зиневич, А.С.Медведко

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Описывается система подавления бетатронных колебаний заряженных частиц в электрон-позитронном накопителе ВЭПП-4. Четыре канала обратной связи обеспечивают раздельное подавление дипольных колебаний сгустков по радиальной и вертикальной степеням свободы. Разделение электронного и позитронного каналов обратной связи осуществляется благодаря применению в качестве датчиков и кикеров согласованных полосковых линий.

Введение обратных связей позволило получить затухание когерентных колебаний за несколько сотен оборотов пучков в накопителе. Система обеспечивает также автоматическое измерение частот бетатронных колебаний.

## АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДОЛЬНО ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ВСТРЕЧНЫХ ПУЧКОВ НА НАКОПИТЕЛЕ ВЭПП-4

С.А.Никитин, Е.Л.Салдин, М.В.Курков

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Рассчитан вариант получения продольной поляризации частиц в накопителе ВЭПП-4 для области энергий  $\psi$ -резонансов с использованием сверхпроводящего соленоида, поворачивающего спин вокруг скорости на угол  $180^\circ$  ("сибирская змейка"). Соленоид при этом размещен в техническом промежутке накопителя, диаметрально противоположном месту встречи. Поляризация частиц происходит в бус-

терном накопителе ВЭПП-3, имеющем короткое время поляризации на энергии перепуска. В предлагаемой схеме время деполяризации пучков в ВЭПП-4 может составлять несколько часов.

Для области энергий  $\psi$ -резонансов рассчитан вариант получения продольной поляризации частиц в центре магнитного детектора с вертикальным полем (МД) при помощи сверхпроводящих соленоидов, расположенных в прямолинейных промежутках по обе стороны от детектора. Возмущение, вносимое соленоидами в орбитальное движение, и их деполяризующее воздействие на спин компенсируется за счет специального выбора оптики экспериментального промежутка. При этом удалось одновременно получить приемлемую равновесную степень продольной поляризации и фокусировку пучков в месте встречи, близкую к обычной. Сделана оценка деполяризующего влияния погрешностей в магнитной системе накопителя.

## ПЕРЕВОРОТ СПИНОВ ЧАСТИЦ В НАКОПИТЕЛЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

А.А.Полунин, Ю.М.Шатунов

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Рассматривается когерентный адиабатический переворот спинов частиц поляризованного пучка электронов или позитронов в накопителе. Приводятся оценки деполяризующих факторов и требования, предъявляемые к параметрам высокочастотного поворачивающего устройства. Описана конструкция конкретного устройства, с помощью которого осуществлен адиабатический переворот спинов электронов в

накопителе ВЭШ-2М. Результаты измерений свидетельствуют о сохранении достаточно высокой степени поляризации пучка.

#### СОСТОЯНИЕ РАБОТ НА ВЭШ-4

И.Я.Протопопов

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

После проведения прецизионных измерений масс  $\psi$ -мезонов с помощью детектора "Оля" на ВЭШ-4 установлен новый детектор МД-1 с поперечным магнитным полем. Дополнительно установлено пять резонаторов, питаемых от гироко-на, которые позволили поднять энергию ВЭШ-4 до 5,5 ГэВ.

На детекторе МД-1 проведены методические эксперименты на энергии  $\psi$ -мезона. Начаты работы по прецизионному измерению масс  $\vartheta$ -мезона при светимости  $\sim 10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ . В докладе рассказывается о состоянии комплекса в настоящее время.

Сессия В-II

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И  
УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ

Председатель: Ю.Н.Денисов

Аппаратную часть АСУ ТИС предполагается реализовать на основе модулей стандарта КАМАК с учетом стандартов EUR-6500 и COMPEX, в качестве центральной ЭВМ предполагается использовать многомикропроцессорную ЭВМ серии CM ЭВМ третьей очереди. Программное обеспечение АСУ ТИС предполагается реализовать на основе операционной системы реального времени многомикропроцессорной ЭВМ.

#### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ И РЕГИСТРАЦИИ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ СИЛЬНОТОЧНОГО ФАЗОТРОНА (УСТАНОВКИ "Ф")

Ю.Н.Денисов, В.Н.Аносов, Х.Дорух, Х.Круг, Г.П.Лещенко, Л.М.Онищенко, М.Потемпа, В.А.Саенко, М.Ф.Шабашов, З.Н.Шипляникова

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Описывается первая очередь автоматизированной системы управления сильноточного фазотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ — система сбора данных и регистрации отказов оборудования ускорителя. Рассматриваются основные технические решения, использованные при построении системы, описывается структура отдельных подсистем. В работе содержится информация о текущем состоянии работ по созданию аппаратной части системы и матобеспечения.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ УСКОРИТЕЛЕМ ЛИУ-30

В.В.Журавлев, В.Н.Замрий, И.М.Матора

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Особенности сооружаемого в ОИЯИ линейного индукционного ускорителя ЛИУ-30 определяют серьезные требования к автоматизации измерения, контроля и управления с целью обеспечения работоспособности и оптимизации параметров ускорителя. Рассматриваются особенности автоматизированной системы управления ускорителем, включающей ряд подсистем для измерения, контроля и коррекции положения центра тяжести, профиля и амплитуды тока пучка электронов, относительной задержки и амплитуды импульсов ускоряющего напряжения, параметров системы автофокусировки и других систем ускорителя.

#### АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЯ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ МИКРОКАНАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

А.А.Казаков, В.А.Киселев, Э.А.Купер, В.В.Репков, С.В.Тарарышкин, Г.М.Тумайкин, Ю.И.Эйдельман

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Описывается автономная система, использующаяся для наблюдения за электронным и позитронным пучками в канале инжекции в бустерный накопитель ВЭШ-3 (комплекс ВЭШ-4). Система включает набор датчиков, измеряющих параметры пучков, аппаратуру съема, обработки и вывода информации.

Работа датчика основывается на использовании вторично-эмиссионных электронов, вылетающих из тонкой алюминиевой фольги и образующих, таким образом, "изображение" пучка. Это изображение с помощью ускоряющего напряжения переносится за пределы апертуры и усиливается на микроканальных пластинах; далее оно попадает на ламельный пробник, сигнал с которого снимается многоканальным высокочувствительным преобразователем. Последний имеет встроенные АЦП и ЗУ, позволяющие ввести информацию через специальный интерфейс в крейт КАМАК.

Система обработки и вывода информации состоит из программируемого контроллера и цветного графического дисплея. Управляющая ЭВМ установки используется только для первоначальной загрузки рабочей программы в контроллер, после чего вся система работает автономно.

Обработанная информация представляется на графическом дисплее в виде распределения плотности пучка и его траектории. Предусмотрена возможность документирования этой информации.

#### СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА И ПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПУЧКА ЭЛЕКТРОНОВ СИНХРОТРОНА "ПАХРА"

В.И.Казанцев, В.М.Рыбин, А.П.Цыпляков

Московский инженерно-физический институт

К.А.Беловинцев, В.С.Шлыков

Физический институт АН СССР им.П.Н.Лебедева, Москва

В докладе рассматривается разработанная система измерения параметров электронного пучка синхротрона "Пахра" (после инжектора, на входе синхротрона и в двух точках на кольце синхротрона). В системе используются маг-

нитоиндукционные преобразователи тока и положения центра тяжести пучка. Регистрация измерительной информации осуществляется осциллографической аппаратурой, предусматривается связь с информационно-измерительной системой на базе ЭВМ типа СМ. Для подавления помехонесущих сигналов в системе применяется компенсация по дополнительному каналу. Погрешность измерения амплитуды тока импульсов тока пучка при длительности импульсов 4 мкс и 100 мкс не более 5%, при длительности импульсов 12 мс — не более 10%. Координаты центра тяжести пучка измеряются с погрешностью не более 1 мм. Система позволяет проводить наблюдение формы импульсов во всех точках измерения. Обсуждаются результаты исследования работы системы.

#### ДИАГНОСТИКА ПУЧКА В ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКОМ КАНАЛЕ

А.С.Калинин, Е.Б.Левичев, М.М.Саморуков

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Описана система, измеряющая пиковый ток одиночного пучка заряженных частиц, смещение его центра тяжести от равновесной траектории и квадрупольный момент поперечного сечения. Определение параметров пучка производится в ЭВМ. Точность измерений смещения  $\pm 1$  мм в диапазоне токов  $(0,01 \pm 1) \text{ А}$  при длительностях пучка  $\geq 50$  нс.

В системе использованы магнитоиндукционные датчики, состоящие из восьми катушек, сигналы которых передаются по кабелям в 8-канальные электронные блоки для усиления и детектирования, после чего измеряются аналого-цифровым преобразователем. Система рассчитана на работу в условиях радиационного фона и электромагнитных помех. Приводятся результаты измерений параметров пучка в электронно-оптическом канале накопителя ПЛАМЯ-1.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ  
ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ И РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УНК В ИЯФ

Б.В.Левичев, В.И.Нифонтов

Институт ядерной физики СО АН СССР, Новосибирск

Рассматриваются основные пути развития и модернизации системы управления, состоящие в широком применении мини-ЭВМ на всех уровнях структуры системы управления, использовании интеллектуальных системных модулей на базе микро-процессоров, дальнейшем развитии аппаратуры управления и регистрации в стандарте КАМАК, в разработке системного программного обеспечения, учитывающего меняющиеся задачи физического эксперимента и направление развития аппаратуры.

На примере системы управления ускорительно-накопительным комплексом ВЭПП-4 показываются основные свойства системы, позволяющие сделать её эффективной, надёжной, простой в освоении и удобной в эксплуатации.

Описываются новые системы управления и регистрации на экспериментальных установках на базе ЭВМ серии СМ и "Электроника", создаваемые для этой цели аппаратура и программное обеспечение.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМ  
ПИТАНИЕМ КИЕВСКОГО 240-САНТИМЕТРОВОГО ИЗОХРОННОГО  
ЦИКЛОТРОНА

А.Ф.Линев, В.И.Сахно

Институт ядерных исследований АН УССР, Киев

Автоматизированная система управления (АСУ) 240-сантиметрового изохронного циклотрона построена по смешанной (человек-ЭВМ) схеме. На первом этапе автоматизируется управление 72 стабилизированными источниками питания обмоток электромагнита циклотрона и элементов тракта транспортировки. АСУ реализована по гибридной, аналого-цифровой структуре, рассчитанной на широкое использование микро-ЭВМ "Электроника-60М". В 3-уровневой иерархической структуре самый нижний уровень предусматривает только аналоговое управление. Упрощённые алгоритмы микро-ЭВМ позволяют возложить на неё дополнительные функции поиска неисправностей по 3000 критических параметров при выполнении требований управления в реальном масштабе времени. Гибридная структура обеспечивает точность управления источниками питания 0,01-0,005%, заданную физическими требованиями орбитального движения частиц в циклотроне. Информационная и управляющие подсистемы АСУ оснащены соответствующими входными и выходными устройствами, допускающими совместимость ручного и автоматического управления.

Возможно применение системы на ускорителях других типов.