

Б-913

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-89-656

БУРИЕВ

Назиржон Ташпулатович

УДК 537.591

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ
НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ СОЗДАНИЯ
УСТАНОВКИ "СЛОН"
И МЕТОДИКА ОБЛУЧЕНИЯ ЯДЕРНЫХ
ФОТОЗМУЛЬСИЙ В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ЛВЭ ОИЯИ**

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1989

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук,
профессор

Константин Дмитриевич
ТОЛСТОВ

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Александр Дмитриевич
КОВАЛЕНКО

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Марианна Ивановна
ТРЕТЬЯКОВА

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Виталий Анатольевич
СМИРНОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва.

Автореферат разослан "25" сентября 1989 г.

Защита диссертации состоится "26" октября 1989 г.
на заседании Специализированного совета Д-047.01.02 при Лаборатории
высоких энергий Объединённого института ядерных исследований,
г. Дубна, Московской области, Лаборатория высоких энергий ОИЯИ,
конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Учёный секретарь Удмалер, М. Ф. ЛИХАЧЁВ
Специализированного совета

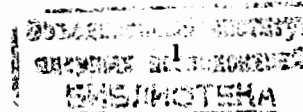
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Ускорение на синхротроне ОИЯИ в Дубне ионов до энергий, соответствующих нескольким ГэВ на нуклон, позволило начать планомерное изучение в лабораторных условиях столкновений релятивистских ядер и возникающих при этом явлений и закономерностей, характеризующих состояние высоко возбуждённой ядерной материи. Исследование свойств ядерной материи и частиц, рождаемых в подобных экстремальных условиях, представляет значительный научный интерес, связанный прежде всего с поиском эффектов многонуклонных взаимодействий, коллективных свойств ядерной материи, проявлением кварковых степеней свободы. Экспериментальное обнаружение подобного рода эффектов невозможно без понимания механизма взаимодействия, без детального изучения характеристик процессов фрагментации и множественного рождения частиц в ядро-ядерных соударениях.

С увеличением энергии ускоренных ядер до $3 + 4$ ГэВ/нуклон протон-нейтронная модель ядра не в состоянии описать все особенности их взаимодействия и требуется учитывать кварк-глюонные степени свободы. Поэтому информация о ядерных процессах в этой области энергий весьма актуальна для решения проблем современной теории сильных взаимодействий - квантовой хромодинамики.

Вопрос о проявлении различных коллективных механизмов ядерных взаимодействий при высоких энергиях относится к наиболее интересным проблемам релятивистской ядерной физики. Для их решения, очевидно, необходимо получить значительный объём экспериментальной информации о самых разнообразных характеристиках таких соударений, особенно в мало исследованных процессах множественного рождения частиц во взаимодействиях релятивистских тяжёлых ионов с достаточно большими значениями массового числа ядра-снаряда.

Высокое пространственное разрешение, которым обладают ядерные фотозуммлеры, и регистрации частиц в 4-геометрии, позволяют исследовать указанные проблемы, однако необходимо проводить измерение импульсов вторичных частиц с более высокой точностью, надёжно их идентифицировать по зарядам и массам в широком интервале энергий. Эта задача



в фотоэмульсионной методике может быть решена только с применением сильных магнитных полей и является актуальной и перспективной.

Цель работы – исследование вопросов методики облучения ядерных фотоэмульсий в сильных магнитных полях, разработка, создание и исследование отдельных систем новой экспериментальной установки (установка СЛОН) для облучения ядерных фотоэмульсий в магнитном поле с индукцией более 20 Т в рабочем объёме $\sim 30 \text{ см}^3$ на пучках релятивистских частиц и ядер синхрофазотрона ОИЯИ, получение первых экспериментальных методических результатов облучения фотоэмульсий на установке СЛОН.

Научная новизна работы. Впервые проведено облучение ядерных фотоэмульсий в сильном магнитном поле на пучках синхрофазотрона ОИЯИ. На основе анализа экспериментального материала показано, что в рабочем объёме соленоида $\sim 30 \text{ см}^3$ установки СЛОН в первом сеансе формировалось магнитное поле с индукцией $\sim 29 \text{ Т}$. Результаты обработки стопки фотоэмульсий с размерами $1,5 \times 1 \times 10 \text{ см}^3$, облучённой на установке СЛОН пучком протонов с импульсом 6 ГэВ/с, показали соответствие достигнутых параметров установки расчётным.

Разработаны, созданы в стандарте КАМАК и внедрены в составе установки СЛОН:

- блок управления и синхронизации;
- программатор зарядного устройства;
- формирователь уровней стабилизации зарядного напряжения накопителя энергии.

Разработана оригинальная система контроля параметров пучка заряженных частиц с использованием телекамеры на основе матричного прибора с зарядовой связью (ПЗС) и мозаичной сцинтилляционной мишени.

Практическая ценность работы состоит в получении возможности облучения стопок ядерных фотоэмульсий размерами $2,5 \times 2 \times 5 \text{ см}^3$ в магнитном поле с индукцией около 30 Т, и тем самым в качественном улучшении фотоэмульсионной методики.

Разработан и создан ряд блоков электроники, которые могут быть использованы в схемах управления высоковольтными выпрямителями, схемах стабилизации напряжений и других устройствах.

Установка с сильным магнитным полем в рабочем объёме $\sim 30 \text{ см}^3$ может быть использована для постановки и проведения других экспериментов, где требуется исследовать влияние сильного магнитного поля на различные объекты или процессы.

Автор защищает

1. Экспериментальные результаты первого методического сеанса по облучению ядерных фотоэмульсий в магнитном поле установки СЛОН пучками релятивистских протонов с импульсом 6 ГэВ/с.
2. Реализацию в установке СЛОН необходимых условий для фотоэмульсионных исследований с применением сильных магнитных полей.
3. Разработку, создание и внедрение в установке СЛОН блока синхронизации, обеспечивающего требуемую логическую последовательность работы отдельных узлов и систем установки синхронно с циклом работы ускорителя как в разовом, так и в периодическом режимах.
4. Разработку системы стабилизации зарядного напряжения ёмкостного накопителя энергии установки и создание её основных элементов:
 - программатора зарядного устройства;
 - формирователя уровней стабилизации зарядного напряжения.
5. Разработку структурной схемы системы контроля параметров пучка заряженных частиц и ядер на канале облучения установки и создание её отдельных элементов:
 - передающей телекамеры на основе матричного ПЗС;
 - конструкции узла юстировки оптической оси микрообъектива со светочувствительной областью кристалла ПЗС;
 - конструкции мозаичной сцинтилляционной мишени.

Апробация работы

Результаты, положенные в основу диссертации, докладывались на научных семинарах ЛВЭ ОИЯИ и Таджикского госуниверситета им. В.И. Ленина, на совещаниях международного сотрудничества по исследованиям с помощью ядерных фотоэмульсий (ФЭК ОИЯИ), представлялись на Республиканской научно-практической конференции молодых учёных и специалистов (Душанбе, 1989), на пятой Международной конференции по генерации мегатеслаусных магнитных полей и родственными экспериментам (Новосибирск, 1989).

Публикации

В диссертации обобщены результаты некоторых работ, выполненных автором в 1984 – 1989 гг. в ЛВЭ ОИЯИ. Основные результаты опубликованы в работах /1 – 8/.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав и заключения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечена актуальность проблемы, новизна и практическая ценность, определены основные положения, вынесенные на защиту, дана структура диссертационной работы и её краткое содержание по главам.

Первая глава посвящена исследованию вопросов методики применения импульсных магнитных полей для ядерных фотоэмульсий. Рассмотрены возможности метода фотоэмульсионных исследований и проведено сопоставление его с другими методами исследования взаимодействий релятивистских частиц и ядер. Дан краткий обзор физических результатов, полученных методом фотоэмульсий в течение нескольких последних лет группами ОИЯИ и других научных центров как у нас в стране, так и зарубежом.

Рассмотрены основные особенности генерации сильных магнитных полей и примеры их применения в физических экспериментах. Особо выделены работы с попытками использования магнитных полей совместно с фотоэмульсионной методикой, в частности проанализированы работа и решение методических вопросов в установке "МАМОНТ", созданной специалистами ЦЕРНа в 1970 году, которая в дальнейшем была передана ОИЯИ и смонтирована на ускорителе ИФВЭ (Протвино). Установка создавала магнитное поле до 18 Т в рабочем объёме $\sim 30 \text{ см}^3$, что хотя и оказалось недостаточным для реализации всех преимуществ данной методики, однако дало ряд существенных данных при исследовании взаимодействий μ^- -мезонов с ядрами фотоэмульсии при энергии 60 ГэВ.

Представлены результаты расчётов точности измерения импульсов вторичных заряженных s^- , q^- и b^- -частиц по магнитной кривизне их траекторий в магнитных полях при различных напряжённостях и возможности идентификации фрагментов взаимодействующих ядер. Приведено физическое и методическое обоснования постановки эксперимента по облучению фотоэмульсий в сильных магнитных полях на синхрофазотроне ОИЯИ.

Вторая глава посвящена вопросам создания и исследования отдельных систем и элементов установки СЛОН. Сформулированы основные условия проведения эксперимента по облучению ядерных фотоэмульсий в сильном импульсном магнитном поле, в частности, определён диапазон оптимальных магнитных полей. Показано, что принципиально качественного повышения точности измерения импульсов вторичных частиц (до $3 + 5 \%$) на длине трека $1 + 2 \text{ см}$ можно добиться при использовании магнитных полей с индукцией $60 + 70 \text{ Т}$. Это хорошо иллюстрирует график, изображённый на рис.1. Получение магнитных полей с такой индукцией, является реальной задачей. Дальнейшее повышение точности измерения импульсов частиц за счёт повышения амплитуды поля неэффективно. Соленоид, в котором создаётся магнитное поле с индукцией более $70 + 75 \text{ Т}$, работает за пределами текучести металлов и разрушается в одном цикле срабатывания, а достигаемое повышение точности измерения не принципиально.

Произведена оценка требуемых $\Delta p/p$ параметров магнитного поля с точки зрения дальнейшей обработки и анализа событий взаимодействия в фотоэмульсионных пластинках. Сформулированы основные условия облучения, с учётом которых разработана общая функциональная схема установки СЛОН. Схема представлена на рисунке 2.

Описана разработанная система синхронизации установки, обеспечивающая требуемую логическую последовательность работы узлов и систем и их временную синхронизацию с циклом работы ускорителя. Функциональная схема созданного блока управления и синхронизации представлена на рис.3. Блок снабжён тройной последовательной блокировкой по входу сигнала запуска и имеет три независимых канала с регулируемыми задержками в диапазоне от 0 до 500 мкс с шагом 50 нс, и обеспечивает работу установки как в разовом, так и в периодическом режимах.

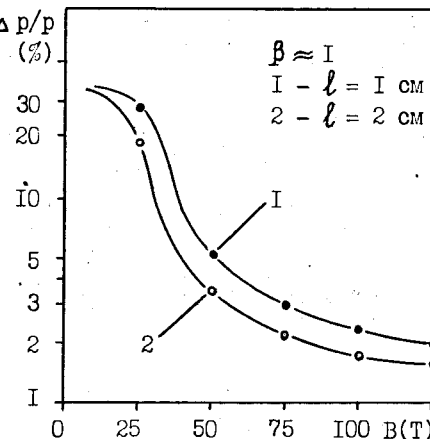


Рис.1 График зависимости точности измерения импульсов вторичных частиц от амплитуды магнитного поля.

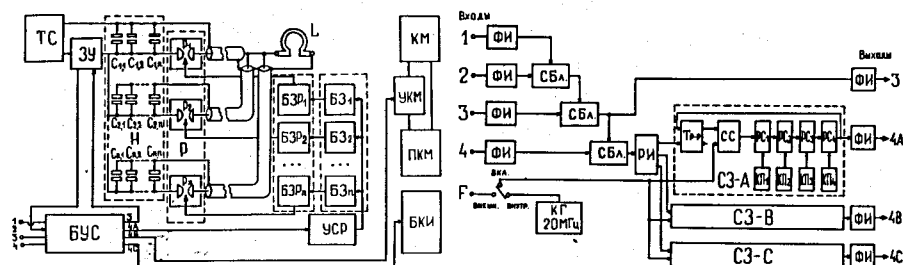


Рис.2 Общая функциональная схема установки СЛОН.

Рис.3 Функциональная схема блока управления и синхронизации установки СЛОН.

Обоснована необходимость повышения стабилизации зарядного напряжения накопителя энергии исходя из требуемой точности воспроизведения амплитуды магнитного поля от цикла к циклу в периодическом режиме ра-

боты установки, и разработан оригинальный метод стабилизации с использованием в зарядной цепи накопителя энергии двух выпрямителей

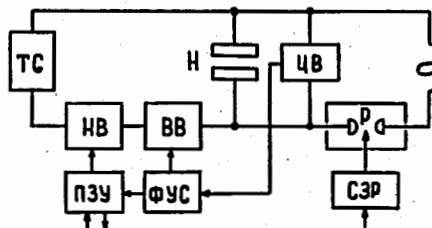


Рис.4 Схема цепи заряда и разряда накопителя энергии.

(рис.4) – сильноточного ($i_{зар.} \leq 5$ А) и слаботочного ($i_{зар.} \leq 50$ мА), управление которыми осуществляют разработанные и созданные в стандарте КАМАК блоки – программатор зарядного устройства и формирователь уровней стабилизации. Система стабилизации обеспечивает быстрый ($t_{зар.} \approx 30$ с) заряд накопителя энергии до требуемого напряжения во всём диапазоне до 5 кВ и поддерживает его стабильным с точностью $\pm 0,5$ В в течение всего подготовительного времени вплоть до начала формирования магнитного поля.

Третья глава включает вопросы разработки и исследования систем контроля параметров пучка релятивистских ядер и его пространственного положения по отношению к слоям фотоэмульсии в стопке. Сформулированы основные требования к пучку в канале облучения установки и к системам контроля его параметров. Дан обзор методов контроля параметров пучков заряженных частиц, отмечены возможности и недостатки каждого применительно к конкретным условиям. На основе этого анализа обоснован выбор системы с оптическим съёмом информации и сцинтилляционной мишенью в качестве первичного преобразователя.

Для преобразования оптической информации в удобный для восприятия вид используется телевизионный метод регистрации. Применение промышленных телевизионных установок на видеоканалах и суперорбитоканалах невозможно из-за их подверженности помехам от внешних электрических и магнитных полей.

Впервые для целей контроля параметров пучков заряженных частиц и ядер на синхрофазотроне предложена система, основанная на использовании матричного ПЭС. Рассмотрены принцип работы, особенности и основные области и примеры конкретного применения ПЭС. Описана структурная схема системы контроля параметров пучка.

Разработана принципиальная схема и создан рабочий макет цифровой передающей телекамеры на основе ПЭС, в которой реализован оптимальный режим работы ПЭС в условиях минимальной освещённости. Пороговая чувствительность камеры $\sim 1,14$ Лжс, коэффициент преобразования "предмет-изображение" ~ 6 , динамический диапазон ~ 10 .

Обоснован выбор материала сцинтиллятора для изготовления мишени и предложена конструкция мозаичной сцинтилляционной мишени, в которой сведены до минимума распространение света в плоскости, перпендикулярной оси пучка. Даны оценки пороговых интенсивностей пучков для различных ядер (рис.5), начиная с которых система способна контролировать их параметры.

В четвёртой главе представлены экспериментальные результаты первого методического сеанса по облучению ядерных фотоэмульсий в магнитном поле установки СЛОН на синхрофазотроне ОИЯИ. Приведены рабочие параметры модуля установки СЛОН и магнитного поля, достигнутые при комплексной наладке и методическом сеансе.

Приведены результаты просмотра и анализа фотоэмульсионных пластин, облучённых пучками релятивистских протонов с импульсом 6 ГэВ/с, которые подтверждают наличие в рабочем объёме установки СЛОН при проведении первого методического сеанса, магнитного поля напряжённостью ~ 29 Т.

Полученные результаты хорошо согласуются с расчётными и экспериментальными оценками величины поля. Измерение разрядного тока производилось с помощью пояса Роговского, охватывавшего область разряда, а измерение поля с помощью специально изготовленного магнитометра. Осциллограммы этих двух сигналов представлены на рис.6.

Из анализа полученных экспериментальных результатов сделаны выводы, что установка СЛОН в настоящее время создаёт импульсное магнитное поле в рабочем объёме размерами $2,5 \times 2 \times 5$ см³ с индукцией ~ 30 Т при амплитуде зарядного напряжения батареи $\sim 1,2$ кВ и

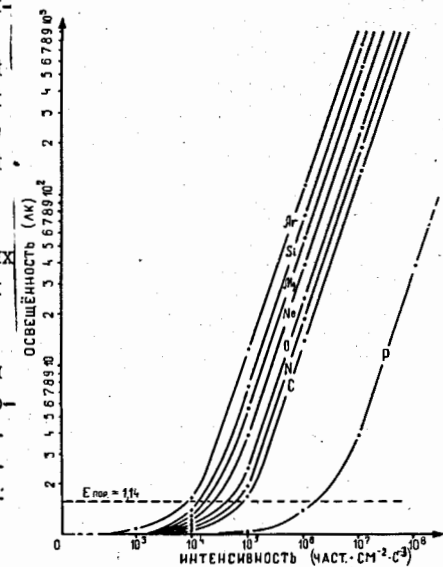


Рис.5 Пороговые интенсивности пучков для различных ядер.

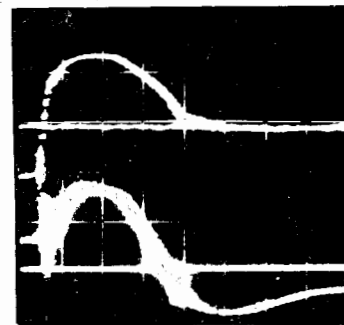


Рис.6 Осциллограммы с пояса Роговского и магнитного датчика.

способна работать синхронно с циклом работы синхрофазотрона. Это позволяет начать физические эксперименты по облучению ядерных фотоэмульсий пучками релятивистских частиц и ядер в сильном магнитном поле, параметры которого уже на данный момент превышают достигнутые в ранее проводившихся экспериментах. Работы по дальнейшему наращиванию амплитуды магнитного поля продолжаются.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

1. Проведён первый методический сеанс по облучению стопки фотоэмульсионных пластин размерами $1,5 \times 1 \times 10 \text{ см}^3$ в сильном импульсном магнитном поле новой экспериментальной установки на синхрофазотроне ОИЯИ, пучками релятивистских протонов с импульсом 6 ГэВ/с .
2. Осуществлён просмотр облучённых фотоэмульсионных пластин и экспериментально показано наличие в рабочем объёме соленоида $\sim 30 \text{ см}^3$ магнитного поля с индукцией $B \approx 29 \text{ Т}$.
3. Разработана оригинальная схема синхронизации установки СЛОН, обеспечивающая требуемую логическую последовательность работы отдельных узлов и систем: заряд накопителя энергии, синхронизацию с циклом работы ускорителя, запирающие зарядного устройства, формирование магнитного поля, дозировку и сброс пучка, измерение магнитного поля и параметров пучка за один цикл работы установки.
4. Создан и введён в работу блок синхронизации всех узлов установки, выполненный в стандарте КАМАК, имеющий тройную последовательную блокировку канала запуска системы формирования сильного магнитного поля, обеспечивающий работу установки как в разовом, так и в периодическом режимах и осуществляющий синхронизацию по трём независимым каналам в диапазоне от 0 до 500 мкс с шагом 50 нс.
5. Предложена оригинальная методика стабилизации зарядного напряжения накопителя энергии установки СЛОН, основанная на использовании в зарядной цепи двух выпрямителей – сильноточного ($i_{\text{зар.}} \approx 5 \text{ А}$) и слаботочного ($i_{\text{зар.}} \approx 50 \text{ мА}$).
6. Разработаны и выполнены в стандарте КАМАК:
 - программатор зарядного устройства;
 - формирователь уровней стабилизации,обеспечивающие условия стабилизации зарядного напряжения накопителя энергии во всём диапазоне до 5 кВ с точностью $\pm 0,5 \text{ В}$.
7. Разработана структурная схема системы контроля параметров пучка релятивистских ядер на канале облучения фотоэмульсий, позволяющая определять положение пучка, его соосность по отношению к слоям фотоэмульсионных пластин в стопке, распределение плотности частиц и размер поперечного сечения пучка.

8. Разработан и испытан макет телекамеры на основе матричного ПЗС и конструкция узла вставки оптической оси микрообъектива со светочувствительной областью матрицы. Пороговая чувствительность камеры $\sim 1,14 \text{ Люкс}$, динамический диапазон ~ 10 .
9. Рассчитана, сконструирована и изготовлена мозаичная сцинтилляционная мишень для диагностики параметров пучков релятивистских частиц и ядер, в которой сведено к минимуму распространение света в плоскости, перпендикулярной траектории пучка.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Н.Т.Буриев, М.А.Воеводин, В.И.Каплин и др. ОИЯИ, Р13-86-492, Дубна, 1986.
2. Н.Т.Буриев, М.А.Воеводин, А.Д.Коваленко и др. ОИЯИ, Р13-87-396, Дубна, 1987.
3. Н.Т.Буриев, А.Д.Коваленко. Доклады АН ТаджССР, 1989, 3, 168-171.
4. Н.Т.Буриев, В.И.Каплин, А.Д.Коваленко и др. ОИЯИ, Р13-89-209, Дубна, 1989.
5. Н.Т.Буриев, В.И.Каплин, А.Д.Коваленко. ОИЯИ, Р13-89-459, Дубна, 1989.
6. Н.Т.Буриев. Тезисы докладов респ. научно-практической конф. молодых учёных и специалистов, Душанбе, 1989, 27-29.
7. Н.Т.Буриев. Тезисы докладов респ. научно-практической конф. молодых учёных и специалистов, Душанбе, 1989, 30-33.
8. С.А.Аверичев, Б.П.Банник, ..., Н.Т.Буриев и др. Труды пятой межд. конф. по генерации мегатесла магнитных полей и родственными экспериментам, Новосибирск, 1989. ОИЯИ, Р1-89-649, Дубна, 1989.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 сентября 1989 года.