

A-866

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.1.074 +

539.128.417

1-89-530

АРТЫКОВ

Акрам Музафарович

СОЗДАНИЕ СИСТЕМ ИСКРОВЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ КАМЕР

И ШИРОКОЗАБОРНЫХ ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР

И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$,

$\Sigma^+(1385)$, $K^+ + Be \rightarrow K^0$, $K^{*0}(892) + X$ ПРИ 12 ГэВ

**Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц**

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

Дубна 1989

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук

КУТЫН
Вячеслав Михайлович

кандидат физико-математических наук

СИТАР Бронислав

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор

ЕРМОЛОВ
Иван Федорович

кандидат физико-математических наук

ВИШНЯКОВ
Владимир Васильевич

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт теоретической и экспериментальной физики, г. Москва.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1989 г.

в _____ часов на заседании специализированного совета Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1989 г.

Ученый секретарь специализированного совета
доктор физико-математических наук

Ю.А. БАТУСОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работ. Получение экспериментальных данных о дифференциальных сечениях для процессов $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+; \Sigma^+ (1385)$ и их сопоставление с существующими модельными представлениями, развитыми на основе реджевской феноменологии, способствует дальнейшему развитию представлений о природе странных частиц.

Не менее важным является получение экспериментальных данных о длинах формирования адронов по их относительным выходам в инклюзивных реакциях перезарядки $K^+ + A \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$ на различных ядерных мишенях, т.к. это позволяет провести сравнение с предсказаниями различных моделей, развитых в рамках квантовой хромодинамики.

Выполнение вышеуказанных исследований стало возможным после создания и введения в состав спектрометрического комплекса ГИПЕРОН системы искровых проволочных камер (ИПК), обеспечивших высокую точность измерения кинематических параметров частиц.

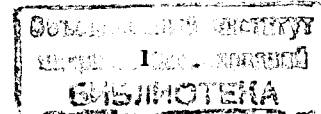
Актуальным является также разработка и создание экономичных детекторов - безэлектродных широкоазорных дрейфовых камер (БДК), обеспечивающих эффективную регистрацию заряженных частиц и γ -квантов и прецизионное измерение их кинематических параметров в событиях с большой множественностью.

Цель работ

1. Создание системы ИПК и исследование характеристик этих детекторов с целью обеспечения стабильной работы камер с высокой эффективностью и пространственным разрешением, позволившее:

- а) по недостающей массе к K^+ -мезону выделить гиперзарядово-обменный процесс $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+; \Sigma^+ (1385)$ и получить новые точные данные о дифференциальных сечениях образования Σ^- - и $\Sigma^+(1385)$ -гиперонов в интервале переданных импульсов $|t_{\text{мин}}| < |t| < 0,8$ (ГэВ/с)² при 12 ГэВ;
- б) выделить методом эффективных масс и набрать для дальнейшей обработки значительную статистику образования K^0 - и $K^{*0}(892)$ -мезонов в инклюзивной реакции перезарядки $K^+ + Be \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$ при 11,6 ГэВ.

2. Разработка, исследование и применение широкоазорных дрейфовых камер безэлектродного типа для регистрации заряженных частиц и электромагнитных ливней.



Научная новизна

- измеренное дифференциальное сечение процесса $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$ при $|t'| < 0,1$ (ГэВ/с)² является одним из двух самых точных в области энергий 10 + 15 ГэВ;
- обеспечено высокое разрешение $\delta_{K^+} = 2,6$ МэВ установки в режиме идентификации методом эффективных масс, выделены K^0 - и $K^{*0}(892)$ -мезоны и набран большой статистический материал (более 1 млн. триггеров);
- впервые в экспериментах на ускорителе применена безэлектродная дрейфовая камера, определен оптимальный режим работы таких камер, когда ее основные характеристики эквивалентны характеристикам аналогичной электродной камеры;
- впервые применена БДК совместно с системой активного конвертора (АК) и ливневого годоскопического детектора (ЛГД) для измерения координат оси электромагнитного ливня, при этом получено разрешение $\delta_s = 2$ мм (при $E_y = 3$ ГэВ, конвертор $3X_0$), которое является лучшим из известных на сегодняшний день.

Практическая ценность работы заключается в том, что успешное внедрение в состав экспериментальной установки ГИПЕРОН системы ИПК способствовало получению результатов исследования реакций с обменом гиперзарядом, а также выделению процессов $K^+ + Be \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$ при 11,6 ГэВ.

Исследование характеристик БДК позволило определить оптимальный режим работы для использования камер в экспериментах на пучке частиц ускорителя, а внедрение их в состав системы АК+ЛГД спектрометра ГИПЕРОН обеспечило хорошую точность в определении координат оси ливня.

Автор защищает

- результаты создания и экспериментального исследования характеристик системы ИПК, которые обеспечивают исследование гиперзарядово-обменных процессов $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+, \Sigma^+(1385)$, а также процессов перезарядки $K^+ + Be \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$;
- экспериментальные результаты:
 - а) измерение дифференциальных сечений образования Σ^+ - и $\Sigma^+(1385)$ -гиперонов в реакциях $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+, \Sigma^+(1385)$ для интервала переданных импульсов $|t'|_{\text{мин}} / |t'| < 0,8$ (ГэВ/с)² при 12 ГэВ;
 - б) выделение методом эффективных масс K^0 - и $K^{*0}(892)$ -мезонов при исследовании инклюзивных реакций перезарядки $K^+ + Be \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$ при 11,6 ГэВ;
- результаты разработки, создания и экспериментального исследования характеристик БДК;

- экспериментальные результаты измерения координат оси электромагнитного ливня, полученные с применением БДК в составе системы АК+ЛГД.

Апробация: основные результаты работы докладывались на научно-методических семинарах ЛЯП ОИЯИ, на международных совещаниях сотрудничества ГИПЕРОН, представлялись на международных конференциях по физике высоких энергий (Лейпциг, 1984 г., Беркли, 1986 г.), на международный симпозиум по координатным детекторам (Дубна, 1987 г.), опубликованы в виде журнальных статей и публикаций ОИЯИ.

Публикации. В диссертации обобщены результаты работ, выполненных автором в 1980 - 1988 гг. в ЛЯП ОИЯИ. Основные результаты работы изложены в 10 публикациях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, в котором приводятся основные выводы. Работа изложена на 120 стр., содержит 63 рисунка и 9 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении подчеркивается актуальность проблемы, сформулирована цель работы, определены основные положения, вынесенные на защиту.

В первой главе приводится общее описание универсального спектрометрического комплекса ГИПЕРОН /1/, расположенного на 18 канале ускорителя У-70 ИФВЭ.

Установка состоит из следующих крупных узлов: магнитооптический канал, пучковый спектрометр, жидководородная мишень с охранной системой, спектрометр вторичных частиц, система быстрой электроники для организации триггера и система сбора данных.

Состав несепарированного пучка зависит от импульса выведенных в канал частиц и при 12 ГэВ/с определяется так: 30% Π^+ -мезонов, 8% K^+ -мезонов, 60% протонов и 2% мюонов и позитронов.

С помощью пучкового спектрометра идентифицируются частицы, падающие на мишень, и определяется их импульс. Точность определения импульса (при $P = 12$ ГэВ/с) составляет $\Delta P/P = 0,35\%$, а точность измерения угла падения на мишень $\Delta \theta = 0,35$ мрад.

Водородная (дейтериевая) мишень расположена в середине установки и разделяет ее на два спектрометра: пучковый - до мишени и вторичных частиц - после мишени, мишень окружена сцинтилляционным годоскопом П из 32 элементов, служащих для регистрации заряженных частиц, вылетающих из мишени под большими углами.

На рис. 1 приводится конфигурация спектрометра вторичных частиц, соответствующая исследуемому гиперзарядово-обменному процессу $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+, \Sigma^+(1385)$. В его состав входят: электромагнит ИС-12, бло-

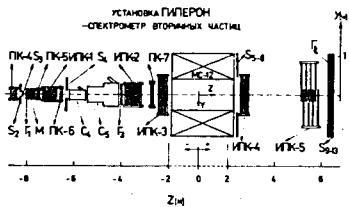


Рис. 1. Спектрометр вторичных частиц для исследования гиперзарядово-обменных процессов
 $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+, \Sigma^+(I385)$.

ки искровых проволочных камер ИПК1-ИПК5, пропорциональные камеры ПК5-ПК7, черенковские счетчики С4-С5, сцинтилляционные годоскопы П1-П3, сцинтилляционные счетчики S4-S13.

Основными координатными детекторами спектрометра вторичных частиц являются ИПК (32000 каналов) с шагом намотки сигнальных проволок 1 мм и со съемом информации на ферритовых кольцах ^{/2/}. Система ИПК и электромагнит МС-12 обеспечивают высокую точность спектрометра вторичных частиц ($\Delta P/P = 0,45\%$, $\Delta \theta = 0,3$ мрад), принципиально необходимую для выделения Σ^+ , $\Sigma^+(I385)$ -гиперонов методом недостающих масс.

Временное разрешение спектрометра обеспечивается годоскопическими сцинтилляционными детекторами Г и S. Идентификация вторичных частиц производится широкоапертурными пороговыми черенковскими счетчиками С4, С5, обеспечивающими разрешение по скорости $\Delta \beta/\beta \approx 10^{-5}$. Прием, контроль и запись информации на магнитную ленту осуществляется включенной "в линию" мини-ЭВМ ЕС-1010.

В этой же главе приводится конфигурация спектрометра вторичных частиц (рис. 2) для выделения инклюзивных процессов перезарядки $K^+ + Be \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$ методом эффективных масс. В этом случае

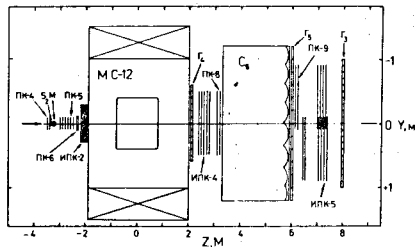


Рис. 2. Спектрометр вторичных частиц для исследования реакции перезарядки
 $K^+ + Be \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$.

система ИПК также являлась основным координатным детектором как по количеству информационных каналов

(16000), так и по точности определения координат ($\sigma_x = 0,3$ мм) вторичных частиц.

В заключении главы описывается система, состоящая из АК, ШДК и ЛГД, размерами 1x2 м² с размером ячейки 10x10x35 см³ (рис. 3а). В этой системе оригинальным является использование ШДК безэлектродного типа размерами 1x1 м² (рис. 3б), впервые примененных в экспериментах на ускорителе ^{/3/}. Конструкция камер отличается простотой, компактностью и небольшим весом.

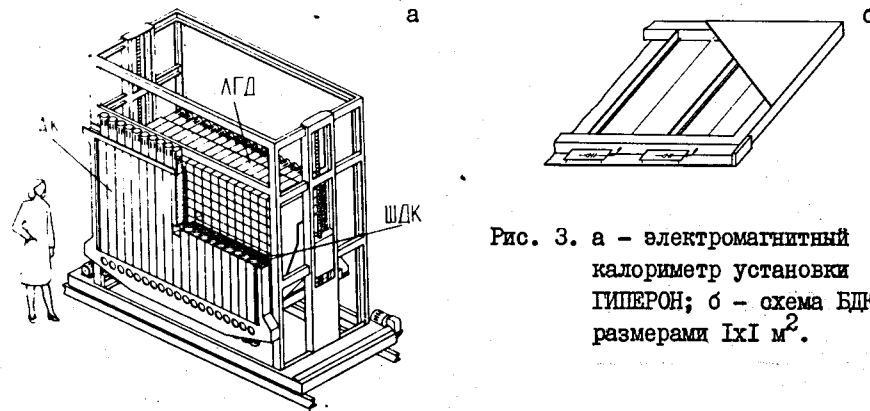


Рис. 3. а - электромагнитный калориметр установки ГИПЕРОН; б - схема БДК размерами 1x1 м².

Во второй главе описаны конструкция и основные характеристики ИПК, полученные в реальных условиях эксперимента на пучке частиц ускорителя.

Конструкция ИПК разработана в ИФВЭ и представляет собой однокоординатный модуль с шагом намотки сигнальных проволок (БФБ-2 диаметром 0,1 мм) 1 мм. На раме установлена матрица памяти на ферритовых кольцах и блок композиционных распределенных резисторов для подачи высоковольтных импульсов.

Система высоковольтного питания ИПК ^{/2/} обеспечивает импульсы с фронтом нарастания 30 нс, длительностью 170 нс, амплитуда которых регулируется в пределах 4 + 7 кВ. При этом амплитуда выходных импульсов сохраняется с точностью 0,5% при 100 запусках за время сброса пучка ускорителя (1,5 нс). Система контроля позволяет постоянно наблюдать за амплитудой и формой высоковольтного импульса всех генераторов и производить индивидуальную регулировку очищающего поля модулей ИПК во время настройки и работы установки.

Системы высоковольтного питания и съема информации обеспечивают широкие возможности для независимой настройки и работы камер, а также позволяют оперативно производить изменения в числе работающих модулей и блоков ИПК.

Продув системы ИПК рабочей смесью газов (79% Ne, 20% He, 1% C₂H₅OH) осуществляется по замкнутому циклу разработанной нами системой газообеспечения ^{/4/} со скоростью 150 литров в час. Функционально она состоит из трех основных частей:

- пульт подготовки и распределения рабочей смеси газов;
- система газоочистки;
- система контроля состава и чистоты газов.

Рабочая смесь газов с необходимой добавкой этилового спирта задается на пульте подготовки рабочего газа и распределяется по камерам через индивидуальные ротаметры. Очищение $Ne - He$ смеси происходит в азотной ловушке и адсорбере объемом 9 л из активированного угля. Наличие в системе двух идентичных адсорберов позволяет обеспечить непрерывную очистку рабочей смеси.

Непрерывный контроль за составом газовой смеси осуществляется при помощи ионизационной камеры ^{15/}, важным достоинством которой является быстрая реакция на возможные изменения состава газовой смеси (рис. 4)

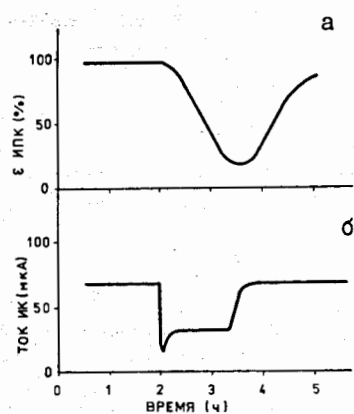


Рис. 4. Эффективность регистрации одной из ИПК (а) и ток в ИК (б) как функция времени.

и возможность установления автоматической сигнализации этого изменения. Ионизационная камера постоянно служила для контроля за составом газовой смеси при проведении физических экспериментов, чем обеспечивалась стабильная и надежная работа системы ИПК спектрометра ГИПЕРОН.

Основной задачей при использовании системы ИПК являлось установление оптимального режима работы камер по напряжению высоковольтного питания, величине очищающего поля и газовому составу, обеспечивающих высокую эффективность и координатную точность регистрации полезных событий в условиях больших потоков частиц ($1,2 \cdot 10^6$ частиц/с). Требования ко времени памяти ИПК смягчены тем, что для отделения треков полезных событий от фоновых используется информация с пропорциональных камер и сцинтилляционных годоскопов. На рис. 5 приводится пространственное

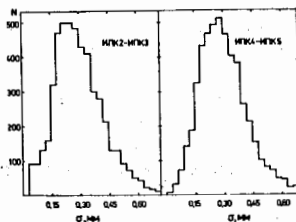


Рис. 5. Отклонение центра тяжести искр от трека в ИПК после учета сдвигов и поворотов камер в блоке.

разрешение (с учетом сдвигов модулей относительно друг друга и поворотов их в плоскости, перпендикулярной пучку) для модулей 250×250 мм², 512×512 мм² и 1024×1024 мм². Полученное простран-

ственное разрешение $\delta_x = 0,3$ мм достаточно для обеспечения требуемого импульсного разрешения спектрометра вторичных частиц $\Delta P/P = 0,5\%$.

В этой главе также описывается методика настройки и контроля ИПК ^{16/}, которая благодаря развитому комплексу программ позволяет непосредственно на линии с ЭВМ получать характеристики ИПК во время набора статистики, оперативно выявляя отклонения режима от оптимального и обеспечивая выдачу различной информации на внешние устройства.

В третьей главе диссертации приводятся экспериментальные результаты исследования процессов $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$, $\Sigma^+(1385)$ и $K^+ + Be \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$, выделение которых стало возможным благодаря высокой точности измерения кинематических параметров заряженных частиц - продуктов реакции системой ИПК.

В первом параграфе приводится оценка разрешающей способности спектрометра ГИПЕРОН, которая определяется точностью измерения импульсов частиц обоими спектрометрами - пучковым и вторичных частиц. Для этого нами измерена разность $P_{сп} - P_{мс}$ импульсов заряженных частиц ($P_0 = 12$ ГэВ/с), проходящих без взаимодействия через установку (мишень убрана). Полученные значения $\delta = 74 \pm 1$ МэВ/с; $\delta/P_0 = 0,62\%$ согласуются с расчетными погрешностями $(\Delta P/P)_{сп} = 0,35\%$ и $(\Delta P/P)_{мс} = 0,45\%$, определенными с помощью программы моделирования по методу Монте-Карло. Оценка разрешающей способности спектрометра вторичных частиц была проведена по упругому рассеянию пионов на водороде: $\Pi^+ p \rightarrow \Pi^+ p$. Информация по этой реакции набиралась параллельно с основной статистикой при исследовании процессов $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$, $\Sigma^+(1385)$. Пик, полученный в спектре недостающих масс, имеет следующие параметры: $M_p = 939 \pm 2$ МэВ; $\delta = 52,6 \pm 1,3$ МэВ. Данный результат указывает на то, что в случае выделения канала реакции методом недостающей массы спектрометр в целом не дает существенной систематической ошибки.

Во втором параграфе приводятся данные о логической организации триггеров и их уровней, полученные при выделении гиперзарядово-обменных процессов $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$, $\Sigma^+(1385)$. Кратко рассматриваются основные моменты обработки экспериментальных результатов, приводится спектр недостающих масс к K^+ -мезону, отвечающий вышеуказанным процессам (рис. 6). В распределении отчетливо выделяются пики, соответствующие Σ^+ , $\Sigma^+(1385)$ -гиперонам; полученное при этом разрешение сравнивается с точностными данными других спектрометров. В этом же параграфе приведены результаты измерения дифференциального сечения реакции $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$ при 12 ГэВ, полученные на основе анализа выделенных 5400 событий (рис. 7). Высокая статистическая обеспеченность позволила измерить $d\delta/dt'$ в области малых переданных импульсов $|t'| < 0,1$ (ГэВ/с)² ^{17/}. При $|t'| < 0,4$ (ГэВ/с)² зависимость $d\delta/dt'$ приближается к экспо-

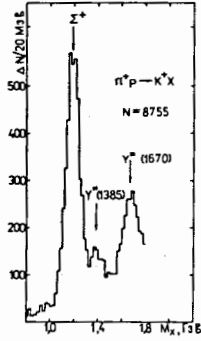


Рис. 6. Распределение по недостающей массе к K^* -мезону в реакции $\Pi^+p \rightarrow K^+ \Sigma^+, \Sigma^*(1385)$.

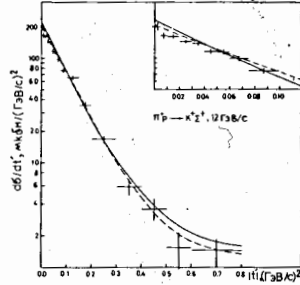


Рис. 7. Дифференциальное сечение реакции $\Pi^+p \rightarrow K^+ \Sigma^+$ и предсказания моделей.

ненциальной, при $|t| \approx 0,5$ (ГэВ/с)² заметно изменение крутизны кривой. Для области $|t| < 0,4$ (ГэВ/с)² аппроксимация дифференциального сечения зависимостью $A \exp(Bt)$ дает следующие значения параметров А и В: $A = (197 \pm 4,3)$ мкб/(ГэВ/с)², $B = (9,43 \pm 0,24)$ 1/(ГэВ/с)².

Полученные экспериментальные данные по $d\sigma/dt$ в интервале $|t| < 0,05$ (ГэВ/с)² являются одними из самых точных в области энергий 10 ÷ 15 ГэВ. Поведение дифференциального сечения хорошо согласуется с предсказаниями квазиэikonальной модели (сплошная линия на рис.7) и редже-полюсной модели с учетом вторичных траекторий (пунктир на рис.7).

Полное поперечное сечение реакции $\Pi^+p \rightarrow K^+ \Sigma^+$ при 12 ГэВ в интервале переданных импульсов $0 < |t| < 0,8$ (ГэВ/с)² составляет $(20,2 \pm 2,4)$ мкб с учетом систематической погрешности.

Нами измерено также дифференциальное сечение реакции $\Pi^+p \rightarrow K^+ \Sigma^*(1385)$ при 12 ГэВ в области переданных импульсов $0,006$ (ГэВ/с)² $< |t| < 0,8$ (ГэВ/с)². Особое внимание было уделено области малых переданных импульсов $|t| < 0,1$ (ГэВ/с)², существенной при определении относительных вкладов амплитуд с переворотом и без переворота спина. Поведение измеренного дифференциального сечения и его параметризация $d\sigma/dt = A_1 - A_2 (t - t_{\text{мин}}) e^{Bt}$ приводится на рис. 8. Получены значения параметров $A_1 = (3 \pm 3)$ мкб/(ГэВ/с)², $A_2 = (748 \pm 107)$ 1/(ГэВ/с)⁴ и $B = (9,9 \pm 0,5)$ 1/(ГэВ/с)². Поведение дифференциального сечения, в согласии с предыдущими измерениями, указывает на доминирующий вклад в поперечное сечение амплитуды с переворотом

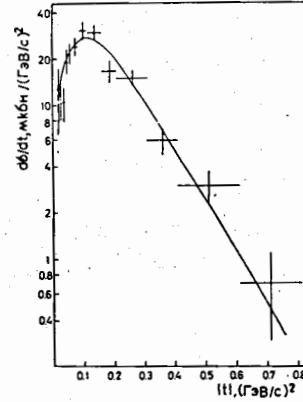


Рис. 8. Дифференциальное сечение реакции $\Pi^+p \rightarrow K^+ \Sigma^*(1385)$ при 12 ГэВ.

спина. Полное поперечное сечение процесса в области $|t| < 0,8$ (ГэВ/с)² составляет $(7,3 \pm 1,1)$ мкб с учетом систематической погрешности.

В третьем параграфе приводятся описание конфигурации спектрометра для исследования инклюзивной реакции перезарядки $K^+ + \text{Be} \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$ и измеренные спектры эффективных масс, соответствующих K^0 - (рис. 9) и $K^{*0}(892)$ (рис. 10) - мезонам. Полученные результаты являются предварительными, исследования проводились с целью изучения условий проведения эксперимента с большой статистической обеспеченностью.

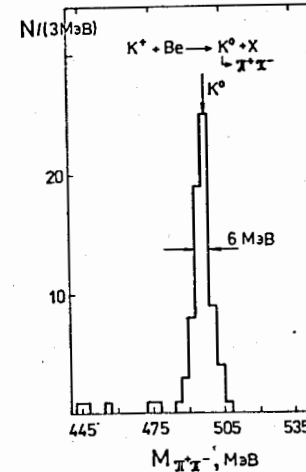


Рис. 9. Спектр эффективных масс в системе $\Pi^+\Pi^+$, образованных в реакции $K^+ + \text{Be} \rightarrow K^0 + X$.

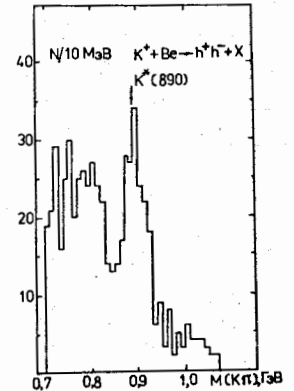


Рис. 10. Спектр эффективных масс в системе $K^+\Pi^+$, образованных в реакции $K^+ + \text{Be} \rightarrow K^{*0}(892) + X$.

Пик в системе $\Pi^+\Pi^+$ соответствует табличному значению массы K^0 -мезона с погрешностью $\delta = (2,6 \pm 0,3)$ МэВ. Эта точность измерения

эффективной массы сравнивается с аналогичными данными, полученными на других установках. Среднее значение массы в пике, отвечающее состоянию K^{892} , равно (895 ± 3) МэВ. Полная ширина на полувысоте - (50 ± 3) МэВ, что в пределах погрешности согласуется с табличным значением.

В результате проведенных измерений внесены изменения в конфигурацию спектрометра вторичных частиц. Для новой конфигурации спектрометра (см. рис. 3) приводятся данные о логической организации триггера. При такой постановке эксперимента нами для дальнейшей обработки получено около 1 млн. триггеров.

В четвертой главе описываются конструкции и результаты исследования характеристик широкоазорной дрейфовой камеры (ЩДК) с полеформирующими электродами на стеклотекстолите и безэлектродных дрейфовых камер (БДК), в которых полеформирующие электроды, задающие линейно падающий потенциал, отсутствуют.

Электродная камера (рис. IIa) имеет в центре сигнальную проволоку диаметром 20 мкм. На рамке из оргстекла сечением 20×30 мм² наклеены стеклотекстолитовые стенки, на внутренней стороне которых имеются параллельные анодной проволоке полеформирующие электроды (медные полоски шириной 2 мм). На внутренних сторонах рамки параллельно анодной проволоке вклеены катодные пластины. Размер камеры 20×30 см².

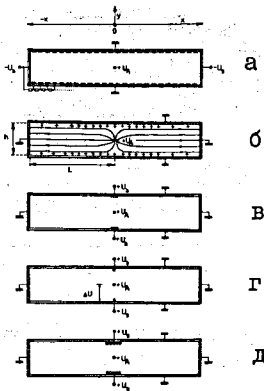


Рис. II. Схема испытываемых ЩДК. а - электродного, б, в - безэлектродного типов, г, д - секции БДК (1×1 м²).

Безэлектродные камеры (рис. II б, в, г, д) имеют точно такую же конструкцию /8/, но в качестве стенки используется односторонний фольгированный стеклотекстолит (фольга с внешней стороны камеры). В некоторых типах БДК введены дополнительные электроды (в виде медных полосок (рис. IIв), одной (рис. IIг) или нескольких (рис. IIд) параллельных проволок диаметром 100 мкм), управляющие газовым усилением и расположенные непосредственно под и над сигнальной проволокой. Все камеры имеют длину дрейфа 10 см. Длина анодной проволоки в камерах б и в - 30 см, г и д - 100 см, причем г и д представляют собой одну из пяти секций камеры размером 1×1 м² (см. рис. 3б).

Однородное электрическое поле в БДК формируется осевшими на поверхности диэлектрика положительными ионами (рис. I2б), при этом кон-

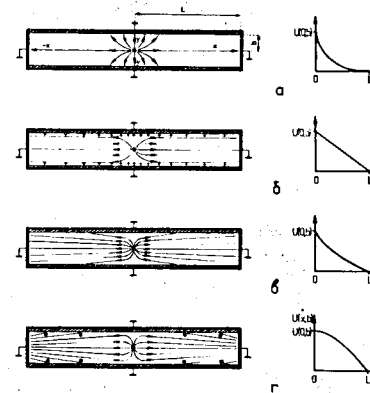


Рис. I2. Силовые линии электрического поля и форма потенциала $U(X, B)$.

курирующими процессами являются: ток утечки через диэлектрик, приводящий к недостатку ионов (рис. I2в), и объемный заряд и поперечная диффузия, приводящие к изытку ионов (рис. I2г).

Наши работы /3, 8-10/ положили начало использованию БДК в условиях переменных и относительно интенсивных (10^5 част./с) пучков частиц ускорителя.

В результате исследований параметров выбранного диэлектрика /8/ нами был определен режим работы камеры, когда дрейфовое поле близко к однородному (рис. I3, точка пересечения кривой 2 с пунктирной линией), при этом имеет место несущественное отклонение от

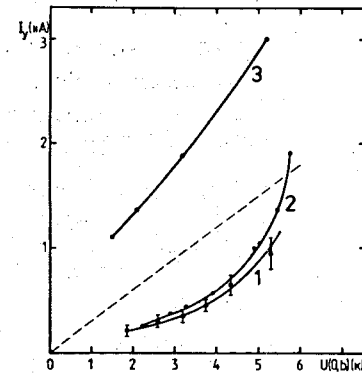


Рис. I3. Зависимость тока утечки от потенциала $U(0, B)$. 1 - вне зоны канала, 2 - $\Phi = 10^5$ част./с, 3 - $\Phi = 10^6$ част./с.

этой однородности в тех частях дрейфового объема БДК, которые находятся вне зоны прямого пучка частиц (рис. I3, кривая 1). С учетом этого факта были разработаны БДК с чувствительной площадью 1×1 м².

В этой же главе приводятся характеристики описанных выше камер. Исследования проводились на пучках положительно заряженных адронов и позитронов с энергией $3 + 12$ ГэВ и показали аналогичность ряда характеристик (пространственное разрешение от расстояния дрейфа и загрузки, эффективность от загрузки и др.) электродного и безэлектродного вариантов ЩДК. Безэлектродные камеры имеют длинное плато ($1,5 + 2$ кВ) счетной характеристики, линейность зависимости время дрейфа - координаты

ната не хуже 0,5%, пространственное разрешение $0,2 + 0,4$ мм в зависимости от длины дрейфа.

Особое внимание было обращено на изучение влияния загрузки на характеристики БДК. Было показано, что скорость дрейфа и пространственное разрешение практически не зависят от загрузки, а высокая эффективность регистрации сохраняется вплоть до загрузки $5 \cdot 10^5$ част./с на проволоку (рис. 14). Основным результатом проведенных исследований

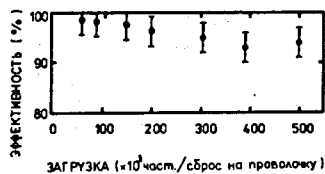


Рис. 14. Зависимость эффективности регистрации БДК от загрузки.

БДК было определение такого режима их работы, при котором скорость дрейфа, пространственное разрешение и эффективность не зависят от изменений загрузки.

В заключении третьего параграфа приводится таблица, где сравниваются основные характеристики некоторых действующих БДК. Показано, что в результате выбора изолятора с небольшим удельным объемным сопротивлением и оптимизации геометрических размеров ячейки камеры загрузочная способность для наших камер (в том числе и с размерами 1×1 м²) повышена по сравнению с другими в 10 раз и составляет величину $\Phi = 10^3$ част./см² · с.

В четвертом параграфе описывается методика использования БДК для измерения координат оси электромагнитного ливня совместно с активным конвертором (АК) и черенковским ливневым годоскопическим детектором (ЛГД). Пространственное разрешение ЛГД определяется размерами ячейки, и для его улучшения применяют системы с координатным детектором (сцинтилляционные годоскопы, СГС-трубки, пропорциональные камеры и т.д.), расположенным между конвертором γ -квантов и калориметром. Мы применяли в качестве такого детектора безэлектродную широкоазорную дрейфовую камеру.

Исследования проводились на прототипе системы АК+ЩДК+ЛГД (см. рис. 3а) с апертурой 50×40 см², размер ячейки ЛГД 10×10 см². Регистрировались ливни, инициированные позитронами с энергией 3 ГэВ. Толщина конвертора варьировалась в пределах 1 – 4 радиационных длин. Сигналы с ЩДК регистрировались двумя способами: с помощью многостопового времяцифрового преобразователя (ВЦП) и параллельного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), координата ствола ливня при использовании ВЦП определялась временной отметкой, соответствующей вершине сигнала, поступающего с камеры, а при использовании АЦП находилась тремя методами: метод вычисления центра тяжести сигнала (АЦП-Ц.Т.), метод максимального значения сигнала (АЦП-МАКС.) и метод взвешенного максимального значения сигнала (АЦП-В.М.).

Разрешения, полученные по всей площади камер, исключая (из-за лево – правой неопределенности) интервал (-5, 15 мм) вблизи проволоки, в зависимости от толщины конвертора приведены на рис. 15. Видно,

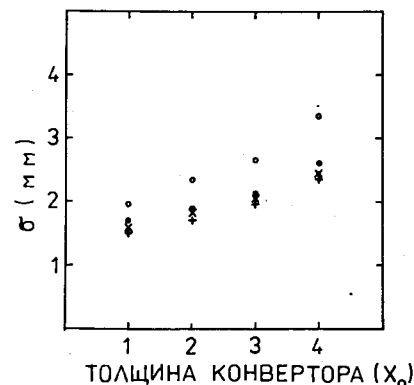


Рис. 15. Зависимость b от толщины конвертора: \circ — АЦП Ц.Т., \square — ВЦП, \times — АЦП МАКС., $+$ — АЦП В.М.

что разрешения, достигнутые методами АЦП-В.М., АЦП-МАКС, ВЦП, имеют довольно близкие значения и заметно отличаются от разрешения, полученного методом АЦП-Ц.Т. Это можно объяснить тем, что периферийной компоненте ливня, учитываемой методом АЦП-Ц.Т., присущи большие флуктуации, тогда как остальные методы фиксируют положение центральной части (ствол) ливня, которая характеризуется наибольшей плотностью и наименьшими поперечными флуктуациями заряда.

В этом же параграфе показано, что полученное нами пространственное разрешение (2 мм при $E_{\gamma} = 3$ ГэВ, толщине конвертора $3X_0$) в сравнении с результатами, полученными другими авторами, является наилучшим.

В заключении приводятся основные результаты, полученные в диссертации:

1. Создана крупная система искровых проволочных камер с общим количеством сигнальных проволок 32000, которая используется во многих физических экспериментах на установке ГИПЕРОН.

2. Измерены полное $\delta_{\text{tot}} = (20,2 \pm 2,4)$ мкб и дифференциальное сечения процесса $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$ в области переданных импульсов $0 \leq |t|/s \leq 0,8$ (ГэВ/с)² при 12 ГэВ. Данные в области переданных импульсов $|t| \leq 0,1$ (ГэВ/с)² являются одним из двух самых точных результатов при энергии 10+15 ГэВ.

3. Измерены полное $\delta_{\text{tot}} = (7,3 \pm 1,1)$ мкб и дифференциальное сечения процесса $\Pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+(1385)$ в области переданных импульсов $0,006$ (ГэВ/с)² $\leq |t| \leq 0,8$ (ГэВ/с)². Полученные данные находятся в согласии с результатами других экспериментов.

4. Выделены события, соответствующие распадам K^0 - и $K^{*0}(892)$ -мезонов в процессах $K^+ + \text{Be} \rightarrow K^0, K^{*0}(892) + X$ при 11,6 ГэВ, и набрана для дальнейшей обработки большая статистика (36000 событий с образованием K^0 - и K^{*0} -мезонов).

5. Разработана и создана безэлектродная ДК, которая впервые испытана на пучке частиц ускорителя, при этом основные характеристики камеры эквивалентны характеристикам ее электродного аналога.

6. Разработан метод улучшения пространственного разрешения ливневого годоскопического детектора, основанный на применении дополнительного конвертора и ДК, обеспечивающий рекордное пространственное разрешение при регистрации электромагнитных ливней.

7. Создана система больших $(LxI) m^2$ безэлектродных ДК, которая применяется на установке ГИПЕРОН.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Антихов В.А., ..., Артыков А.М. и др. Спектрометр Гиперон. ПТЭ, 1985, № 5, с.35-42.
2. Акименко С.А., ..., Артыков А.М. и др. Система искровых проволочных камер спектрометра вторичных частиц установки Гиперон. - Дубна, 1983. - II с. (Сообщение/Объед.ин-т ядерн.исслед.: I3-83-29).
3. Будагов Ю.А., ..., Артыков А.М. и др. Применение ШДК для регистрации электромагнитных ливней. Доклады Межд. симп. по коорд.детект. в физике высоких энергий, ОИЯИ, ДД, I3-88-I72, Дубна, 1988, с.273.
4. Акименко С.А., ..., Артыков А.М. и др. Система газообеспечения искровых проволочных камер спектрометра Гиперон. - Дубна, 1982, -4 с. (Сообщение/Объед. ин-т ядерн. исслед.: I3-82-834).
5. Акименко С.А., ..., Артыков А.М. и др. Контроль газовой смеси системы ИПК установки Гиперон с помощью ионизационной камерн.- Дубна, 1982. - 5 с. (Сообщение/Объед.ин-т ядерн. исслед.: I3-82-835).
6. Акименко С.А., ..., Артыков А.М. и др. Настройка и контроль искровых проволочных камер спектрометра Гиперон. (Сообщение/Объед.ин-т ядерн. исслед.: I3-83-6I0). Дубна, 1983. - 8 с.
7. Bitsadze G.S., ..., Artykov A.M. et al. Study of the hypercharge exchange reactions $\pi^+p \rightarrow \kappa^+\Sigma^+$ and $\pi^+p \rightarrow \kappa^*\Sigma^+(1385)$ at 12 GeV/c. Nucl.Phys., 1985, v.B260, p.497-509.
8. Артыков А.М. и др. Параметры диалектрика и формирование электрического поля в безэлектродной дрейфовой камере. ПТЭ, 1989, № I, с.66-70.
9. Budagov Yu.A., ..., Artykov A.M. How to use electrodeless drift chambers at the experiments on accelerators. Nucl.Instr.Meth., 1987, v.A255, p.493-500.
10. G.S.Bitsadze, ..., Artykov A.M. et al. Accuracy of electromagnetic shower position determination by a wide-gap drift chamber. Nucl.Instr. Meth., 1986, v.A251, p.61-66.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 июля 1989 года.