ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

На правах рукописи

Селезнёв Владимир Сергеевич

УНИФИЦИРОВАННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ

КАНАЛОВ И УСКОРИТЕЛЕЙ

Диссертации

113 С01 с1^аннс ун^н)й\_стененц\_^дш^0.рд\_фц^щ)\_д|.]

Президиум ВАК России

(решение от" г., № Vfijft^

присудил ученую степень ДОКТОРА

 ~~ АШИД. неук

Начальник ушэавлония ВАК России

‘шй

Протвино 2004

Оглавление.

ВВЕДЕНИЕ 4

Глава 1. ДЕТЕКТОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ

КВАЗИПОСТОЯННЫХ ПУЧКОВ 11

\* 1.1. Отпаянная камера вторичной эмиссии 11

1.1.1. Конструкция Отпаянной Камеры Вторичной Эмиссии (ОКВЭ) 14

1.1.2. Система электродов ОКВЭ 15

1.1.3. Изучение характеристик ОКВЭ 17

1.2. Отпаянная аргоновая ионизационная камера 18

1.3. Абсолютные калибровки и опыт эксплуатации 19

1.3.1.Экспериментальная установка "Стенд Испытаний Мишеней" 23

1.4. Выводы 25

Глава 2. ДЕТЕКТОРЫ ДЛЯ МОНИТОРИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ ИНТЕН¬СИВНЫХ ПУЧКОВ 27

2.1. Ионизационная камера с 2я-геометрией 28

2.1.1. Изучение характеристик фонового излучения в каналах протон-ного пучка с энергией 70 ГэВ 32

2.1.2. Временное разрешение и динамический диапазон воздушной ИК..38

2.2. Радиационно-стойкий монитор потерь для экспериментального

комплекса Московской Мезонной Фабрики 40

2.3. Выводы 47

Глава 3. ПЛЁНОЧНЫЕ ПРОФИЛОМЕТРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ

ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПУЧКОВ 48

9 3.1. Общие требования к профилометрам 48

3.2. Многоканальные плёночные камеры вторичной эмиссии 50

3.2.1. Другие типы многоканальных камер вторичной эмиссии 53

3.3. Многоканальные ионизационные камеры 56

3.3.1. Временное разрешение воздушной ионизационной камеры 58

3.4. Многоканальные пропорциональные камеры 59

3.5. Плёночные люминесцентные экраны 62

3.5.1. Кинетика люминесценции при импульсном возбуждении люми-нофора К-67 64

3.6. Выводы 67 \*

4.1.3. Вопросы построения систем мониторирования потерь пучка 75

4.1.3.1. Математическая модель схемы измерений 77

4.1.3.2. Экспериментальная проверка модели и полученные резуль¬таты 79

4.2. Диагностика пучка в канале инжекции УНК 83

4.2.1. Оптический профилометр канала инжекции УНК 89

4.3. Современная система диагностики пучка каналов 95

4.3.1. Оптические профилометры на основе промышленных изделий... 100

4.4. Выводы 103

Глава 5. ДЕТЕКТОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТ-РОВ ПУЧКОВ УСКОРИТЕЛЕЙ НА СВЕРХВЫСОКИЕ ЭНЕРГИИ. 104

5.1. Полосковые детекторы для протонных и антипротонных пуч¬ков ускорителей ФНАЛ 104

5.1.1. Полосковый монитор 105

5.1.2. Конструктивные особенности и выбор используемых материа¬лов 108

5.1.3. Коррекция отдельных элементов конструкции монитора по из -

мерениям 11 1

5.1.4. Измерения характеристик монитора на проволочном стенде и

пучке 114

5.2. Монитор потерь пучка для сверхпроводящих ускорителей 118

5.2.1. Постановка задачи 118

5.2.2. Радиационный монитор для СП ускорителей 122

5.3. Мониторы синхротронного излучения для ускорителей ДЕЗИ....126

5.3.1. Постановка задачи по регистрации геометрических характе¬ристик синхротронного излучения 127

5.3.2. Мониторы синхротронного излучения для регистрации гео-метрических параметров 129

5.3.3. Монитор синхротронного излучения для накопителя ДОРИС 130

5.3.4. Конструкция и тепловые расчёты МСИ е+е' пучков ДЕЗИ 131

5.3.5. Монитор синхротронного излучения для коллайдера ГЕРА 140

5.4. Выводы 144

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 145

ЛИТЕРАТУРА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Главным итогом диссертационной работы является обеспечение программы экспериментальных исследований ИФВЭ по физике частиц высоких энергий, а также разработку ряда приборов диагностики пучка для других физических центров. Основные научные и практические результаты, вошедшие в диссертацию, могут быть кратко сформулированы следующим образом:

1. Сформулированы наиболее важные требования к детекторам диагностики пучков заряженных частиц высоких энергий. Созданы унифицированные и надёжные приборы для основных систем диагностики выведенных пучков. В частности:

• отпаянные камеры для измерения квазипостоянных пучков в широком диапазоне интенсивности. Главными достоинствами таких интенсиметров является их компактность, стабильность характеристик и удобства абсолютных калибровок;

• тонкоплёночные многоканальные профилометры и универсальные, в вакуумном исполнении, приборы, работающие на трёх различных физических принципах: вторичной эмиссии; ионизации газов и газовом усилении. Это позволило профилометрам работать при любой интенсивности пучков с унифицированной в ИФВЭ головной электроникой;

Полная проработка технической и технологической документации на эти детекторы позволила организовать их мелкосерийное изготовление в Опытном производстве Института.

2. Предложена формализованная схема мониторирования потерь интенсивных пучков высоких энергий. Изобретён радиационный монитор с квази 2тс-геометрией, предназначенный для реализации этой схемы. Разработана линейная модель "герметичной" системы мониторирования потерь интенсивного пучка. Проведена практическая апробация модели на наиболее интенсивном канале выведенных пучков ускорителя У-70.

3. Разработан ряд детекторов для работы в тяжёлых температурных и радиационных условиях в ИФВЭ и Экспериментальном Комплексе Московской Мезонной Фабрики ИЯИ РАН (г. Троицк).

4. Созданы (совместно с сотрудниками НПО "Пластмассы") "тонкие", на полиимидной основе, сцинтиллирующие плёнки. Оптические профилометры для задач диагностики пучка внедрены в ИФВЭ и ИЯИ.

5. Реализованы системы диагностики выведенных пучков ИФВЭ и, в том числе, канала инжекции в УНК, а также экспериментального комплекса ММФ.

6. Предложен сверхчувствительный радиационный монитор потерь для сверхпроводящих ускорителей, позволяющий избежать квенчей, обусловленных потерями пучка. Значительное увеличение чувствительности, по сравнению с газовой ионизационной камерой, достигается за счёт размещения монитора в максимуме адронного ливня и использовании жидкого гелия в качестве рабочего вещества детектора.

7. Разработаны прецизионные полосковые пикап-электроды для диагностики циркулирующих во встречных направлениях протонных и антипротонных пучков "Главного инжектора" и "Рециркулятора" ФНАЛ (США).

8. Созданы прецизионные мониторы синхротронного излучения накопителя ДОРИС и коллайдера ГЕРА для ДЕЗИ (Германия).

В заключение автор выражает искреннюю признательность и глубокую благодарность профессору А.Ф. Дунайцеву и профессору В.И. Котову за их постоянную помощь и поддержку на всех этапах выполнения этой работы.

Я признателен дирекции ИФВЭ за предоставленную возможность

заниматься интересной и ответственной работой. Благодарю сотрудников подразделений ОЭА, ОП, ОЭФ, ОНФ, ОУНК, ОУУ-70, ОЭП и др., с кем приходилось взаимодействовать в процессе проведения работы.

Особая благодарность моим коллегам и соавторам: В.Н. Алфёрову, В.Н. Асанову, А.Г. Афонину, Р.А. Барабанову, Г.И. Бритвичу, А.П. Бугорскому, Ю.Б. Бушнину, МЛО. Вражнову, Н.А. Галяеву, В.И. Гаркуше, В.В. Гоцеву,

B. Н. Гресю, К.И. Губриенко, Ю.П. Давыденко, Г.А. Данцевичу, С.П.

Денисову, В.Н. Запольскому, В.Г. Заручейскому, Н.С. Ивановой, В.Н. Ковальцову, В.В. Комарову, А.В. Кошелеву, Г.И. Крупному, И.И.

Крупченкову, И.В. Курочкину, Л.Г. Ландсбергу, С.Н. Лапицкому, В.Н.

Лебедеву, А.П. Леонову, Б.И. Лесникову, Е.Н. Ломакину, А.Ф. Лукъянцеву,

C. В. Маконину, Н.К. Марчихину, А.А. Матюшину, Э.А. Меркеру, В.П. Милюткину, Н.В. Мохову, К.П. Мызникову, Б.А. Никитенко, В.Н. Пелешко, С.В. Петренко, Я.Н. Расцветалову, Р.А. Рзаеву, И.И. Романову, В.А. Сенько, М.А. Слепцову, М.М. Солдатову, В.Е. Соловьёву, Ф.М. Солодовнику, А.Н. Сытину, В.И. Терехову, А.В. Харламову, Ю.С. Ходыреву, Ю.А. Чеснокову.

Я также благодарен за неоценимую помощь коллегам из других центров: А.С. Денисову, А.И. Смирнову, В.М. Суворову (ПИЯФ, г. Гатчина);

С.В. Акулиничеву, В.К. Горбунову, М.И. Грачёву, П.Н. Рейнгард-Никулину,

A. В. Фещенко (ИЯИ РАН г. Троицк);

B. И. Белякову-Бодину, А.М. Зинину, В.Т. Смолянкину (ИТЭФ г. Москва);

Jim Crisp, (FNAL, USA), R. Johnson (SSC, USA), R Shafer (LNL, USA);

O. Kaul, H. Schultz, K. Wittenburg (DESY, Germany).