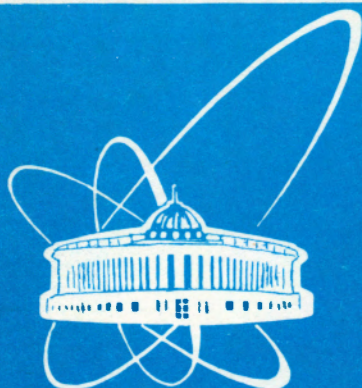


286-98



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13-98-286

СПЕКТРОМЕТР ЭКСЧАРМ

Сотрудничество ЭКСЧАРМ:

Дубна — Алма-Ата — Бухарест — Минск — Москва —
София — Тбилиси

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

1998

А.Н.Алеев, В.А.Арефьев, В.П.Баландин, В.К.Бирулев, А.А.Вовенко, Б.Н.Гуськов, И.И.Евсиков, А.И.Зинченко, И.М.Иванченко, З.М.Иванченко, А.Ф.Камбурян, М.Н.Капишин, Н.Н.Карпенко, Г.А.Квирикашвили, В.Д.Кекелидзе, Д.А.Кириллов, Ю.А.Кожевников, З.И.Коженкова, В.В.Кореньков, И.Г.Косарев, Ю.А.Кретов, Н.А.Кузьмин, М.Ф.Лихачев, А.Л.Любимов, Д.Т.Мадигожин, А.Н.Максимов, А.Ш.Мествиришвили, Н.А.Молоканова, А.Н.Морозов, П.В.Мойсенз, В.В.Пальчик, Ю.П.Петухов, Ю.К.Потребеников, Т.Преда, В.А.Сашин, А.Г.Скрипничук, Л.А.Слепец, В.Н.Спасков, Г.Т.Татишвили, А.Л.Ткачев, А.С.Чвыров, П.З.Христов, И.П.Юдин, О.И.Юлдашев, М.Б.Юлдашева

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

А.А.Локтионов

Физико-технический институт Миннауки АН Республики Казахстан, Алма-Ата

А.Брагадиреану, Т.Понта

Институт атомной физики, отдел физики высоких энергий, Бухарест

С.П.Баранов, М.В.Белов, М.В.Завертяев, В.А.Козлов, С.Ю.Поташов

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

В.Й.Заячки

Высший химико-технологический институт, София

И.М.Гешков

ИЯИЯЭ Болгарской академии наук, София

Л.Н.Абесалашвили, Н.С.Амаглобели, М.В.Копадзе, Н.Л.Ломидзе, Г.И.Никобадзе, Т.Г.Пицхелаури, Б.Г.Чиладзе

Институт физики высоких энергий ТГУ, Тбилиси

Т.С.Григалашвили

Институт физики АН Республики Грузия, Тбилиси

А.С.Курилин

Национальный центр физики частиц и высоких энергий при Белорусском государственном университете, Минск

1 Введение

Для исследования характеристик рождения очарованных частиц и поиска узких барионных резонансов в адронных реакциях в соответствии с программой исследований, изложенной в [1], на серпуховском ускорителе У-70 создана специальная экспериментальная зона, включающая в себя нейтральный канал 5Н, магнитный спектрометр ЭКСЧАРМ и здание 450 с инфраструктурой, необходимой для проведения эксперимента.

Выбранный метод решения поставленных задач, основанный на анализе спектров эффективных масс конечных состояний исследуемых частиц и резонансов, определил основные требования к характеристикам спектрометра: высокое разрешение по восстановленной эффективной массе многочастичных конечных состояний и надежная идентификация заряженных частиц в широком диапазоне их импульсов.

С 1992 года спектрометр ЭКСЧАРМ начал эксплуатироваться в режиме набора статистики. В процессе его эксплуатации изменялся набор используемых пропорциональных камер, проводилась модернизация системы сбора данных, программного комплекса контроля и обработки регистрируемой экспериментальной информации.

Представленная работа посвящена описанию характеристик спектрометра ЭКСЧАРМ и программного обеспечения эксперимента, в рамках которого к настоящему времени накоплено около 0,6 миллиарда нейтрон-ядерных взаимодействий. Представлены также основные физические результаты, полученные с использованием спектрометра.

2 Структура пучка

Канал нейтральных частиц 5Н образуется на внутренней бериллиевой мишени серпуховского ускорителя и ориентирован под углом ≈ 0 градусов к равновесной орбите ускоренных протонов. Внутренняя бериллиевая мишень диаметром 3 мм и длиной 30 мм расположена в вакуумной камере ускорителя на расстоянии ≈ 110 м от центра спектрометрического магнита установки. Пучок нейтронов формируется системой коллиматоров канала в направлении на мишень спектрометра, в районе которой он имеет размер около 4×6 см². Основную долю пучка составляют нейтроны с энергиями до 72 ГэВ. На рис.1 показан

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

энергетический спектр нейтронов пучка, полученный [2] на основе данных измерения энергии нейтронов с помощью адронного калориметра, входящего в состав спектрометра. Энергетический спектр пучка имеет максимум в районе 58 ГэВ и ширину около 12 ГэВ.

Имеющиеся в пучке γ -кванты характеризуются существенно более низкими энергиями, чем нейтроны, и используются для методических целей (например, для калибровки черенковских счетчиков). При наборе физической информации γ -кванты удалялись из пучка с помощью дистанционно управляемого свинцового γ -фильтра переменной толщины (не более 20 см).

Примесь заряженных частиц в пучке не превышает 2%.

Интегральная интенсивность пучка нейтронов за время цикла ускорителя составляет около $6 \cdot 10^6$ нейтронов при $5 \cdot 10^{11}$ протонов, сбрасываемых на внутреннюю мишень. Длительность сброса в различных сеансах экспозиции установки менялась от 0,7 до 1,6 с.

Полный поток нейтронов через установку за время набора статистики составил около $7 \cdot 10^{11}$.

3 Основные элементы спектрометра

Схема расположения элементов действующего спектрометра ЭКСЧАРМ приведена на рис.2. За начало правой декартовой системы координат принята точка О в центре дипольного спектрометрического магнита СП-40А, ось OZ направлена по пучку, ось OY - вверх вдоль направления основной компоненты магнитного поля. Угловые аксептансы спектрометра для вторичных частиц составляют ± 120 мрад и ± 38 мрад в горизонтальной и вертикальной плоскостях соответственно.

Ниже описаны отдельные элементы спектрометра.

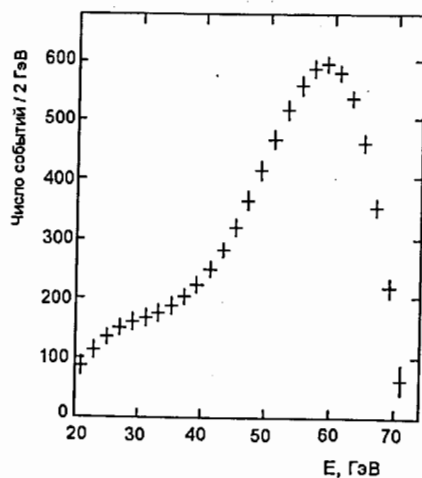


Рис. 1: Энергетический спектр пучка нейтронов

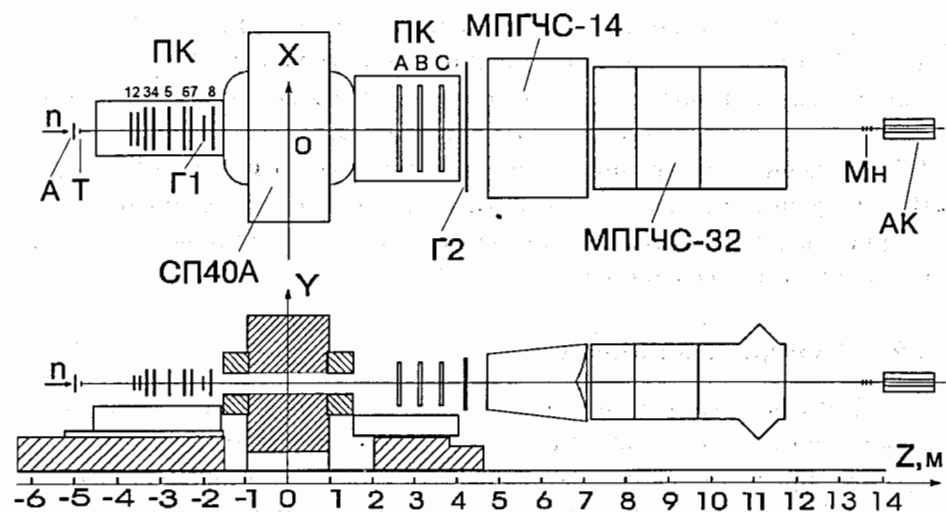


Рис. 2: Блок-схема установки ЭКСЧАРМ в канале 5Н.

А - счетчик антисовпадений, Т - мишень, ПК - пропорциональные камеры, МПГЧС - многоканальные пороговые газосчетчики, Г1, Г2 - годоскопы сцинтилляционных счетчиков, Мн - нейтронный монитор, АК - адронный калориметр

3.1 Мишени

В экспериментах, проведенных с использованием спектрометра ЭКСЧАРМ, исследовались процессы взаимодействия нейтронов с различными ядерными мишенями (Т) спектрометра. Величина экспериментального разрешения по инвариантной массе конечных состояний, образованных в мишени, обусловлена как координатным разрешением спектрометра, так и кулоновским рассеянием в мишени, в веществе трековых детекторов и в воздухе. В этой связи толщина мишени выбиралась исходя из компромисса между минимальным кулоновским рассеянием, необходимой светимостью и ограничением по скорости потока данных в регистрирующей аппаратуре. При проведении исследований использован следующий набор мишеней Т: углеродная (диаметр -

9 см, толщина - $1,3 \text{ г/см}^2$), медная (диаметр - 9 см, толщина - $3,6 \text{ г/см}^2$) и вольфрамовая (квадрат со стороной 8 см, толщина - $2,9 \text{ г/см}^2$). С изменением атомного номера используемых мишеней разрешение по массе для регистрируемых четырехчастичных распадов Λ_c^+ с Λ^0 или K^0 в конечном состоянии меняется в интервале от 8 до $12 \text{ МэВ}/c^2$. Все мишени расположены в специальном дистанционно управляемом устройстве, позволяющем устанавливать в пучок нейтронов любую из них в процессе эксперимента.

3.2 Нейтронный монитор

Длительность и равномерность сброса пучка на внутреннюю бериллиевую мишень, а также поток образованных на этой мишени нейтронов определяются и контролируются с помощью нейтронного монитора Мн. Монитор представляет собой телескоп, состоящий из трех сцинтилляционных счетчиков диаметром 10 см и толщиной 1 см каждый. Между первым и вторым (по пучку) счетчиками размещена алюминиевая пластина - конвертор толщиной 1 см ($2,7 \text{ г/см}^2$). Первый счетчик включен на антисовпадение с двумя остальными. Поток нейтронов M определяется из выражения

$$N = \epsilon \cdot M = (2,75 \pm 0,24) \cdot 10^{-2} \cdot M,$$

где N - число отсчетов нейтронного монитора, ϵ - эффективность работы нейтронного монитора. Значение параметра ϵ было определено из полного моделирования прохождения нейтронов пучка через установку. Это значение хорошо совпадает с полученным из его экспериментального измерения с помощью адронного калориметра, которое равно $(2,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-2}$.

3.3 Спектрометрический магнит СП-40А

В состав спектрометра входит модифицированный спектрометрический магнит СП-40А [3]. Ширина полюсов, расположенных параллельно плоскости XOZ , равна 100 см, и их длина вдоль направления пучка (оси OZ) - 198 см. Зазор между полюсами расширен с 29 см до 49 см. Поле магнита, в котором измерялись импульсы проходящих частиц, существенно неоднородно. Значение его основного компонента, перпендикулярного плоскостям полюсов, в центре магнита составляет

$0,79 \text{ Тл}$ при токе в обмотках, равном 1000 А . Измерение магнитного поля проведено [4] трехканальным холловским магнитометром (МЗХ) в автоматизированном режиме на связи с персональным компьютером. Магнитометрическая аппаратура позволяла измерить одновременно все три проекции вектора поля в заданной точке с помощью трех независимых измерительных каналов в диапазоне от 0 до 2 Тл (в трех поддиапазонах) с чувствительностью не ниже $0,13 \text{ Гс}$. Рабочий диапазон перемещения датчиков при измерении составил:

- вдоль оси X - 240 см , $-115 \text{ см} \leq X \leq 125 \text{ см}$, шаг - 5 см ;
- вдоль оси Y - 32 см , $-12 \text{ см} \leq Y \leq 20 \text{ см}$, шаг - 4 см ;
- вдоль оси Z - 378 см , $-172 \text{ см} \leq Z \leq 206 \text{ см}$, шаг - 2 см .

Точность измерения магнитного поля была не хуже $0,02\%$ от максимума поддиапазона измерения, точность установки датчика в пространстве - $0,01 \text{ см}$.

На рис.3 в качестве примера проиллюстрирован основной компонент B_y магнитного поля магнита СП-40А, измеренный в плоскостях $y=0 \text{ см}$ (рис.3а) и $y=20 \text{ см}$ (рис.3б). Жирной линией на рис.3а выделена область поля с однородностью не хуже $0,1\%$.

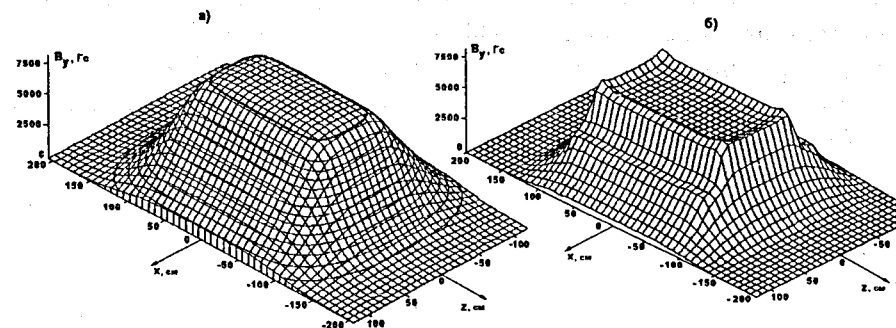


Рис. 3: Компонент магнитного поля B_y , измеренный в плоскостях $y = 0 \text{ см}$ (а) и $y = 20 \text{ см}$ (б)

Магнит оснащен специальной системой управления, позволяющей изменять полярность его магнитного поля (по направлению оси Y -

”поле +” и в противоположном направлении - ”поле -”) и производить его размагничивание. Для оперативного контроля за величиной магнитного поля используется датчик Холла, расположенный в середине нижнего полюса магнита.

3.4 Система пропорциональных камер

Координатная информация о прохождении заряженных частиц через спектрометр определяется с помощью системы из 11-и многопроволочных пропорциональных камер (ПК), состоящих из 25 сигнальных плоскостей с шагом намотки проволоочек - 2 мм. В различных сеансах экспозиции спектрометра ЭКСЧАРМ было задействовано от 10772 до 13492 каналов ПК. 8 камер до магнита (ПК1 – ПК8) имеют по две сигнальных плоскости каждая, 3 камеры после магнита (А, В и С) - по три. Первая и вторая камеры имеют размеры 0,82x0,3 м², с третьей по восьмую - размеры камер 1,0x0,6 м². ПК5 и ПК8 служат для измерения U и V координат (проволочки сигнальных плоскостей намотаны соответственно под углами 22,5° (U-плоскость) и -22,5° (V-плоскость) к оси ОУ). Остальные камеры имеют намотку сигнальных проволоочек, параллельную осям ОУ (X-плоскости) и ОХ (Y-плоскости). Камеры после магнита имеют размеры 2,048x1,024 м². Первая сигнальная плоскость каждой из этих камер является X-плоскостью, вторая - Y-плоскостью, а третья - V-плоскостью. Детальные характеристики камер, расположенных до магнита, приведены в [6], после магнита - в [7]. Для включения пропорциональных камер в систему отбора событий эксперимента используются логические суммы сигналов с групп соседних проволоочек. Путем комбинирования групповых сигналов некоторые плоскости делились на годоскопические полосы. В зависимости от числа проволоочек в группах ширина годоскопических полос варьировалась от 36 до 108 мм (детальное их описание приведено ниже). Эффективности ПК сильно различались и находились в диапазоне от 90% до 96% для большинства плоскостей. Для большей части набранной статистики среднее число сработавших на отдельной плоскости проволоочек ≈ 9 (≈ 7 кластеров, т.е. групп подряд сработавших проволоочек от каждой из прошедших через сигнальную плоскость заряженных частиц), максимальное число - 14 (10 кластеров).

3.5 Сцинтилляционные годоскопы

В состав спектрометра ЭКСЧАРМ входят два годоскопа сцинтилляционных счетчиков Г1 и Г2. Эти счетчики используются в системе запуска спектрометра и расположены между седьмой и восьмой пропорциональными камерами до магнита и за последней камерой после магнита, соответственно. Годоскоп Г1 содержит 15 счетчиков с размерами 4x25 см² и толщиной 0,5 см каждый. Высота счетчиков обеспечивает перекрытие телесного угла, под которым виден из мишени установки межполюсной зазор магнита СП-40А. Годоскоп Г2 состоит из 60-и счетчиков с размерами 10x60 см² и толщиной 0,5 см каждый, сгруппированных в два горизонтальных ряда по 30 счетчиков в каждом, которые расположены выше и ниже плоскости ХОZ в системе координат установки. Эффективность срабатывания счетчиков обоих годоскопов близка к 100%. Длительность сигналов, поступающих с формирователей, - 40 нс, временное разрешение - 37,4 нс.

3.6 Система идентификации заряженных частиц

Система идентификации заряженных частиц спектрометра служит для разделения пионов, каонов и протонов/антипротонов в интервале импульсов от 3 до 40 ГэВ/с. Она состоит из двух многоканальных пороговых газовых черенковских счетчиков (МПГЧС): 14-канального счетчика, заполненного фреоном-12 при атмосферном давлении (МПГЧС-14), и 32-канального счетчика, заполненного воздухом (МПГЧС-32), также работающего при атмосферном давлении. МПГЧС-14 и МПГЧС-32 расположены последовательно друг за другом за координатными детекторами спектрометра. Угловой акцептанс счетчиков позволяет идентифицировать до 90% заряженных частиц с импульсами выше соответствующих порогов их регистрации. Расчетные пороги регистрации различных частиц для МПГЧС-14 и МПГЧС-32 приведены в табл.1.

Таблица 1

Счетчик	Газ	Пороги регистрации (ГэВ/с)			
		μ	π	K	p
МПГЧС-14	Фреон-12	2,3	3,1	10,8	20,5
МПГЧС-32	Воздух	4,5	6,0	21,2	40,3

Детальное описание МПГЧС-14 приведено в [8], МПГЧС-32 - в [9]. Работа системы идентификации проиллюстрирована на примере выделения сигнала от распада ϕ -мезона на K^+K^- (рис.4.) Приведены распределения эффективной массы комбинации из двух противоположно заряженных частиц в предположении о том, что каждая из рассмотренных частиц является заряженным каоном. При этом кривая а получена без применения процедуры идентификации, а кривая б - при условии, что рассчитанная вероятность каждой из рассмотренных заряженных частиц конечного состояния быть каоном, превышает 50%. Видно, что в результате применения процедуры идентификации значительно уменьшен фон и выделен четкий сигнал от распада ϕ -мезона на K^+K^- .

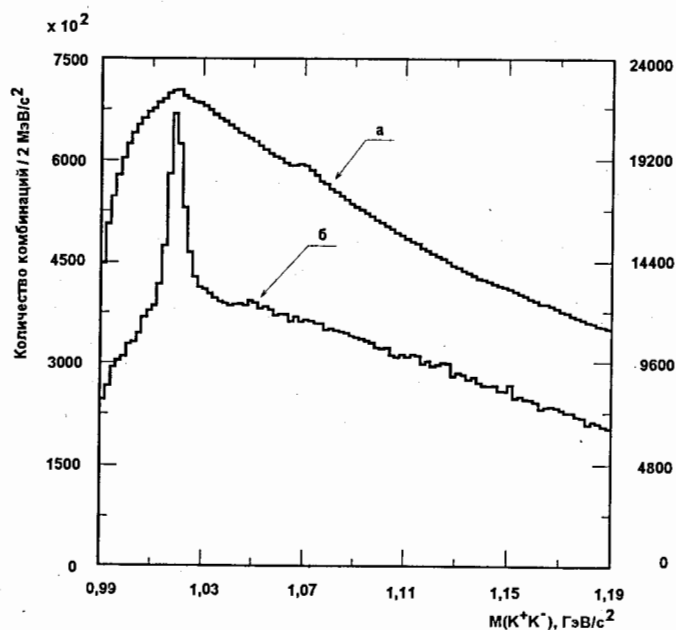


Рис. 4: Спектр эффективных масс комбинаций K^+K^- без черенковской идентификации (а, левая шкала) и с идентификацией каонов (б, правая шкала)

Эффективность идентификации заряженных адронов зависит от ограничений, накладываемых на рассчитанные вероятности того, что рассматриваемая частица является адроном конкретного типа. Напри-

мер, для рассмотренного канала распада ϕ -мезона при оптимальном подборе таких ограничений она составляет $75 \pm 3,5\%$.

3.7 Адронный калориметр

Адронный калориметр (АК), используемый для определения энергетического спектра нейтронов пучка, состоит из 9 одинаковых модулей. Отдельный модуль [10, 11] представляет собой сборку типа "сэндвич" из слоев сцинтиллятора и железа, $150 \times 150 \text{ мм}^2$, помещенную в светозащитный кожух из листового железа толщиной 1,5 мм. Железные пластины толщиной 20 мм в количестве 40 шт. образуют радиатор протяженностью 80 см, что соответствует 4,7 ядерным длинам. Между пластинами радиатора установлены 40 пластин сцинтиллятора размером $146 \times 142 \times 5 \text{ мм}^3$, соответствующих 0,25 ядерной длины. Суммарная толщина вещества калориметра составляет около 5 ядерных длин, что обеспечивает поглощение 95% нейтронов с энергией 70 ГэВ. Для повышения светосбора каждая пластина обернута алюминизированным майларом, а для улучшения его однородности ближайший к световоду край пластины обернут черной лентой. Световоды, собирающие свет на фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), изготовлены из оргстекла толщиной 3 мм. Переизлучатель нанесен на световод только в зоне расположения сцинтилляторов, а ближняя к ФЭУ часть световода не окрашена. В калориметре использованы ФЭУ-84-3 с мультищелочным фотокатодом, максимум квантовой чувствительности которых соответствует длине волны 460 нм, что согласуется со спектром излучения люминофора на световоде. Для контроля временной нестабильности каналов АК используются светодиоды АЛ-307.

Энергетическое разрешение калориметра при энергии π^- -мезонов, равной 37,5 ГэВ, составляет [10] 14,5% и определяется эмпирической зависимостью:

$$dE/E = 0,89/\sqrt{E}.$$

Энерговыделение (N_e), выраженное числом фотоэлектронов, равно:

$$N_e = (30 \pm 5) \text{ ГэВ}^{-1}.$$

4 Система запуска установки (триггер)

Система запуска установки (триггер) основана на быстром и эффективном выделении взаимодействий с различной множественностью заряженных частиц. Указанная задача решена приближенно с использованием информации с трех X-плоскостей пропорциональных камер (как правило, 3X, 8X и BX), двух годоскопов сцинтилляционных счетчиков Г1 и Г2 и счетчика антисовпадений А, расположенного перед мишенью. Число годоскопических полос и их размеры (количество проволочек с 2 мм шагом намотки) в плоскостях пропорциональных камер приведены в табл.2.

Таблица 2

Плоскость	Количество годоскопических элементов	Количество проволочек с 2 мм шагом намотки		
		первого элемента	среднего элемента	последнего элемента
3X	12	18	36	18
8X	12	36	42	24
BX	16	64	64	64

Определение числа сработавших годоскопических полос в пропорциональных камерах осуществляется подсистемой "быстрый триггер" [12], построенной на основе мажоритарных схем совпадений, кратность которых устанавливается в зависимости от требуемой в эксперименте топологии события. Использованный в триггере годоскоп сцинтилляционных счетчиков Г2 был разбит пополам Г2_П и Г2_Л - по 30 счетчиков справа и слева от плоскости YOZ. Одновременно с заданным количеством срабатываний годоскопических полос плоскостей пропорциональных камер требовалось и срабатывание определенного числа счетчиков годоскопа Г1, определенного числа счетчиков и половин годоскопа Г2 и несрабатывание антисчетчика А (\bar{A}).

Во время проведения эксперимента использовались три типа триггерных схем: на прохождение через установку одной, двух и не менее заданного числа n заряженных частиц. На рис.5 приведена блок-схема триггера, требующего прохождения через установку четырех и более заряженных частиц. Логическая формула для этого типа триггера приведена ниже:

$$\bar{A} \& [3XN \geq 2] \& [8XN \geq 3] \& [BXN \geq 4] \\ \& [Г1N \geq 3] \& [Г2N \geq 4] \& [Г2_{П}N \geq 1] \& [Г2_{Л}N \geq 1].$$

Именно при этом условии запуска установки накоплена наибольшая часть экспериментального материала. Рассчитанная с помощью моделирования эффективность такого триггера при регистрации всех заряженных частиц, образующихся в результате распада Λ_c^+ на $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$ с последующим распадом Λ^0 на $p \pi^-$, составляет $\approx 65\%$.

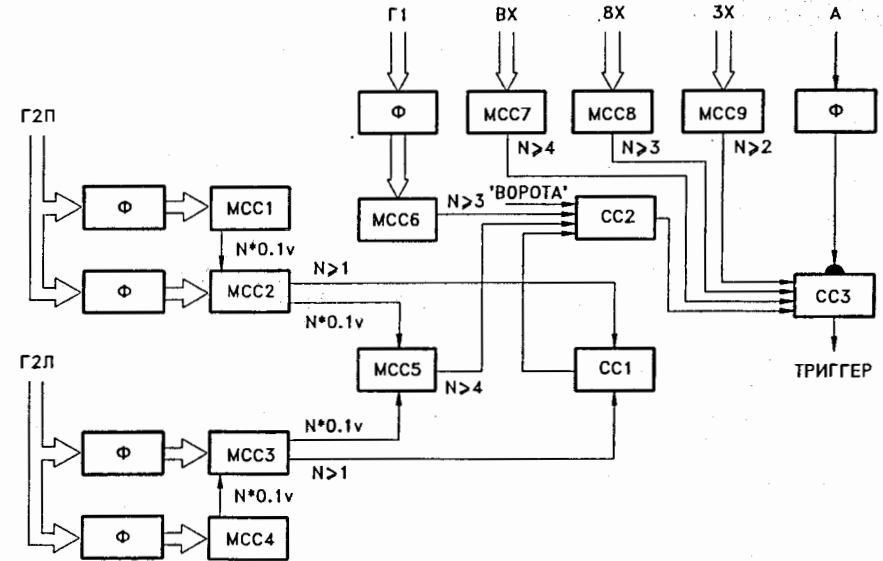


Рис. 5: Блок-схема триггера на четыре и более заряженных частицы.

Ф - формирователи; MCC1 ÷ MCC9 - мажоритарные схемы совпадений; CC1 ÷ CC3 - схемы совпадений.
Сигнал "ВОРОТА" формируется началом цикла ускорителя

5 Система сбора и контроля данных

Система сбора и контроля данных спектрометра ЭКСЧАРМ предназначена для приема информации с детекторов установки, формирования на ее основе полного набора данных о событии и записи этих

данных на магнитные накопители ЭВМ. Регистрирующая электронная аппаратура (РЭА) спектрометра для ПК1 – ПК8 до магнита, МПГЧС и сцинтилляционных годоскопов Г1 и Г2 выполнена в стандарте КАМАК и размещена в 11 крейтах. Регистрирующая аппаратура для ПК А – С, расположенных после магнита, размещена непосредственно на камерах.

Информация с ПК до магнита запоминается в 32-разрядных блоках регистрации Г2-922 [5, 6], размещенных в крейтах КАМАК, а затем, с помощью спецконтроллеров СК-382, параллельно считывается в блоки памяти (БП) [7] емкостью 512К байтов каждый. Контроллер СК-382 помещен в каждый крейт. Он преобразует позиционный код, в котором запоминается информация с ПК в регистрах Г2-922, в двоичный код номера сработавшего канала соответствующей ПК и передает полученные данные через разъем на передней панели в БП [7]. Устройство контроллера позволяет объединять в ветвь до 7 таких блоков.

Информация с ПК А – С запоминается в платах регистрации РПК-32, размещенных на камерах, а затем, с помощью блоков БРМ-РПК (модернизированные блоки БР-РПК [7]), считывается в БП. Каждой плоскости ПК соответствуют свои блоки БРМ-РПК и БП. Информация с Г1, Г2 и МПГЧС запоминается в регистрах КАМАК, а затем, с помощью стандартных контроллеров типа А-1, считывается в ЭВМ. Блоки БП, БРМ-РПК, электроника для тестирования и контроля аппаратуры размещены в крейтах с контроллерами типа А-1, объединенных в ветвь, подсоединенную к РС-386 через драйвер ветви [13]. Данные с ПК о каждом событии накапливаются в блоках БП во время сброса частиц на мишень установки в одном цикле работы ускорителя, а информация с Г1, Г2 и МПГЧС считывается в ЭВМ в каждом событии. После окончания сброса частиц на мишень установки информация из блоков памяти переписывается в компьютер РС-386 и записывается на магнитные ленты типа Exatаре [14]. Средняя длина передаваемого массива данных об отдельном событии равна ≈ 600 байтам. В пиковом режиме работы системы сбора данных за один цикл ускорителя на ленту может быть записано до 2200 событий нейтрон-ядерных взаимодействий. При этом на прием данных затрачивается $\approx 1,5$ секунды (время сброса пучка на мишень), на формирование событий и их запись на ленты – ≈ 7 секунд при полном времени цикла ускорителя – ≈ 9 секунд.

Управление системой сбора данных обеспечивается ЭВМ типа РС АТ-386, работающей под управлением операционной системы MS DOS.

Данные с мониторингового счетчика пучка нейтронов с помощью программы МОНИТОР [15], считывающей информацию с отдельного контроллера КАМАК, записываются на жесткий диск отдельного компьютера для их дальнейшего анализа. Для оперативного контроля качества приема данных на монитор компьютера выводится общее количество событий за сброс, число событий за время приема данных компьютером, число событий в сбросе, удовлетворяющих условию триггера, и число событий, удовлетворяющих условию триггера за время приема данных компьютером.

Управляющая ЭВМ связана сетью ETHERNET по протоколу NW-LITE с другими ЭВМ (типа РС АТ-486), основные функции которых - экспресс-обработка поступающей информации. Это позволяет проводить в реальном масштабе времени контроль качества накапливаемой информации, многоуровневый контроль оборудования и хода эксперимента.

6 Программное обеспечение эксперимента

6.1 Программы для оперативного контроля работы установки

Для автономной проверки функционирования отдельных узлов и элементов спектрометра ЭКСЧАРМ создан набор программ, работающих непосредственно с аппаратурой КАМАК. К их числу относятся программы анализа работы отдельных элементов (вплоть до сигнальных проволочек) пропорциональных камер, отдельных счетчиков сцинтилляционных годоскопов, пороговых черенковских счетчиков, элементов триггера, нейтронного монитора. Эти программы позволяют проводить автономное тестирование элементов спектрометра без включения в работу системы сбора данных. Комплексное тестирование отдельных узлов спектрометра выполняется специальной программой DECODTR, анализирующей выходную информацию системы сбора данных, записываемую на жесткий магнитный диск. Эта программа, декодируя первичную информацию о событии, строит статистические распределения срабатывания отдельных элементов детекторов спек-

трометра (частоты срабатывания сигнальных проволочек пропорциональных камер, сцинтилляционных и черенковских счетчиков) и анализирует эффективность срабатывания триггера.

Для технического и физико-статистического мониторинга эксперимента используется программный комплекс BISON/online. При его создании существенно использовались результаты и опыт разработок системы [16]. К числу основных задач рассматриваемого комплекса относится, в частности, определение параметров передаточных функций траекторного детектора установки [17] и спектрометрического магнита. Результаты решения этих задач используются для определения параметров, характеризующих работу комплекса аппаратуры в целом и его отдельных звеньев (технический контроль), а также для физического контроля хода эксперимента. Самыми общими характеристиками являются оценки доли событий (пример события, регистрируемого установкой, приведен на рис.6) заданной топологии (события с заданной множественностью; события, содержащие распад нейтральной частицы) и частоты регистрации реперных физических процессов (распады $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$, $K_s^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$). Частота регистрации таких событий составляет $\sim 1,5\%$ и $\sim 0,8\%$ соответственно. При общем количестве строящихся сотен статистических объектов (гистограмм, таблиц, диаграмм рассеяния и т.п.) наиболее общие характеристики системы координатных детекторов представляются в виде единственной таблицы (см. рис. 7) итоговых характеристик, включающих оценки математического ожидания множественности, размера кластеров и эффективность - вероятность регистрации координаты точки, принадлежащей траектории частицы.

6.2 Программы для моделирования, обработки и анализа данных

Для анализа данных эксперимента ЭКСЧАРМ разработан специальный комплекс программ, работающих на различных аппаратных платформах и в различных операционных системах.

Исследуемые физические процессы моделируются программой SIMEX, разработанной на основе системы GEANT-3 [21]. При прослеживании частиц каждого события используется детальное описание геометрии установки ЭКСЧАРМ, примененных в ее конструкции матери-

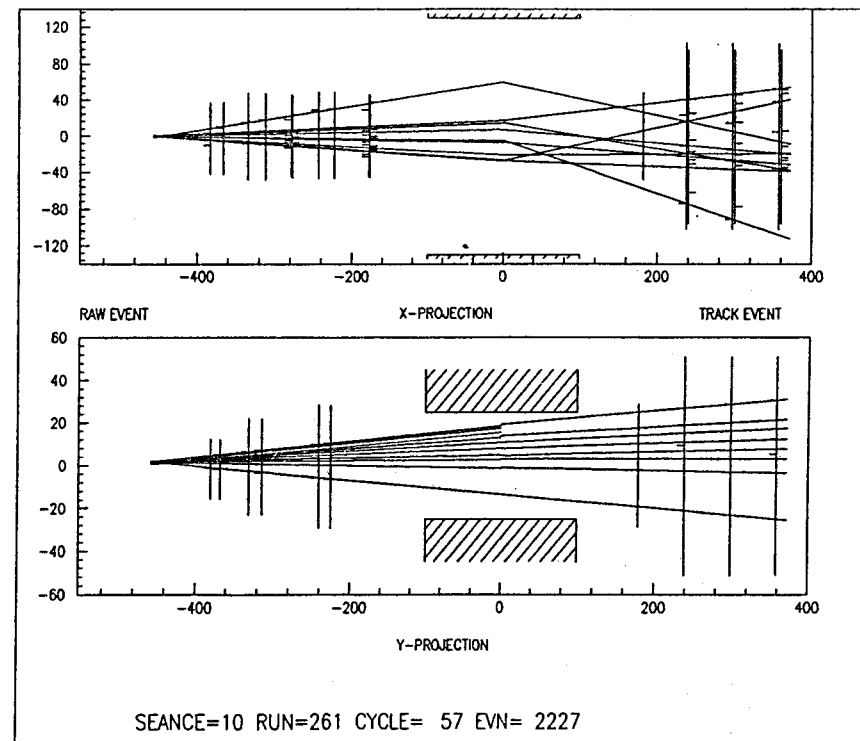


Рис. 6: Иллюстрация события, регистрируемого спектрометром ЭКСЧАРМ

алов и существующих сред. При расчете эффективности регистрации исследуемых процессов учитываются эффективность триггера, особенности конструкции и работы пропорциональных камер и системы идентификации заряженных частиц. В качестве генераторов событий используются как стандартные (FRITIOF [22], PSM [23], JETSET [24]), так и специально разработанные модели рождения частиц. Последние дают возможность проведения быстрого и гибкого моделирования конкретных инклюзивных процессов, что позволяет подобрать феноменологические параметры моделей, обеспечивающие наилучшее согласие с экспериментальными данными. Реализованная в SIMEX стандартизация основных директив и запись результатов моделирования на внешние накопители данных ЭВМ в едином формате DST эксперимента

ID=300

Число событий = 13929

Плоскость ПК	Доля отказов	Кол-во проволок	Кол-во кластеров	Средний размер кластера	Эффективность ПК
1 (1X)	.017	7.35	6.487	1.133	.793
2 (1Y)	.015	6.49	5.618	1.155	.829
3 (2X)	.000	9.41	7.675	1.226	.913
4 (2Y)	.001	8.42	6.734	1.250	.939
5 (3X)	.000	12.62	9.468	1.333	.969
6 (3Y)	.000	10.66	8.180	1.303	.952
7 (4X)	.000	11.27	9.042	1.246	.976
8 (4Y)	.000	9.87	7.948	1.242	.964
9 (5U)	.000	9.92	8.302	1.194	.895
10 (5V)	.000	9.34	8.147	1.146	.849
11 (6X)	.000	10.33	8.508	1.214	.957
12 (6Y)	.000	9.17	7.511	1.221	.938
13 (7X)	.000	10.30	8.000	1.288	.956
14 (7Y)	.000	9.40	7.546	1.246	.944
15 (8U)	.000	10.40	8.091	1.285	.933
16 (8V)	.000	10.50	8.168	1.285	.932
17 (AX)	.002	13.81	8.931	1.546	.932
18 (AY)	.001	11.35	8.434	1.345	.914
19 (AV)	.003	13.57	8.604	1.577	.919
20 (BX)	.002	11.18	7.588	1.474	.930
21 (BY)	.001	9.65	7.481	1.291	.944
22 (BV)	.001	11.07	7.558	1.465	.933
23 (CX)	.002	8.76	6.544	1.339	.930
24 (CY)	.001	6.93	5.835	1.188	.859
25 (CV)	.002	8.99	6.909	1.302	.912

Количество событий с числом треков ≥ 4 6045 43.399%

Количество VO-событий 7214 51.791 %
 Количество KO-событий 1567 11.250 %
 Количество LO-событий 969 6.957 %

Рис. 7: Таблица итоговых характеристик системы координатных детекторов установки ЭКСЧАРМ

обеспечивает полную унификацию процесса обработки и анализа экспериментальных и моделированных данных. Программа моделирования работает на машинах типа PC и на рабочих станциях. Отдельные функции программы и схема ее построения описаны в [25].

Для математической обработки первичных экспериментальных данных и моделированной информации создан многофункциональный программный комплекс BISON. Этот комплекс включает в себя несколько относительно самостоятельных программ. Программа BISON-CORPAR используется для геометрической калибровки модулей траекторного детектора - системы пропорциональных камер. Исходная информация для определения параметров передаточных функций координатных детекторов - данные геодезических измерений и данные регистрации калибровочной (с выключенным магнитом) и рабочей информации. Результаты работы этой программы - угловые, продольные и поперечные поправки локальных систем координат. В программе BISON-CORPAR реализован алгоритм, разработанный на основе метода, предложенного в [18]. Для распознавания траекторий используется программа BISON-TRAFIN. При создании этой программы использованы результаты разработок [19]. Программа геометрической реконструкции BISON-GEOKIN [20] используется для определения импульса и геометрических параметров траекторий частиц. В отличие от алгоритма, который генерируется методом обучающей выборки на основе реперного физического процесса $K_s^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ и используется в системе мониторинга экспериментов (B-алгоритм), в программе GEOKIN параметры траекторий определяются комбинированным методом (E-алгоритм): кусочно-линейное фитирование и численное решение системы дифференциальных уравнений движения частиц в магнитном поле со значимо нелинейной функцией индукции

$$\vec{B}(B_x(X, Y, Z), B_y(X, Y, Z), B_z(X, Y, Z)).$$

Существенно уступая B-алгоритму в адаптивности, скорости и экономичности, E-алгоритм обеспечивает более высокое импульсное разрешение. Например, в одинаковых условиях отношение сигнал/фон в спектре эффективных масс $K^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ на 40% выше для E-алгоритма. Программа BISON-STAR предназначена для распознавания и определения параметров событий реперных физических процессов, построения и декомпозиции статистических распределений этих параметров.

Объединенный институт
 ядерных исследований
 БИБЛИОТЕКА

Программа STAR используется для определения эффективных значений функции магнитного поля. При этом учитываются как изменения магнитного поля от сеанса к сеансу, так и слабый дрейф в рамках одного сеанса. Эта программа является удобным инструментальным средством для тестирования и настройки алгоритмов программ распознавания и определения параметров траекторий. Программа BISON-TRAGEN - внутрисистемная программа имитационного моделирования траекторной информации, которая предназначена для отладки алгоритмов программ геометрической калибровки, определения эффективностей и др. Результирующие файлы математической обработки экспериментальной информации и данных вспомогательных измерений (геодезических, магнитных и т.п.) являются входной информацией для решения широкого класса конкретных физических задач.

Программный комплекс BISON представляет функциональное наполнение системы массовой обработки. В рамках решения задач массовой обработки разработана система параллельной обработки данных ПАРИС [26] на базе кластера ЭВМ типа PENTIUM, сети ETHERNET и периферийных устройств типа Exabyte. Архитектура созданной системы соответствует схеме клиент/сервер. Управление кластером локализовано на сервере. Решена проблема мультидоступа к макромодулям ПАРИС, и следовательно, обеспечена возможность использовать компоненты ПАРИС в интерактивном режиме (контроль, подготовка программ, эвристический анализ данных) на фоне прохождения основного процесса - автоматической массовой обработки данных.

Для отбора событий выделенной топологии и выполнения статистического и физического анализа результатов моделирования и/или обработки используется модифицированная программа BISMXC [27]. Существенное сокращение объемов анализируемой информации (более чем в 6 раз относительно объема стандартных DST) и быстрый доступ к данным достигнуты за счет разработки и использования специального компактного формата событий - XCOMPACT. Программа работает на РС и на рабочих станциях.

7 Основные характеристики спектрометра

Проведенное моделирование условий эксперимента методом Монте-Карло позволило определить ожидаемые разрешения по импульсам за-

ряженных частиц и эффективным массам исследуемых состояний. Зависимость импульсного разрешения для заряженных пионов, регистрируемых установкой, от величины их импульса P для поля магнита СП-40А при токе 1000 а приближенно описывается формулой

$$\sigma(P)/P \approx 10^{-3} \cdot \sqrt{\alpha_P \cdot P^2 + 34,55},$$

где $\alpha_P = 0,65$ (ГэВ/с)⁻².

Сравнение ожидаемых и экспериментальных характеристик по массовому разрешению для различных частиц представляет табл. 3. В качестве реперных частиц использовались Λ^0 и K^0 , стандартные отклонения в распределениях эффективных масс которых могут считаться аппаратурным разрешением спектрометра.

Таблица 3

Частица	Масса, МэВ/с ²			σ (Гаусса), МэВ/с ²	
	Табличная	Модель	Наблюдаемая	Модель	Наблюдаемая
K^0	497,672±0,131	497,720±0,147	497,660±0,114	3,795±0,180	3,760±0,220
Λ^0	1115,684±0,006	1115,902±0,006	1115,902±0,014	1,544±0,014	1,548±0,013
Ξ^-	1321,32±0,13	1321,30±0,02	1321,8±0,4	1,895±0,190	1,972±0,099
Ω^-	1672,45±0,29	1672,7±0,1	1672,7±0,4	2,01±0,10	2,25±0,57
$\bar{\Lambda}^0$	1115,684±0,006	1115,858±0,102	1115,825±0,027	1,296±0,024	1,238±0,007
$\bar{\Xi}^+$	1321,32±0,13	1321,7±1,0	1321,7±0,8	1,852±0,037	1,79±0,13
$\bar{\Omega}^+$	1672,45±0,29	1672,5±1,2	1672,0±1,2	2,121±0,050	2,19±0,64

Разрешение спектрометра по эффективной массе проиллюстрировано также на рис.8 для K_S^0 (а), Λ^0 (б) и $\bar{\Lambda}^0$ (в).

На рис.9 приведены рассчитанные геометрические эффективности регистрации спектрометром очарованного бариона Λ_c^+ , распадающегося по каналу $\Lambda\pi^+\pi^+\pi^-$, для фиксированных значений его продольного импульса в зависимости от поперечного импульса. Геометрическая эффективность регистрации продуктов распада бариона по этому каналу, вычисленная для модели инвариантного сечения рождения Λ_c^+ , параметризуемой выражением

$$E \cdot \frac{d^2\sigma}{dX_F dP_T^2} \propto (1 - X_F)^n \cdot e^{-bP_T^2},$$

где E - энергия частицы, X_F - фейнмановская переменная, P_T - поперечный импульс, при значениях $n=2,5$ и $b=1,5$ (ГэВ/с)⁻², определенных ранее в работе [28], для области $X_F \geq 0$ составляет $\approx 0,9\%$. При этой

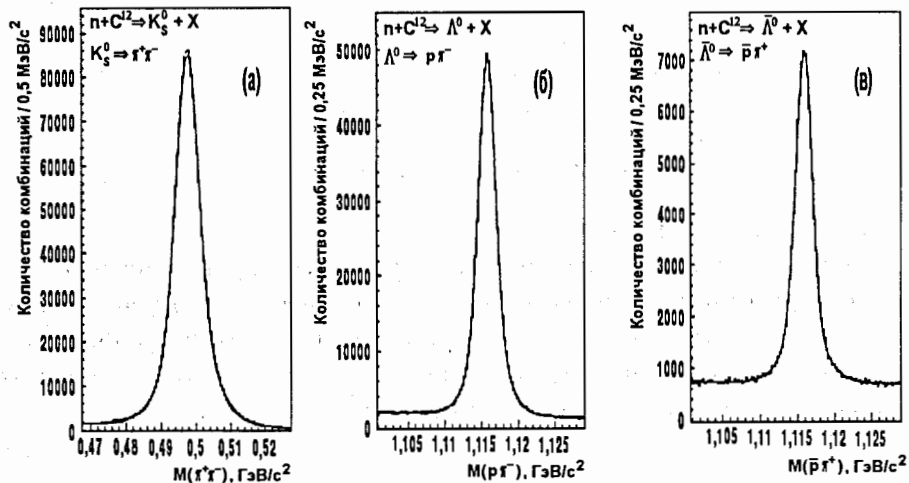


Рис. 8: Спектры эффективных масс состояний $\pi^+\pi^- (K_S^0)$ (а), $p\pi^- (\Lambda^0)$ (б) и $\bar{p}\pi^+ (\Lambda^0)$ (в)

же параметризации геометрическая эффективность регистрации продуктов распада бариония $K(3100)$ по каналу $\Lambda^0 \bar{p}\pi^+\pi^+$ в области $X_F \geq 0$ составляет $\approx 0,3\%$.

8 Основные физические результаты

В результате экспериментов, проведенных в 1992-1997 годах с помощью спектрометра ЭКСЧАРМ, накоплена информация о $\approx 6 \cdot 10^8$ nC^- , nCu^- и nW^- взаимодействиях. На основании анализа части этой информации получены следующие результаты:

1. Исследованы [29] характеристики рождения очарованного бариона Σ_c^0 , измерена разность между массами очарованных барионов Σ_c^0 и Λ_c^+ , которая составила $(167,8 \pm 0,6(\text{стат.}) \pm 0,2(\text{сист.}))$ МэВ/ c^2 ; измерено отношение парциальных ширин распадов Λ_c^+ по каналам $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 \pi^+\pi^+\pi^-$ и $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+\pi^-$, которое равно $2,6 \pm 1,2$. Полученные данные включены в обзор по физике частиц [30].
2. Проведено исследование [31] характеристик инклюзивного рождения ϕ -мезонов в nC -взаимодействиях и определено сечение рожд-

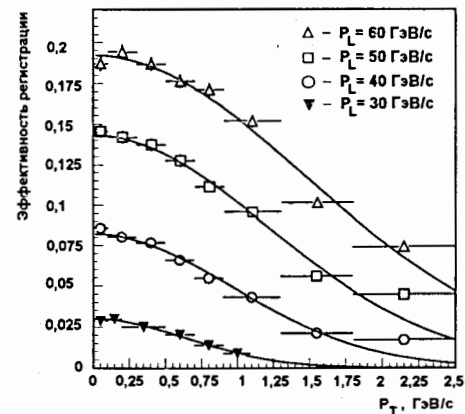


Рис. 9: Зависимость эффективности регистрации $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$ от поперечного импульса (P_T) бариона для различных фиксированных значений его продольного импульса (P_L)

ния ϕ -мезонов, которое для полной кинематической области равно $(267 \pm 60(\text{стат.}) \pm 9(\text{сист.}))$ мкб/нуклон.

3. Проведено исследование характеристик парного рождения ϕ -мезонов в nC -взаимодействиях и определено сечение такого процесса.

В настоящее время продолжается анализ накопленных данных с целью:

- поиска экзотических многокварковых состояний;
- изучения характеристик околорогового адронного рождения очарованных частиц;
- исследования парного и ассоциативного рождения ϕ -мезонов и проверки степени нарушения правила ОЦИ;
- определения характеристик адронного рождения и распада гиперонов, антигиперонов и странных резонансов.

9 Заключение

Создание спектрометра ЭКСЧАРМ в новой экспериментальной зоне канала 5Н серпуховского ускорителя открыло очередной этап в программе исследований характеристик адронного рождения частиц. Его использование позволяет получить новые экспериментальные данные по рождению очарованных барионов, ϕ -мезонов, гиперонов и странных резонансов.

Авторы признательны А.М.Балдину, А.А.Логунову, Р.Г.Позе, И.А.Савину, А.Н.Сисакяну и Н.Е.Тюрину за поддержку работ по созданию и развитию спектрометра, А.П.Бугорскому – за содействие в организации максимально эффективного его использования, коллективам СНЭО и ИФВЭ – за помощь в подготовке спектрометра к облучению и обеспечение стабильных условий проведения сеансов его экспозиции.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 96-02-18734, 96-07-89190, 98-07-90294)

Литература

- [1] Говорун Н.Н., Григалашвили Т.С., Гуськов Б.Н. и др. Исследование адронного рождения и свойств очарованных частиц и узких барионных резонансов на серпуховском ускорителе. Физическое обоснование проекта ЧАРМ. Научная программа. ОИЯИ, Р1-85-685, Дубна, 1985, 10 с.
- [2] Алеев А.Н., Баландин В.П., Брагадириану А. и др. Измерение энергетического спектра нейтронного пучка канала 5Н серпуховского ускорителя. ОИЯИ, Р13-94-312, Дубна, 1994, 16 с.
- [3] Аверьянов Ю.М., Алеев А.Н., Баландин В.П. и др. Магнитное поле магнитов СП-40А и СП-94. ОИЯИ, БЗ-10-9590, Дубна, 1976, 39 с.
- [4] Алеев А.Н., Баландин В.П., Бордюков А.А. и др. Измерение поля спектрометрического магнита установки ЭКСЧАРМ. ОИЯИ, Р1-97-368, Дубна, 1997, 6 с.

- [5] Аблеев В.Г., Арефьев В.А., Басиладзе С.Г. и др. Исследование пропорциональных камер с регистрирующей электроникой, переданной в производство фирме "POLON". ОИЯИ, 13-8829, Дубна, 1975, 18 с.
- [6] Айхнер Г., Алеев А.Н., Арефьев В.А. и др. Бесфильмовый спектрометр БИС-2 и его физические характеристики. ОИЯИ, 1-80-644, Дубна, 1980, 17 с.
Айхнер Г., Алеев А.Н., Арефьев В.А. и др. Система пропорциональных камер спектрометра БИС-2. ПТЭ, 1982, N3, с.40-44.
Алеев А.Н., Арефьев В.А., Баландин В.П. и др. БИС-2 - спектрометр для поиска и исследования узких резонансов. ПТЭ 1991, N1, с.50-60.
- [7] Aleev A.N., Arefiev V.A., Balandin V.P. et al. Proportional chambers with a $2 \times 1 \text{ m}^2$ working area for the EXCHARM spectrometer. IET, Vol. 38, No. 4, Part 1, 1995, p. 425-433.
Алеев А.Н., Арефьев В.А., Баландин В.П. и др. Пропорциональные камеры с размером рабочей области $2 \times 1 \text{ м}^2$ спектрометра ЭКСЧАРМ. ПТЭ 1995, N4, с.8-20.
- [8] Войчишин М.Н., Гуськов Б.Н., Девицин Е.Г. и др. Черенковский пороговый газовый четырнадцатиканальный счетчик. ПТЭ, 1985, N3, с. 71-73.
- [9] Алеев А.Н., Арефьев В.А., Баландин В.П. и др. Пороговый газовый 32-канальный черенковский счетчик спектрометра ЭКСЧАРМ. ОИЯИ, Р13-94-520, Дубна, 1994, 12 с.
- [10] Алеев А.Н., Александров Л., Баландин В.П. и др. Характеристики адронного калориметра установки "Меченные нейтрино". ОИЯИ, Р1-89-434, Дубна, 1989, 7 с.
- [11] Кадыков М.Г., Семенов В.К. Факторы, определяющие энергетическое разрешение адронного калориметра АК-600. ОИЯИ, Р1-91-36, Дубна, 1991, 11 с.
- [12] Алеев А.Н., Арефьев В.А., Баландин В.П. и др. Организация системы запуска спектрометра БИС-2. ОИЯИ, 13-86-427, Дубна, 1986, 15 с.

- [13] Горбунов Н.В., Карев А.Г., Мальцев Э.И. и др. Драйвер ветви ВД-411. В сб.: XII Международный симпозиум по ядерной электронике. ОИЯИ, Д13-85-793, Дубна, 1985, с.194-198.
- [14] Вовенко А.А., Кретов Ю.А., Семашко С.В., Скрипничук А.Г. Программный комплекс EXHATARE для доступа к устройству накопления EXB-8500 на компьютерах типа IBM PC/AT под управлением MS DOS. ОИЯИ, P10-94-493, Дубна, 1994.
- [15] Евсиков И.И., Иванченко И.М., Карпенко Н.Н. и др. МОНИТОР - подсистема сбора информации и контроля оборудования спектрометра ЭКСЧАРМ. ОИЯИ, P10-96-324, Дубна, 1996, 3с.
- [16] Евсиков И.И., Иванченко З.М., Иванченко И.М. и др. Математическое обеспечение неоднородной распределенной вычислительной системы для экспериментов в области физики высоких энергий. В сб.: IV всесоюзный семинар по автоматизации научных исследований в ядерной физике. ИФВЭ, Протвино, 1986.
- [17] Зинченко А.И., Иванченко З.М., Иванченко И.М. и др. Методика геометрической калибровки координатных детекторов установки ЭКСЧАРМ. ОИЯИ, P10-95-541, Дубна, 1995, 7с.
- [18] Говорун Н.Н., Иванченко И.М., Чвыров А.С. Определение параметров бесфильмовых камер. ОИЯИ, P5-5397, Дубна, 1970, 16с.
- [19] Иванченко И.М., Карпенко Н.Н., Кириллов Д.А. и др. Математическое обеспечение для распознавания траекторий, регистрируемых многочастичным спектрометром БИС-2. ОИЯИ, P10-89-436, Дубна, 1989, 10с.
- [20] Бонюшкина А.Ю., Иванченко И.М., Кекелидзе В.Д. и др. Алгоритмы определения эффективной массы K_s^0 и Λ^0 , регистрируемых спектрометром ЭКСЧАРМ. ОИЯИ, P1-93-168, Дубна, 1993.
- [21] Brun R. et al. GEANT Detector Description and Simulation Tool. CERN Program Library, W5013, 1994.
- [22] Hong Pi. Comp. Phys. Comm. 71 (1992) 173.
- [23] N.S.Amelin, M.A.Braun, C.Pajares. Z.Phys. C63 (1994) 507.

- [24] T.Sjostrand. Comp. Phys. Comm. 82 (1994) 74.
- [25] Аралбаева Г.А., Карпенко Н.Н., Квирикашвили Г.А. и др. Комплекс программ, расширяющий возможности формализованного описания эксперимента в системе GEANT3. ОИЯИ, P1-93-85, Дубна, 1993, 20с.
- [26] Иванченко И.М., Кореньков В.В., Кретов Ю.А. Параллельная система обработки экспериментальных данных на базе модели клиент-сервер. Труды Международной конференции "Математическое моделирование и вычисления в физике". ОИЯИ, Д5,11-97-112, Дубна, 1996, с.337-340.
- [27] Зинченко А.И., Камбурян А.Ф., Капишин М.Н. и др. BISMHC - программа статистического анализа данных со спектрометра БИС-2. Препринт ИФВЭ АН КазССР 92-01, Алма-Ата, 1992, 91с.
- [28] Алеев А.Н., Арефьев В.А., Баландин В.П. и др. Рождение Λ_c^+ -барионов во взаимодействиях нейтронов с энергией 40 - 70 ГэВ. ОИЯИ, Д1-83-865, Дубна, 1983, 10с.
- [29] Алеев А.Н., Баландин В.П., Евсиков И.И. и др. Наблюдение очарованного бариона Σ_c^0 в эксперименте ЭКСЧАРМ. Краткие сообщения ОИЯИ 3[77], 1996, с. 31-46.
Tatishvili G.T. Observation of Σ_c^0 Charmed Baryon in the Experiment EXCHARM. Proceedings of the 28th Int. Conference on High Energy Physics, Warsaw, Poland, p.500.
- [30] The European Physical Journal C, V.3, 1998, p.730, 733.
- [31] Алеев А.Н., Баландин В.П., Евсиков И.И. и др. Исследование инклюзивного образования ϕ -мезонов нейтронами на серпуховском ускорителе. ОИЯИ P1-96-437, Дубна, 1996, 20 с.
Molokanova N.A. Inclusive ϕ -meson Production in Neutron-Carbon Interactions at 20 - 70 GeV. Czech.J.Phys. 47 (1997) 919-924.

Для исследования характеристик адронного рождения очарованных частиц и поиска экзотических многокварковых состояний создан магнитный спектрометр ЭКСЧАРМ. Спектрометр расположен в нейтронном канале 5N серпуховского ускорителя. Основу спектрометра составляют спектрометрический магнит СП-40А, 11 пропорциональных камер (система из 25 сигнальных плоскостей), два многоканальных пороговых газовых черенковских счетчика и система сцинтилляционных счетчиков. Электроника спектрометра выполнена, в основном, в стандарте КАМАК. Среднее разрешение по массе Λ^0 , восстановленных по каналу распада $p \pi^-$, составляет $1,5 \text{ МэВ}/c^2$, по массе K_S^0 , распадающихся по каналу $\pi^+ \pi^-$, — $3,8 \text{ МэВ}/c^2$, по массе $\bar{\Lambda}^0 (\bar{\Lambda}^0 \rightarrow \bar{p} \pi^+)$ — $1,2 \text{ МэВ}/c^2$. Геометрическая эффективность регистрации продуктов четырехчастичных распадов очарованного бариона Λ_c^+ , содержащих нейтральную странную частицу Λ^0 или K^0 , составляет $\approx 0,45 \%$.

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ при поддержке РФФИ (гранты 96-02-18734, 96-07-89190, 98-07-90294).

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1998

Перевод авторов

The EXCHARM magnetic spectrometer has been employed to study charmed particle hadroproduction characteristics and to search for exotic multiquark states. The spectrometer is placed in neutron channel 5N of the Serpukhov accelerator. Spectrometric magnet SP40A, 11 proportional chambers (25 signal planes system), two multichannel threshold gas Cherenkov counters and scintillator counters system form the base of the spectrometer. The electronics of the spectrometer was made mainly in CAMAC standard. The mean resolution of Λ^0 reconstructed from the $p \pi^-$ decay channel is equal to $1.5 \text{ MeV}/c^2$, of K_S^0 from $\pi^+ \pi^-$ decay channel — $3.8 \text{ MeV}/c^2$, of $\bar{\Lambda}^0 (\bar{\Lambda}^0 \rightarrow \bar{p} \pi^-)$ — $1.2 \text{ MeV}/c^2$. The geometrical efficiency of the registration of the products of charmed baryon Λ_c^+ for part decay with neutral strange particle Λ^0 or K^0 , is equal to $\approx 0.45 \%$.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINP and supported by the Russian Foundation for Basic Research, grants 96-02-18734, 96-07-89190 and 98-07-90294.