

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-92-146

**ВИШНЕВСКИЙ
Александр Викторович**

**СОЗДАНИЕ КООРДИНАТНОГО ДЕТЕКТОРА
НА ОСНОВЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
ДЛЯ УСТАНОВКИ СИГМА-АЯКС
И ПРОВЕДЕНИЕ НА НЕЙ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

Специальность: 01.04.23 - физика высоких энергий

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

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук,
профессор

Голутвин
Игорь Анатольевич

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Антипов
Юрий Михайлович

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
профессор

Тяпкин
Алексей Алексеевич

кандидат физико-математических наук,
младший научный сотрудник

Пищальников
Юрий Михайлович

Ведущая организация:

Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва.

Защита диссертации состоится " " 1992г.

в часов на заседании специализированного Совета Д 047.01.06
в Лаборатории сверхвысоких энергий Объединенного института
ядерных исследований, г.Дубна Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИСВЭ.

Автореферат разослан " " 1992г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

В.Г.Кривожилин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Вопросы, связанные с изучением структуры адронов и динамики их взаимодействия, остаются актуальнейшими вопросами физики высоких энергий. Для ускорителя У-70 начала 80-х годов существовало, по крайней мере, два пути, позволяющие решать актуальные задачи физики высоких энергий:

- постановка оригинальных экспериментальных задач на существующей методической базе;

- совершенствование установок и улучшение их параметров для решения нового класса задач или возвращение к "старым" задачам для решения на новом уровне точности и статистики.

Строительство модернизированной установки СИГМА-АЯКС на пучке У-70 - пример реализации второго пути. Замена искровых камер пропорциональными с размерами от минимальных 64x64 мм² до максимальных 3x1,5 м² при сохранении высокой координатной точности ($\sigma_x \approx 0,6$ мм) позволила улучшить ряд параметров установки, такие как светимость (примерно на порядок), апертюра, многотрековость и другие. Это позволило перейти к решению ряда экспериментальных задач:

- изучение и сравнение на новом уровне статистической точности дифференциальных сечений упругого рассеяния π^+p и K^-p ;

- изучение диссоциации π^- -мезонов в $\mu^+\mu^-\pi^-$ -систему на ядрах;

- поиск дибарионных резонансов в процессах с испусканием кумулятивных протонов и дибарионных резонансов, образующихся в области фрагментации мишени с испусканием симметричных пар частиц.

Цель работы:

- создание координатного детектора в качестве основы широкоапертурного высокоскоростного адронного спектрометра, разработка и создание для этого пропорциональных камер малого среднего (1,3x1 м²) и большого (3x1,5 м²) размеров;

- проведение на установке цикла экспериментов;

- исследование и сравнение на новом уровне статистической точности дифференциальных сечений упругого рассеяния π^+p и K^-p в диапазоне передач $0,2 < |t| < 1,4$ (ГэВ/с)².

Научная новизна.

I. Разработаны конструкции и созданы серийные технологичные

пропорциональные камеры в широком диапазоне размеров, вплоть до метровых, с малым количеством вещества по пучку. Основной особенностью камер является использование натянутой тонкой алюминиевой фольги в качестве катодных электродов. Исследованы характеристики таких камер.

2. Создан и запущен в эксплуатацию в составе установки СИГМА-АЯКС координатный детектор на 10 тыс. проволок на основе пропорциональных камер. На момент создания параметры установки соответствовали мировым стандартам в своем классе.

3. Измерены с высокой статистической точностью абсолютные дифференциальные сечения π^- и K^- упругого рассеяния при импульсе 43 ГэВ/с в диапазоне передач $0,2 < |t| < 1,4$ (ГэВ/с)².

4. Проведено детальное сравнение дифференциальных сечений π^- и K^- упругого рассеяния в названном диапазоне. Отношение дифференциального сечения π^- к сечению K^- меняется от 1,2 (при $t = -0,2$ (ГэВ/с)²) до 0,7 (при $t = -1,4$ (ГэВ/с)²). Сечения пересекаются при $t = (-0,65 \pm 0,1)$ (ГэВ/с)².

5. Сравнение дифференциальных по скейлинговой переменной t_{tot} сечений π^- и K^- упругого рассеяния, отнормированных на оптические точки, показывает, что сечения не описываются одной универсальной функцией. Т.е., гипотеза простого геометрического скейлинга не выполняется для разных каналов упругого рассеяния при импульсе 43 ГэВ/с.

Практическая ценность. С использованием созданного координатного детектора проведена серия экспериментов.

Разработанные и созданные пропорциональные камеры с малым количеством вещества по пучку и с катодными электродами на основе натянутой алюминиевой фольги являются стандартными детекторами для регистрации треков заряженных частиц, широко используемыми во многих экспериментах физики высоких энергий. Они нашли применение как в пучках однозарядных частиц высоких энергий на ускорителе У-70 (ИФВЭ) - установки МИС, ГИПЕРОН, СФИНКС, так и в пучках релятивистских ядер синхрофазотрона ОИЯИ и GSI (Дармштадт, Германия) - установки АНОМАЛОН и "4 π -детектор".

Предложенные для пропорциональных камер с электродами из натянутой алюминиевой фольги конструкторские и технологические решения применимы для координатных детекторов следующего поколения - т.н. минидрейфовых камер.

Автор защищает:

1. Методические результаты:

- разработка, создание и исследование характеристик системы пропорциональных камер, создание на их основе координатного детектора, параметры которого обеспечили проведение ряда экспериментов на установке СИГМА-АЯКС;

- создание и запуск установки на пучке У-70 для исследования π^- и K^- упругого рассеяния.

2. Экспериментальные результаты:

- измерение на новом уровне статистической точности дифференциальных сечений упругого π^- и K^- рассеяния при импульсе 43 ГэВ/с в диапазоне передач $0,2 < |t| < 1,4$ (ГэВ/с)²;

- детальное сравнение на новом уровне статистической точности дифференциальных сечений упругого π^- и K^- рассеяния в названном диапазоне.

Апробация работы. Результаты, положенные в основу диссертации, неоднократно докладывались на международных совещаниях сотрудничества СИГМА-АЯКС, на международной конференции по проволочным детекторам, на заседаниях Ученого Совета ОИЯИ, научных семинарах ЛЯП ОИЯИ и ОНМУ ОИЯИ, опубликованы в виде журнальных статей и публикаций ОИЯИ.

Публикации. В диссертации обобщены результаты работ, выполненных автором в 1981-1990 гг. в Отделе новых методов ускорения и в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, а также в Отделе нейтринной физики ИФВЭ.

Основные результаты изложены в пяти публикациях в журналах Nucl. Instr. Meth., ПТЭ, Яд.Физ. и в изданиях ОИЯИ '1-5/.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения и изложена на 120 страницах. В ней содержится 45 рисунков, 10 таблиц и список цитируемой литературы из 57 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении подчеркивается актуальность проблемы, сформулированы основные цели работы, определены основные

положения, вынесенные на защиту.

Первая глава посвящена разработке пропорциональных камер, исследованию их характеристик и созданию на их основе координатного детектора на 10 тысяч проволок.

Конструкции камер явились компромиссом между многочисленными требованиями к камерам:

- простота конструкции и технологичность, т.к. речь шла об изготовлении большой серии камер;
 - использование доступных отечественных материалов;
 - простота и надежность в эксплуатации;
 - идентичность и стабильность характеристик серийных камер;
 - малое количество вещества по пучку;
- и др.

Пучковые камеры. Сечение однокоординатной секции камеры показано на рис.1. Анодные проволоки из золоченого вольфрама диаметром 10 мкм расположены с шагом 1 мм. Межэлектродный зазор 5 мм. Чувствительная область $64 \times 64 \text{ мм}^2$. Катодный электрод образован тонкой натянутой алюминиевой фольгой. Отдельные секции таких камер могут объединяться в многокоординатные пакеты произвольной толщины. Пакет камер позволяет повысить координатную точность и нагрузочную способность при сохранении эффективности пакета. На рис.2 показаны типичные зависимости эффективности регистрации и шума на канал регистрации от напряжения на камере. Длина плато при пороге регистрации 3 мкА не менее 500 В. Разброс начал плато по серии камер не превышал 50 В. Характеристики получены при работе с магической газовой смесью.

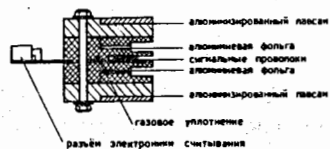


Рис.1 Сечение однокоординатной секции пучковой камеры.

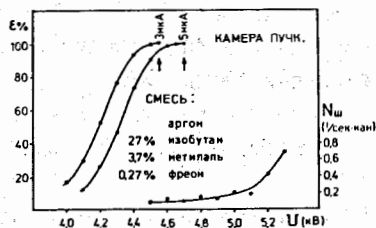


Рис.2 Зависимости эффективности и шума на канал регистрации от напряжения на пучковой камере.

мм. Диаметр проволок 20 мкм, зазор 7 мм. Размер чувствительной области $128 \times 128 \text{ мм}^2$. Плато при пороге регистрации 5 мкА не менее 500 В.

Камеры с размером чувствительной области $1280 \times 896 \text{ мм}^2$. На рис.3 показано сечение такой камеры вдоль анодных проволок. Есть камеры с проволоками вдоль длинной стороны и вдоль короткой. Камеры могут объединяться в двухкоординатные пакеты произвольной толщины. Анодные проволоки из золоченого вольфрама диаметром 20 мкм распаяны с шагом 2 мм. Межэлектродный зазор 7 мм. В основу конструкции камер положены два основных принципа, обеспечивших выполнение многочисленных жестких требований к камерам: использование технологии многослойных диэлектрических силовых рам и применение натянутой с помощью температурного градиента тонкой алюминиевой фольги в качестве катодного электрода. На рис.4 показано семейство зависимостей эффективности регистрации и шума на канал регистрации от напряжения на камере. При пороге 5 мкА длина плато не менее 500 В. Разброс начал плато по серии из 20 камер не превышал 100 В.

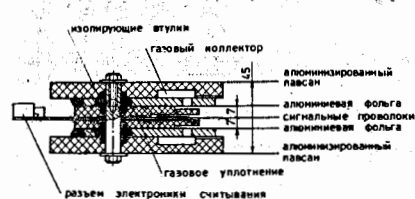


Рис.3 Сечение камеры с чувствительной областью $1280 \times 896 \text{ мм}^2$.

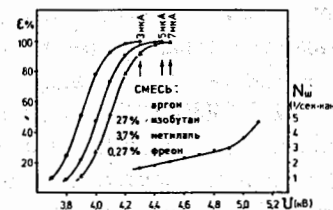
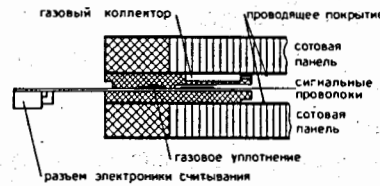


Рис.4 Зависимости эффективности и шума на канал регистрации от напряжения на камере.

Панельные камеры с размером чувствительной области $2816 \times 1408 \text{ мм}^2$. Сечение камеры вдоль анодных проволок показано на рис.5. Несущей основой камер являются диэлектрические панели с сотовым заполнением. Высоковольтные электроды образованы проводящим покрытием на основе серебра либо графита на внутренней стороне панели. Проволоки из золоченого вольфрама диаметром 20 мкм распаяны с шагом 2 мм. Межэлектродный зазор 7 мм. По электрическим характеристикам эти камеры подобны камерам $1280 \times 896 \text{ мм}^2$. Имеется два типа таких камер - с анодными проволоками вдоль

длинной стороны и вдоль короткой, обеспечивающих измерение координат X и Y.

Рис.5 Сечение камеры с чувствительной областью $2816 \times 1408 \text{ мм}^2$.



Координатный детектор для установки СИГМА-АЯКС. Детектор содержит шесть плоскостей пучковых камер, объединенных в два трехкоординатных пакета, шесть плоскостей камер $1280 \times 896 \text{ мм}^2$, пять плоскостей камер $2816 \times 1408 \text{ мм}^2$. Общее количество проволок ≈ 10 тысяч. На камерах расположена электроника регистрации двух типов: на основе микросхем K405XIII* и типа Le Croy 7700**. Оба типа имеют одинаковую схему организации (Рис.6). Основное отличие - в организации задержки в канале регистрации. В канале регистрации на микросхеме K405XIII задержка реализована на одном одновибраторе. В канале электроники регистрации Le Croy - на основе двух параллельных одновибраторов, срабатывающих поочередно от следующих друг за другом сигналов. Такая организация задержки обеспечивает значительное увеличение грузочной способности канала регистрации в условиях эксперимента.

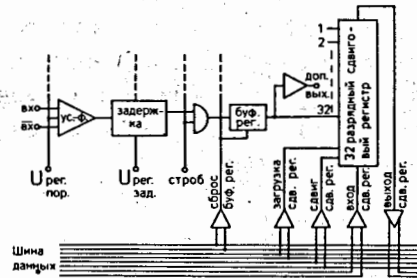


Рис.6 Схема организации электроники регистрации на камерах.

Испытания пропорциональных камер. Испытания с радиоактивным источником являлись частью технологического процесса, обеспечивающего контроль работоспособности каждой камеры и идентичность их характеристик. При этом важно, чтобы было обеспечено соответствие измеренных характеристик характеристикам на пучке релятивистских частиц на ускорителе. Схема монитора

*) И.А.Голутвин и др. Препринт ОИЯИ, 9-81-674, Дубна 1981.

**) PCOS II. Le CROY Research Systems Corp, June 1977.

показана на рис.7. Сигнал монитора вырабатывался при совпадении сигналов с четырех малых пропорциональных камер и сцинтилляционного счетчика. Облучение - от радиоактивного источника ^{106}Ru . Фон случайных совпадений не превышал 0,1%. Все приведенные выше зависимости эффективности от напряжения измерены с радиоактивным источником.

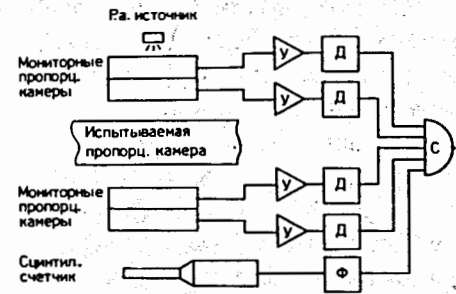


Рис.7 Схема организации монитора для испытания камер с радиоактивным источником.

Измерения грузочной способности камер производились при облучении серии анодных проволок от фонового радиоактивного источника в стороне от монитора. Испытания фольговых и панельных камер дали близкие результаты: с электроникой на микросхемах K405XIII грузочная способность определялась мертвым временем канала регистрации $T_M = (1,5 - 1,8)T_{\text{задержки}}$. С электроникой Le Croy в исследованном диапазоне задержек мертвое время постоянно и равно $T_M \approx 100 \text{ нс}$.

Испытания пропорциональных камер в пучках релятивистских частиц* показали, что для однозарядных частиц начало плато фактически совпадает с началом плато, полученным с радиоактивным источником.

На рис.8 показана зависимость эффективности фольговой камеры с электроникой регистрации на основе микросхемы K405XIII, стоящей в прямом пучке π^- -мезонов на установке СИГМА-АЯКС, от интенсивности пучка. При максимальной интенсивности

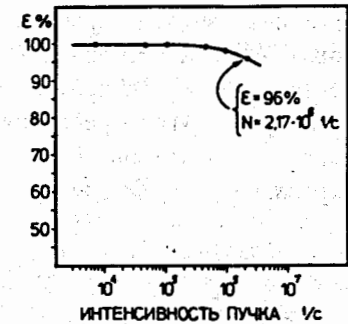


Рис.8 Зависимость эффективности камер $1280 \times 896 \text{ мм}^2$ в прямом пучке π^- -мезонов на установке СИГМА-АЯКС от интенсивности пучка.

* А.В.Зарубин, Автореферат диссертации, I-83-790, Дубна 1983.

$\approx 2 \cdot 10^6$ I/c эффективность не ниже $\approx 96\%$. Это находится в согласии с данными, полученными с радиоактивным источником.

Ширина мертвой зоны возле поддержек проволочного массива на камере I280x896 мм² при нулевом потенциале на них, измеренная на пучке релятивистских π^- -мезонов, составляет $\approx 1,5$ см (рис.9).

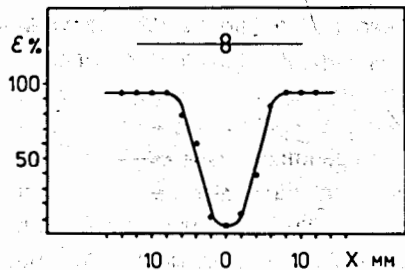


Рис.9 Зависимость эффективности камер I280x896 мм² от расстояния до поддержки проволочного массива.

Во второй главе описана установка СИГМА-АЯКС в экспериментах, в которых использовался разработанный координатный детектор.

На рис.10 показана схема установки в эксперименте по исследованию упругого рассеяния π^- и K^- в диапазоне передач $0,2 < |t| < 1,4$ (ГэВ/с)². Она состоит из пучковой части, жидководородной мишени, системы регистрации протона отдачи и системы регистрации частицы рассеянной вперед. Система регистрации протона отдачи позволяла регистрировать как направление вылета протона отдачи — с помощью системы пропорциональных камер и СГС цилиндрических камер, так и кинетическую энергию протона отдачи — с помощью сцинтилляционных калориметров. Угол рассеяния, летящей вперед частицы, и ее импульс регистрировались магнитным спектрометром. Система электромагнитных калориметров из свинцового стекла служила для

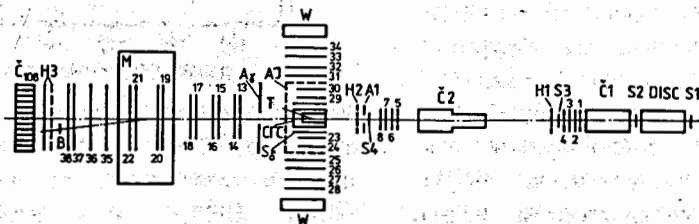
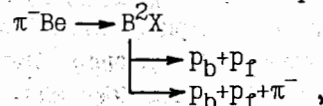


Рис.10 Схема установки в эксперименте по исследованию упругого рассеяния π^- и K^- в диапазоне передач $0,2 < |t| < 1,4$ (ГэВ/с)² при импульсе 43 ГэВ/с.

регистрации событий радиационного рассеяния. Точность измерения передачи при упругом рассеянии во всем диапазоне была $\sigma_t \approx 0,017$ (ГэВ/с)².

На рис.11 показана схема установки в эксперименте по исследованию диссоциации π^- -мезонов с импульсом 50 ГэВ/с в $\mu^+ \mu^- \pi^-$ -систему на ядрах^{*}). Этот эксперимент позволил впервые наблюдать резонанс π_2 (1680) в $\rho^0 \pi^-$ -системе с непосредственной регистрацией ρ^0 -мезона по его распаду на $\mu^+ \mu^-$ -пару.

На рис.12 показана схема установки в эксперименте по поиску дибарионных резонансов в области масс 2 - 10 ГэВ в процессах с испусканием кумулятивных протонов в π^- Ве-взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с^{**}). Для анализа использовалась реакция:



где p_b и p_f — протоны, вылетающие в заднюю и переднюю полусферы. По данным эксперимента были получены ограничения на сечения образования дибарионных резонансов, распадающихся на pp и $pp\pi^-$ -состояния

На рис.13 показана установка по поиску дибарионных резонансов, образующихся в области фрагментации мишени с испусканием симметричных пар частиц в π^- Ве-взаимодействиях при импульсе 43 ГэВ/с^{***}). Одним из преимуществ такой постановки эксперимента является хорошая идентификация вторичных частиц, что определяется малой величиной импульсов и малым уровнем фона при больших поперечных импульсах продуктов распада. Проводился анализ реакций:

*) Ю.М.Антипов и др. Препринт ИФВЭ, 86-178, Серпухов 1986.

**) Ю.М.Антипов и др. Препринт ИФВЭ, 90-167, Протвино 1990.

***) Ю.М.Антипов и др. Препринт ИФВЭ, 90-168, Протвино 1990.

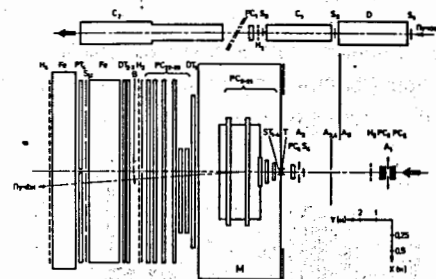
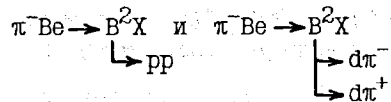


Рис.11 Схема установки в эксперименте по исследованию диссоциации π^- -мезонов в $\mu^+ \mu^- \pi^-$ -систему на ядрах.



По данным эксперимента были получены ограничения на сечения образования дибарионных резонансов, распадающихся на pp и πd -состояния.

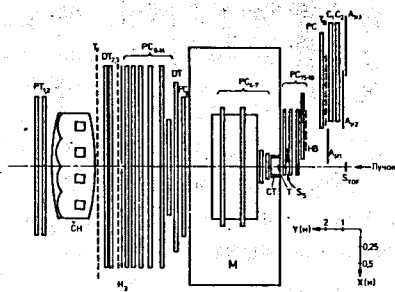


Рис.12 Схема установки в эксперименте по поиску дибарионных резонансов в процессах с испусканием кумулятивных протонов в $\pi^- \text{Be}$ -взаимодействиях.

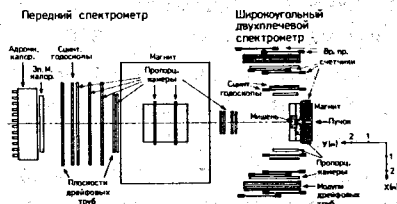


Рис.13 Схема установки в эксперименте по поиску дибарионных резонансов, образующихся в области фрагментации мишени с испусканием симметричных пар частиц в $\pi^- \text{Be}$ -взаимодействиях.

Третья глава посвящена исследованию упругого $\pi^- p$ и $K^- p$ рассеяния при импульсе 43 ГэВ/с. Набор данных производился отдельно для π^- и K^- -мезонов. Режим работы периодически переключался в процессе эксперимента. Это обеспечило максимально близкие значения систематических ошибок при измерении сечений упругого рассеяния $\pi^- p$ и $K^- p$ во всем диапазоне передач $0,2 < |t| < 1,4$ (ГэВ/с)². За время экспозиции через установку было пропущено $\approx 6 \cdot 10^8$ π^- -мезонов и $4,5 \cdot 10^8$ K^- -мезонов. Полученные данные по дифференциальным сечениям аппроксимировались экспоненциальными формулами:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \left[\frac{d\sigma}{dt} \right]_{t=0} \exp(bt)$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = \left[\frac{d\sigma}{dt} \right]_{t=0} \exp(bt+ct^2)$$

$$\frac{d\sigma}{dt} = \left[\frac{d\sigma}{dt} \right]_{t=0} \exp(bt+ct^2+dt^3)$$

Полученные в эксперименте данные позволили произвести детальное сравнение дифференциальных сечений упругого рассеяния. На рис.14 показана зависимость отношения дифференциальных сечений упругого рассеяния $\pi^- p$ и $K^- p$ от величины передачи в диапазоне $0,2 < |t| < 1,4$ (ГэВ/с)². Сечения имеют разные наклоны и пересекаются при

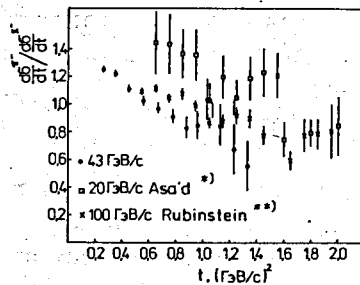


Рис.14 Зависимость отношения дифференциальных сечений упругого рассеяния $\pi^- p$ и $K^- p$ от величины передачи.

$|t| \approx (0,65 \pm 0,1)$ (ГэВ/с)². Согласно гипотезе геометрического скейлинга дифференциальные сечения $\pi^- p$ и $K^- p$ упругого рассеяния становятся одинаковыми, если их отнормировать на оптические точки и отложить относительно переменной $t\sigma_{tot}$, где σ_{tot} - полное сечение. В некоторых работах в пределах их статистической точности наблюдается согласие с гипотезой геометрического скейлинга. Наши данные, имеющие лучшую статистическую точность, говорят о значимом различии этих сечений при импульсе 43 ГэВ/с. Соответствующие сечения показаны на рис.15.

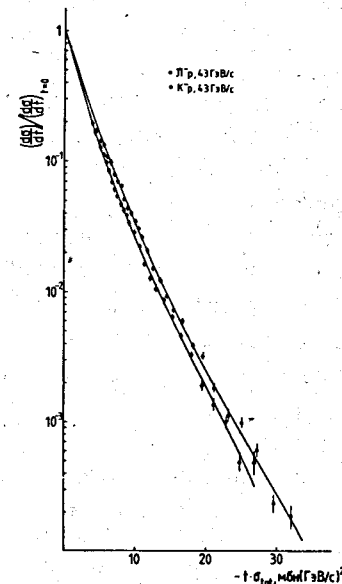


Рис.15 Зависимости дифференциального $\pi^- p$ и $K^- p$ упругого рассеяния, отнормированные на оптические точки и отложенные относительно переменной $t\sigma_{tot}$.

*) Asa'd Z. et al. Nucl. Phys. B255(1985) 273.

**) Rubinstein R. et al. Phys. Rev. D30(1984) 1413.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы:

1. Разработана и создана система надежных и технологичных пропорциональных камер в широком диапазоне размеров и исследованы их характеристики:

а) Разработаны конструкции технологичных серийных пропорциональных камер с малым количеством вещества по пучку, с электродами из натянутой с помощью термического градиента алюминиевой фольги, с чувствительной зоной от минимальных размеров $64 \times 64 \text{ мм}^2$ до максимальных — $1280 \times 896 \text{ мм}^2$, предназначенных для работы в пучках релятивистских ядер и однозарядных частиц высоких энергий.

б) Разработана серийная технология производства таких камер, включающая, наряду с изготовлением, контроль и испытания с радиоактивным источником. Последнее позволило осуществить непрерывный технологический процесс, итогом которого являются полностью проверенные и работоспособные камеры, не требующие дополнительных проверок на пучке ускорителя, что является актуальным при создании больших экспериментальных установок.

в) На основе конструктивных элементов серийной камеры эксперимента NA-4 разработаны и созданы панельные пропорциональные камеры для установки СИГМА-АЯКС с размером чувствительной области $2816 \times 1408 \text{ мм}^2$.

г) Проведены сравнительные испытания камер на пучке релятивистских частиц и с радиоактивным источником, подтвердившие идентичность их характеристик в обоих случаях.

2. На основе разработанных пропорциональных камер создана и запущена в эксплуатацию на установке СИГМА-АЯКС трековая система на 10 тыс. проволок.

3. В качестве препятствующей полимеризации добавки в газовую смесь пропорциональных камер предложен изопропиловый спирт вместо метилала. Его применение существенно увеличило ресурс работы камер.

4. На основе комплекса СИГМА-АЯКС создана экспериментальная установка для исследования упругого π^- и K^- рассеяния в диапазоне переданных четырехимпульсов $0,2 < |t| < 1,4 \text{ (ГэВ/с)}^2$ с точностью $\sigma_t = 0,017 \text{ (ГэВ/с)}^2$ во всем диапазоне t .

5. Измерены с высокой статистической точностью абсолютные

дифференциальные сечения π^- и K^- упругого рассеяния при импульсе 43 ГэВ/с в диапазоне переданных четырехимпульсов $0,2 < |t| < 1,4 \text{ (ГэВ/с)}^2$.

6. Проведено детальное сравнение дифференциальных сечений π^- и K^- упругого рассеяния в названном диапазоне. Отношение дифференциального сечения π^- к сечению K^- меняется от 1,2 (при $t = -0,2 \text{ (ГэВ/с)}^2$) до 0,7 (при $t = -1,4 \text{ (ГэВ/с)}^2$). Сечения пересекаются при $t = (-0,65 \pm 0,1) \text{ (ГэВ/с)}^2$.

7. Сравнение дифференциальных по скейлинговой переменной t_{tot} сечений π^- и K^- упругого рассеяния, нормированных на оптические точки, показывает, что сечения не описываются одной универсальной функцией. Т.е., гипотеза простого геометрического скейлинга не выполняется для разных каналов упругого рассеяния при импульсе 43 ГэВ/с.

8. Созданная на основе пропорциональных камер трековая система на 10 тыс. проволок успешно использована в эксперименте по исследованию диссоциации π^- -мезонов в $\mu^+\mu^-\pi^-$ -систему на ядрах, в эксперименте по поиску дибарионных резонансов в процессах с испусканием кумулятивных протонов в π^- Be-взаимодействиях при 40 ГэВ/с и в эксперименте по поиску дибарионных резонансов, образующихся в области фрагментации мишени с испусканием симметричных пар частиц в π^- Be-взаимодействиях при импульсе 43 ГэВ/с.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.В.Вишневский, И.А.Голутвин, Ю.Л.Злобин, Ю.Т.Киряшин, Л.В.Светов

Пропорциональные камеры с высоковольтными электродами из алюминиевой фольги.

Препринт ОИЯИ 13-83-15, Дубна 1983.

ПТЭ №1 (1984), 60.

2. В.А.Батарин, Н.П.Буданов, А.В.Вишневский, Н.С.Голова, И.А.Голутвин, В.Е.Жильцов, В.Ю.Каржавин, Ю.Т.Киряшин, В.М.Нахратский, А.А.Попов, Л.В.Светов, Д.А.Смолин, В.С.Хабаров
Система пропорциональных камер на 8200 каналов для установки

СИГМА.

Препринт ОИЯИ I3-84-833, Дубна 1984.

3. Yu Kiryushin and A.Vishnevsky

Proportional Chambers for Registering Charged Particles and Relativistic Nuclei.

Nucl. Instr. Meth. A252(1986), p 281.

4. А.В.Вишневский, И.А.Голутвин, Ю.А.Горнушкин, В.Ю.Каржавин, П.А.Кулинич, Р.Лейтнер, Г.В.Мицельмахер, А.А.Ноздрин, А.Г.Ольшевский, А.А.Попов, С.Риманн, Я.Седлак, Д.А.Смолин, Р.Толедо, В.И.Травкин, В.С.Хабаров, Ю.М.Антипов, В.А.Батарин, В.А.Беззубов, Н.П.Буданов, Ю.П.Горин, Д.С.Денисов, О.В.Ерошин, В.Г.Карташева, И.В.Котов, Ю.М.Мельник, А.И.Петрухин, С.А.Половников, Д.А.Стойнова, Р.В.Пирцхалава, В.Н.Ройнишвили

Установка СИГМА-АЯКС для исследования упругого π^- и K^- рассеяния.

Сообщение ОИЯИ PI-89-202, Дубна 1989.

5. Ю.М.Антипов, В.А.Батарин, В.А.Беззубов, Н.П.Буданов, Ю.П.Горин, Д.С.Денисов, О.В.Ерошин, В.Г.Карташева, И.В.Котов, Ю.М.Мельник, А.И.Петрухин, С.А.Половников, Д.А.Стойнова, А.В.Вишневский, И.А.Голутвин, Ю.А.Горнушкин, П.А.Кулинич, Р.Лейтнер, Г.В.Мицельмахер, А.А.Ноздрин, А.Г.Ольшевский, С.Риманн, Я.Седлак, Р.В.Пирцхалава, В.Н.Ройнишвили

Упругое рассеяние π^- и K^- -мезонов на протонах при импульсе 43 ГэВ/с.

Препринт ОИЯИ PI-87-539, Дубна 1987.

Ядерная физика, т.48, вып.1(7), 1988, стр.138.

Рукопись поступила в издательский отдел

2 апреля 1992 года.