

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

М - 171

1-81-574

МАКСИМОВ

Анатолий Николаевич

**СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ
БЕСФИЛЬМОВОГО СПЕКТРОМЕТРА БИС-2
ДЛЯ ПОИСКА И ИЗУЧЕНИЯ НОВЫХ ЧАСТИЦ**

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1981

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Лихачёв
Михаил Фёдорович

кандидат физико-математических наук
младший научный сотрудник

Гуськов
Борис Николаевич

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
старший научный сотрудник

Ставинский
Валентин Семёнович

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Вовенко
Анатолий Серафимович

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Физический институт АН СССР им. П.Н.Лебедева (Москва).

Защита диссертации состоится "22" октября 1981 года в "11" часов на заседании Специализированного совета Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, г.Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "15" сентября 1981 г.

Учёный секретарь
Специализированного совета *Умисарев* М.Ф.Лихачёв

Актуальность проблемы. За последние годы поиск и изучение новых, в том числе очарованных частиц представляет новое самостоятельное и важное направление в физике высоких энергий. К настоящему времени выполнено более 80 экспериментов, главной или побочной целью которых было обнаружение очарованных частиц в адрон-адронных взаимодействиях. Проведение такого рода экспериментов весьма затруднено ввиду малых сечений рождения очарованных частиц, малых парциальных ширин хорошо наблюдаемых каналов распада, а также из-за фоновых процессов. Поэтому в значительной части этих экспериментов очарованные частицы не наблюдались, а были получены в основном верхние границы парциальных сечений рождения очарованных частиц. Расчётные значения сечений рождения очарованных частиц сильно зависят от модельного подхода и различаются между собой более чем на два порядка. Аналогичная ситуация наблюдается при анализе экспериментальных результатов, полученных в практически одинаковой области исследуемых энергий. В связи с этим чрезвычайно важно продолжить экспериментальные исследования по поиску и количественному определению сечений рождения очарованных частиц в широком интервале энергий, включая область энергий адронов (30+70) ГэВ.

Цель работы - создание и исследование основных физических характеристик спектрометра БИС-2 ОИЯИ, предназначенного для поиска и изучения новых частиц, образуемых в адрон-адронных взаимодействиях на серпуховском ускорителе.

Новизна работы. Создана и исследована новая экспериментальная установка - бесфилмовый спектрометр на линии с ЭМ ЕС-1040 для проведения экспериментов на нейтронном пучке серпуховского ускорителя, использующая современные достижения как в технике детектирования элементарных частиц, так и в электронике.

Практическая и научная ценность. Данный спектрометр обладает характеристиками, находящимися на уровне характеристик лучших спектрометров, созданных в мире для экспериментальных исследований в области физики высоких энергий и элементарных частиц. Разрешения спектрометра БИС-2 по эффективным массам продуктов распада Λ^0 -гиперонов и K^0 -мезонов являются рекордными, что позволяет проводить с помощью спектрометра эффективные исследования странных и поиск очарованных частиц, распадающихся с участием Λ^0 -гиперонов и K^0 -мезонов.

С помощью созданного спектрометра успешно начаты эксперименты сотрудничеством Берлин-Будапешт-Дубна-Москва-Прага-София-Тбилиси. Дирекцией ОИЯИ утверждён и Научно-координационным советом при ИВЭ (г.Серпухов) одобрен на период 1981-1985 гг. проект экспериментов с помощью БИС-2 на серпуховском ускорителе: "Поиск и изучение узких

Объединённый институт
ядерных исследований
Библиотека

барионных резонансов, образуемых нейтронами высоких энергий.

Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы при планировании и проведении новых экспериментов на ускорителях и при более высоких энергиях.

Апробация и публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в работах [1, 2] и были представлены на XX Международную конференцию по физике высоких энергий (Мэдисон, США, июль 1980 г.).

Объём диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитированной литературы.

Автор защищает:

1. Создание и результаты исследования системы пропорциональных камер (ПК) для бесфильмового спектрометра БИС-2.

2. Создание и результаты исследования системы запуска бесфильмового спектрометра БИС-2 на основе ПК.

3. Создание БИС-2 и результаты исследования его основных физических характеристик, существенных для проведения экспериментов по изучению странных и поиску очарованных частиц в адрон-адронных взаимодействиях.

Структура и содержание диссертации

Во введении рассматриваются теоретические представления об очарованных частицах, на основе кварковой модели, и обзор современного экспериментального состояния по поиску и изучению очарованных частиц. Особое внимание уделено вопросу рождения очарованных частиц в адрон-адронных взаимодействиях. Теоретические и экспериментальные оценки сечений рождения очарованных частиц в адрон-адронных взаимодействиях сильно отличаются друг от друга даже в области близких энергий взаимодействующих частиц. На основе анализа экспериментальных данных отмечены характерные черты рождения очарованных частиц в адронных взаимодействиях и сформулированы характерные требования к экспериментальной установке, предназначенной для поиска и изучения очарованных частиц в адрон-адронных взаимодействиях.

Характерные черты рождения очарованных частиц в адронных взаимодействиях:

1) конечное состояние дочерних частиц от распада очарованных частиц (плюс сопровождающие их частицы) имеет относительно высокую множественность;

2) величины сечений рождений очарованных частиц малы и лежат в диапазоне $(10^{-27} + 10^{-33}) \text{ см}^2$, в зависимости от энергии взаимодействующих частиц и динамики их рождения;

3) парциальные ширины наблюдаемых мод распада не превышают, как правило, нескольких процентов;

- 4) распад протекает с характерным временем около 10^{-13} с ;
- 5) в продуктах распада очарованных частиц содержатся странные частицы (K^0 - мезоны, Λ^0 - гипероны);
- 6) рождение очарованных частиц можно наблюдать по характерному образованию лептонов от распада очарованных частиц.

Откуда следует, что спектрометр для поиска и изучения очарованных частиц должен:

- быть способным регистрировать события с высокой множественностью в конечном состоянии;
- обладать высокой чувствительностью к регистрации частиц с малыми сечениями рождения;
- иметь высокое разрешение по эффективным массам в районе $(1500+3000) \text{ МэВ}/c^2$;
- иметь высокую эффективность регистрации дочерних продуктов распада, таких как, например, Λ^0 , K^0 ;
- иметь в своём составе детекторы лептонов и гамма-квантов.

В первой главе дано общее описание экспериментальной установки и взаимодействия всех её узлов. Описываются электронная аппаратура, процессы регистрации данных, чтения и накопления информации, а также контроля за работой аппаратуры.

Спектрометр БИС-2 используется на серпуховском ускорителе на канале нейтральных частиц (4Н), в котором сформирован пучок нейтронов со средней энергией около 40 ГэВ. На рис. I приведена схема расположения аппаратуры спектрометра на канале 4Н.

Основу спектрометра составляют система из двухкоординатных ПК, спцинтилляционные счётчики (Г1), спектрометрический магнит СП-40. Для регистрации лептонов и гамма-квантов в состав установки входит черенковский ливневый детектор - годоскоп (ЧСШ) и мюонный детектор из спцинтилляционных счётчиков (Г2, Г3) и адронных фильтров из железа. Небольшая

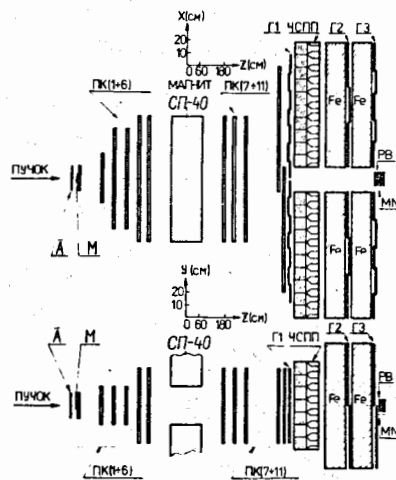


Рис. I. Блок-схема расположения аппаратуры на канале 4Н.

примесь в пучке нейтронов заряженных частиц (около 1,5%) игнорируется в эксперименте счётчиком антисовпадений (А). Поток нейтронов контролируется нейтронным монитором (МН). В БИС-2 используется спектрометрический магнит типа СП-40 с эффективной длиной по пучку 200 см и апертурой (100x29) см². В экспериментах по поиску очарованных частиц величина магнитного поля была выбрана так, чтобы поперечная составляющая импульса заряженных частиц, регистрируемых БИС-2 и пересекающих поле магнита, изменялась на 0,64 ГэВ/с. Нейтроны взаимодействовали с мишенью из углерода ϕ 5 см и толщиной 6,24 г/см².

Вторичные частицы до прохождения магнита регистрировались группой из шести ПК (ПК1+ПК6), а после магнита - группой из пяти камер (ПК7+ПК11). Для лучшего пространственного восстановления треков одна камера (ПК5) повернута на угол 22,5° относительно других, а сигнальные проволоки "X" и "Y" как в ПК7, так и ПК9 намотаны под углом 45° относительно друг друга.

Все использованные в спектрометре сцинтилляционные счётчики имеют стандартную конструкцию и просматриваются ФЭУ-30. Размеры сцинтилляторов в годоскопах: Г1 (14 шт.) - 200x650x10 мм³, Г2 (12 шт.) - 400x600x20 мм³, Г3 (20 шт.) - 200x650x10 мм³.

Нейтронный монитор (МН) состоит из трёх счётчиков, после первого счётчика расположена свинцовая пластина толщиной 4 мм. Первый счётчик включается на антисовпадения, два других - на совпадения. Диаметр сцинтилляторов во всех счётчиках - 120 мм, толщина - 10 мм.

Электроника БИС-2 состоит из аппаратуры, как размещённой непосредственно на ПК^{2,3,7}, так и расположенной в крайтах КАМАК в домике экспериментаторов. Схема электронной аппаратуры БИС-2 показана на рис. 2. Её полный объём - около 35 крейтов.

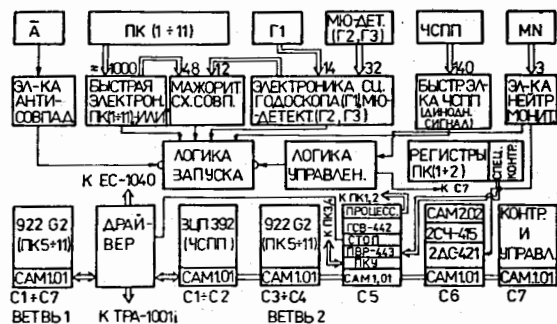


Рис. 2. Блок-схема электронной аппаратуры спектрометра БИС-2.

По своему функциональному назначению вся электронная аппаратура подразделяется на аппаратуру запуска, которая формирует импульс запуска установки, аппаратуру регистрации, которая работает на линии с ЭВМ, электронику связи, обеспечивающую работу спектрометра на линии с двумя ЭВМ: ЕС-1040 и ТРА-1001, и электронику управления и контроля.

Информация, поступающая с детекторов спектрометра, регистрируется электронной аппаратурой, передаётся в ЭВМ и накапливается на магнитных лентах, при этом ЭВМ ЕС-1040 используется для приёма, накопления и контроля данных, ЭВМ ТРА-1001 служит для наладки и профилактики спектрометра, а также для контроля отдельных узлов спектрометра во время эксперимента. Передачу данных в ЭВМ ЕС-1040 организует программа приёма, контроля и накопления информации. Запись информации на магнитные ленты происходит в том формате, в каком она поступает из установки, при этом часть информации обрабатывается с целью получения данных о динамических характеристиках спектрометра. При нарушении работы каких-либо узлов спектрометра на печать автоматически выдается соответствующая диагностика. Мёртвое время установки при приёме одного события не превышает 10+12 мс. В ЭВМ передаётся информация о приблизительно 100 событиях за один цикл ускорителя. Средняя длина одного события составляет 500+600 байт. При одновременной работе ЭВМ ЕС-1040 и ТРА-1001 ЭВМ ТРА-1001 имеет более высокий приоритет и позволяет оперативно детально проверить характеристики отдельных узлов спектрометра.

Во второй главе рассмотрены конструкции и результаты исследования характеристик ПК спектрометра на стенде и в пучке нейтронов на канале 4Н. В спектрометр БИС-2 входят ПК с размерами рабочих областей от 200x200 мм² до 1000x600 мм². Общее число сигнальных проводов в ПК превышает 6 тысяч^{4,5/}.

ПК спектрометра используется в эксперименте как для восстановления траекторий частиц, так и в системе запуска^{3/}. Показано, что они позволяют обеспечить высокую эффективность импульса запуска регистрации многотрековых событий при минимальном количестве вещества в детекторах частиц и надёжную работу спектрометра, в зависимости от физической задачи, в пучке нейтронов с интенсивностью до 2×10^7 нейтронов/с при толщине рабочей мишени от 1 до 20 г/см².

Размеры рабочих областей всех типов ПК спектрометра, а также их основные конструктивные параметры приведены в таблице I. Все одиннадцать ПК (кроме ПК2) двухкоординатные и содержат в одном газовом объёме две плоскости сигнальных проводов: X - с вертикальной и Y -

с горизонтальной намоткой проволоки, за исключением ПК7 и ПК9, у которых X- и Y-проволоки намотаны под углом 45° относительно друг друга.

Таблица I

№ ПК	Размеры мм		L мм		S мм		S1 мм		число сиг. пров.		ϕ пров. мм	ϕ сиг. пров. мм	Примечание
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y			
I	200	200	6	6	2	2	2	2	60	60	100	20	
2	400	300	8	-	2	-	2	-	160	-	100	20	
3,4	400	300	8	2	2	2	2	2	192	150	60	20	
5,6	820	300	8	8	2	2	2	2	396	138	60	20	
7,9	1000	600	6	6	2	2	I	I	456	456	100	20	Угол намотки $22,5^\circ$ от вертикали
8,10, II	1000	600	8	8	2	2	I	I	480	288	60	20	

L - расстояние между электродами; S - шаг намотки сигнальных проволок; S1 - шаг намотки высоковольтных (в/в).

ПК испытывались как от радиоактивного источника на стенде, так и на пучке нейтронов серпуховского ускорителя. В процессе испытаний исследованы: эффективность регистрации заряженных частиц как функция анодного потенциала; шумы ПК на участке "плато" кривой "эффективность-напряжение"; зависимость этих характеристик ПК от состава газа; влияние на эти характеристики поддерживающих линий; стабильность характеристик во времени; характеристики импульсных сигналов и т.п.

В результате проведенных исследований была выбрана оптимальная рабочая газовая смесь, состоящая из аргона (83,7%), углекислого газа (13%), паров этилового спирта (3%) и добавки фреона I3B1 (0,3%).

Характеристики однотипных камер практически не отличаются друг от друга. В качестве примера на рис. 3 показаны полученные в работе зависимости эффективности регистрации заряженных частиц и интенсивности шумовых импульсов от анодного напряжения для ПК-8. Из рис. 3 видно, что в рабочем диапазоне напряжение составляет 4,4-4,7 кВ. Эффективность регистрации частиц постоянна и выше 95%, а шумы не превышают 8 Гц на сигнальную проволоку.

На рис. 4 приведены распределения, характеризующие пространственное разрешение следов частиц в ПК (4а) и временной разброс сигналов с проволок ПК (4б). Показано, что первое равно 0,6 мм, а второе - 20 нс.

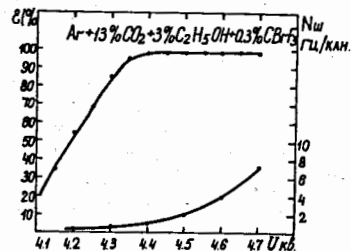


Рис. 3. Типичные зависимости эффективности регистрации заряженных частиц ПК БИС-2 и интенсивности шумовых импульсов (нижняя кривая) от анодного напряжения.

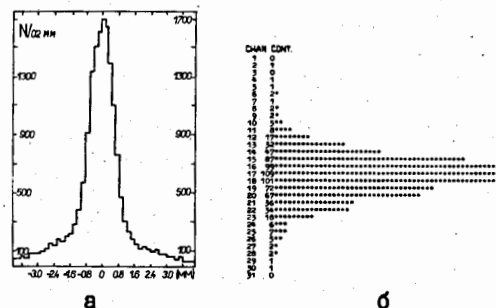


Рис. 4. Пространственное (а) и временное (б) разрешения ПК БИС-2. Шаг гистограмм на рис. 4б - 4 нс.

организуются с помощью сигналов "Быстрое ИЛИ", которые выводятся с каждой платы усилителей, размещенных на ПК^{3/}. Для уменьшения числа блоков электроники и кабельных коммуникаций годоскопические счётчики (секции) собраны из нескольких сигналов "Быстрое ИЛИ". В таблице 2 представлены числа и размеры годоскопических секций, на которые разделены все ПК спектрометра.

С ПК выводятся сформированные по длительности и амплитуде сигналы "ИЛИ", которые соответствуют 1/12, 1/4, 1/2, 1 частям от всех сигнальных проволок данной ПК. В зависимости от конкретной задачи, решаемой в эксперименте, все эти сигналы могут быть использованы в соответствующих комбинациях для организации сигнала запуска установ-

Все основные характеристики ПК в эксперименте контролируются как на линии с ЭМ в реальном времени, так и при последующем анализе данных на ЭМ в автономном режиме.

В третьей главе диссертации рассмотрены состав системы запуска и её характеристики.

Для экспериментов по поиску новых частиц была разработана оригинальная схема запуска. Её основу составляет набор годоскопических счётчиков, на которые разделены все плоскости сигнальных проволок ПК. Эти годоскопические счётчики и ГИ включаются в мажоритарные схемы совпадений, которые позволяют отобрать наперёд заданные комбинации и числа сработавших счётчиков и таким образом формировать требуемый сигнал запуска установки по числу частиц, пересекающих спектрометр. Спектрометрические счётчики органи-

ки ("Триггера"). Конструктивно электроника, вырабатывающая сигналы "Быстрое ИЛИ", размещена непосредственно на ПК.

Таблица 2

№ ПК	Число годоскопических секций		Размер одной годоскопической секции (мм)	
	X	Y	X	Y
1	8	8	8	8
2	40	-	8	-
3,4	24	19	16	16
5,6	12	4	72	72
7+II	12	8	84	72

В экспериментах по поиску очарованных частиц в нейтрон-углеродных взаимодействиях использовался относительно мягкий триггер. Основой запуска спектрометра являлись мажоритарные схемы. На рис. 5 приведена рабочая блок-схема запуска установки.

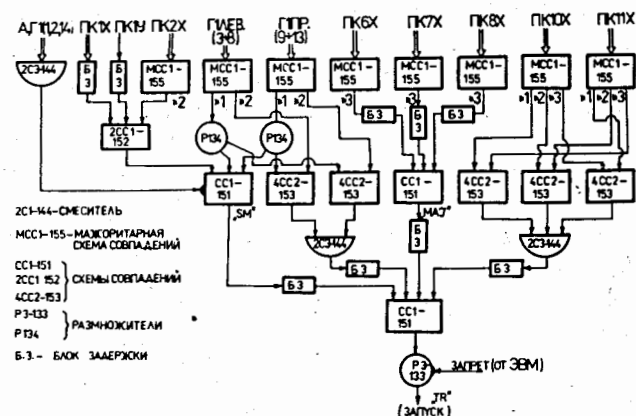


Рис. 5. Блок-схема запуска установки.

Для запуска спектрометра требовалось прохождение через спектрометр четырёх и более частиц и отсутствие сигнала в счётчике А, который позволял пренебрегать взаимодействием заряженных частиц. Крайние счётчики П1 (1,2,14) превышали апертуру спектрометра и поэтому в схему триггера не включались. Включение в схему триггера сцинтилляционных счётчиков П1 позволило уменьшить временной "джиттер" импульса запуска.

Разработанная система запуска оказалась очень гибкой и легко может использоваться для различных экспериментов, проводимых с помощью БИС-2, простым переключением кабелей (см. блок-схему на рис. 5). Более того, во время проведения эксперимента можно получать несколько последовательно вырабатываемых импульсов запуска, с помощью которых можно попеременно или в любой пропорции записывать в ЭВМ события из разных физических процессов. Например, диссоциация нейтрона в протон и пи-минус использовалась для привязки к интенсивности потока нейтронов, при этом в ЭВМ передавалось каждое десятое такое событие.

Анализ эффективности запуска спектрометра из-за просчётов показал, что она не менее 93%. Неэффективность триггера, когда две или более частиц попадают в одну годоскопическую секцию, рассчитанная методом Монте-Карло, составляет около 50%. Таким образом, полная эффективность триггера примерно равна 50%. Ложные решения мажоритарной логики, обусловленные в основном временным разбросом сигнала "ИЛИ", не превышают (3+4)%. При поисковых задачах заранее оценить эффективность триггера трудно, поэтому в эксперименте "полезным" всегда считалось событие, в котором содержится "вилка", сопровождаемая одним или более треками. Качество записываемой на магнитную ленту информации контролировалось по различным характеристикам, в том числе по "картинкам" топологии зарегистрированных событий, выводимых либо на дисплей, либо на печать. Пример топологии зарегистрированного многотрекового события приведён на рис. 6.

Среди записанных на магнитную ленту событий содержится более 50% событий с "вилками" и сопровождающими их треками. Среди событий с "вилками" находится около 10% событий из распадного объёма с кандидатами в лямбда, антилямбда и К⁰-мезоны, т.е. те события, среди которых можно искать очарованные частицы.

Четвёртая глава посвящена исследованию основных физических характеристик спектрометра ^{1/1}.

Важнейшими характеристиками спектрометров, подобных БИС-2, являются их геометрические точности восстановления треков и "вилки", угловое разрешение, эффективность регистрации вторичных частиц и разрешение по эффективной массе исследуемого процесса.

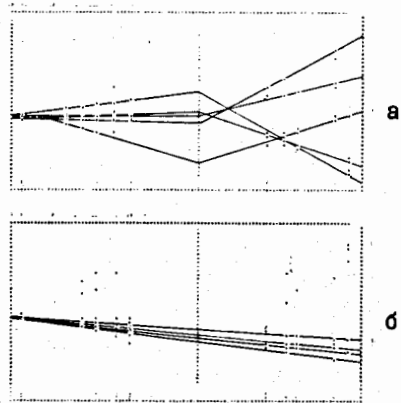


Рис.6. "Картинка" топологии зарегистрированного БИС-2 многотрекового события: а - в XZ -проекции; б - в YZ -проекции.

$X_{расп.} = \pm (0,28 \pm 0,01)$ см; $Y_{расп.} = \pm (0,27 \pm 0,01)$ см; $Z_{расп.} = \pm (2,16 \pm 0,09)$ см.

Угловое разрешение спектрометра, оценённое по результатам восстановления треков электрон-позитронных пар от конверсии гамма-квантов на углеродной мишени, составляет менее 1 мрад.

Эффективность восстановления треков в спектрометре определяется, в основном, эффективностью ПК. Эффективность ПК может несколько меняться от камеры к камере, что связано с их расположением на пучке, загрузкой ПК, уровнем фона и пр. Средняя эффективность ПК регистрации заряженных частиц составляет 97%.

Логика восстановления треков была следующая. Вначале находятся полутраектории за магнитом СП-40. При использовании двух опорных камер (ПК10 или ПК11) и (ПК8 и (или) ПК9) определяются полутреки в X- и Y-плоскостях независимо. Для нахождения кандидата в полутрек требуется наличие трёх или двух искр, лежащих на одной прямой. Сначала ищутся кандидаты в полутрек с тремя искрами при условии, что отклонение координат средней искры от прямой не превышало определённой величины. Так как эффективность ПК не 100%, то ищутся также кандидаты в полутрек из 2 искр, при этом используются только такие пары искр, которые ещё не вошли ни в один из кандидатов с 3 искрами.

Геометрические характеристики БИС-2 определялись с помощью программы геометрической реконструкции событий. На выходе программы определяются геометрические параметры (8 параметров) пространственных треков, прошедших через всю установку, по найденным трекам вычисляются импульсы частиц, находятся "вилки" из положительно и отрицательно заряженных частиц, определяются эффективные массы "вилок" в предположении, что положительно заряженная частица - протон или пион, а отрицательная - пион или антипротон. Эти данные записываются на магнитную ленту суммарных результатов. При этом неточности восстановления параметров вершин "вилок", определённые по результатам моделирования, следующие:

Затем формируются кандидаты в пространственные полутреки, при условии, что на таком полутреке есть хотя бы одна искра в ПК7. Аналогично ищутся полутраектории перед магнитом, с учетом информации о полутреках за магнитом и факт, что полутреки за и перед СП-40А должны "сшиваться" в центре магнита. ПК1 в логике поиска полутреков не участвует.

При выбранной логике восстановления треков вероятность нахождения полутрека за магнитом будет равна $P_1 = P_x \cdot P_y \cdot P_R$, где P_x, P_y - вероятности нахождения кандидата в полутрек в X-и Y-проекциях соответственно, а P_R - вероятность нахождения на треке хотя бы одной искры в ПК7. Аналогичное соотношение имеет место для вероятности нахождения (P_2) полутреков перед магнитом. Вероятность нахождения трека равна $P = P_1 \cdot P_2$.

Вероятности восстановления полутреков и треков приведены в таблице 3. Для средних эффективностей регистрации частиц в камерах $\xi_x = \xi_y = 0,97$.

Таблица 3

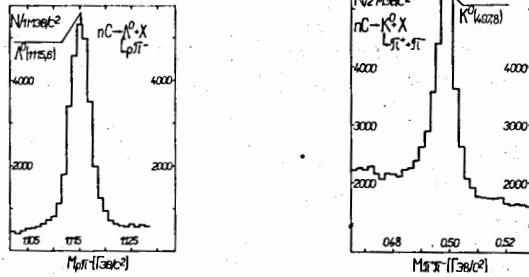
ПК до магнита, используемые для восстанов. трека	P_1	P_2	P
ПК (1+6)	0,9384	0,9985	0,9370
ПК (2+6)	0,9384	0,9964	0,9350
ПК (3+6)	0,9384	0,9384	0,8806

Эффективность регистрации спектрометром очарованных частиц была вычислена методом Монте-Карло. Поскольку динамика рождения этих частиц неизвестна, то эффективность была оценена в предположении их рождения в дифракционных процессах, которая оказалась равной около 10^{-4} . Исходя из вычисленной эффективности была сделана оценка чувствительности спектрометра БИС-2 к реакции с образованием очарованного бариона Λ_c^+ , распадающегося на $\Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$ или $K_S^0 p \pi^+ \pi^-$. Было получено, что за 1000 ч работы БИС-2 на У-70 можно достигнуть значения $\sigma \cdot BR = 10^{-32}$ см².

Высокое разрешение БИС-2 по эффективным массам распадных частиц в экспериментах по поиску очарованных частиц является очень важной характеристикой, т.к. на первом этапе в спектрометре отсутствуют детекторы-идентификаторы адронов. На рис. 7а,б показаны экспериментальные спектры эффективных масс $p\pi^-$ (а) и $\pi^+\pi^-$ (б) из распадов Λ_c^+ -и K_S^0 - частиц. Массовые спектры аппроксимировались функцией типа

$$\frac{dG}{dM} = BG + G, \quad (I)$$

где BG - полином, описывающий поведение фона; G - функция Гаусса. Найдено, что экспериментальные массовые разрешения для Λ^0 - и K^0 - частиц равны $1,75 \pm 0,03$ ($1,81 \pm 0,04$) $\text{МэВ}/c^2$; $3,16 \pm 0,07$ ($3,29 \pm 0,09$) $\text{МэВ}/c^2$ соответственно. В скобках показаны соответствующие величины, полученные при моделировании эксперимента. Видно, что экспериментальные величины разрешения для Λ^0 и K^0 находятся в хорошем согласии с ожидаемыми.



а - спектр эффективных масс $P\pi^-$; б - спектр эффективных масс $\pi^+\pi^-$.

В пятой главе диссертации в качестве иллюстрации качества работы созданного спектрометра кратко излагаются основные методические и физические результаты, полученные с помощью БИС-2. Спектрометр работает на канале нейтральных частиц (4Н) серпуховского ускорителя. За время его работы по программе поиска новых частиц, рождённых в нейтрон-углеродных взаимодействиях, записано на магнитные ленты более 20 млн. событий. На пяти миллионах событий найдено около 100 тысяч событий, содержащих лямбда-гипероны и около 20 тысяч событий с нейтральными каонами. На основе анализа этих событий были получены новые данные о рождении странных частиц нейтронами на ядрах углерода и поляризации рождённых Λ^0 .

К методическим результатам можно отнести прежде всего наблюдение с помощью БИС-2 известных странных резонансов ($S = -1; -2; -3$), рождённых в нуклон-нуклонных взаимодействиях. В качестве примера массовых разрешений спектрометра БИС-2 на рис.8 показан спектр

эффективных масс $\Lambda^0\pi^-$, на котором чётко виден пик, соответствующий Σ^- (1321).

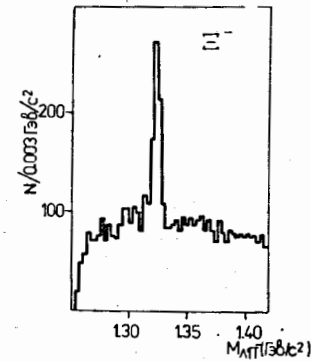


Рис.8. Спектр эффективных масс $\Lambda^0\pi^-$.

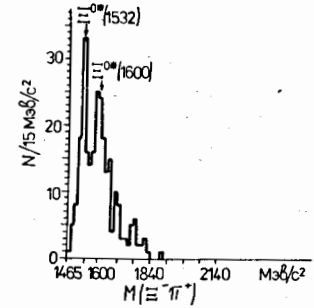


Рис.9. Спектр эффективных масс $\Sigma^-\pi^+$.

На рис.9 показан спектр эффективных масс $\Sigma^-\pi^+$, где хорошо виден пик Σ^{*0} (1530) на уровне восьми стандартных отклонений от фона и пик Σ^{*0} (1600) с меньшей статистической обеспеченностью. Имеющиеся в литературе скудные экспериментальные данные об этой последней частице противоречивы. Исследования на БИС-2 могут внести в эту проблему определенный вклад.

Важным физическим результатом, уже полученным с помощью БИС-2, является наблюдение в спектре эффективных масс $K_S^0 P\pi^+\pi^-$ узкого пика на уровне 4,3 стандартных отклонений от фона при массе $2,258 \text{ ГэВ}/c^2$ (рис.10). Если принять во внимание узость пика и

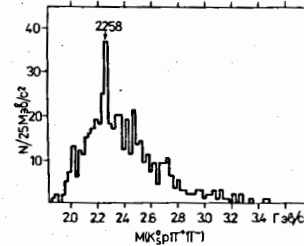


Рис.10. Спектр эффективных масс $K_S^0 P\pi^+\pi^-$.

его положение на шкале масс, он интерпретируется как распад очарованного бариона Λ_c^+ , рождённого в нейтрон-углеродных взаимодействиях со средней энергией нейтронов около 40 ГэВ.

Изучение с помощью БИС-2 поляризации лямбда-гиперонов, рождённых инклюзивно нейтронами на углероде в районе $0 < P < 1,0 \text{ ГэВ}/c$, показало, что она растёт с ростом поперечного импульса лямбда-гиперонов. Этот результат в пучке нейтронов получен впервые и на-

ходится в согласии с измерениями поляризации лямбда-частиц, рождённых инклюзивно в протонных пучках с помощью других установок. Показанные на рис. II результаты измерения поляризации лямбда-частиц на БИС-2 изображены чёрными кружками. На этом же рисунке приведены данные из двух других работ, полученные на пучках протонов.

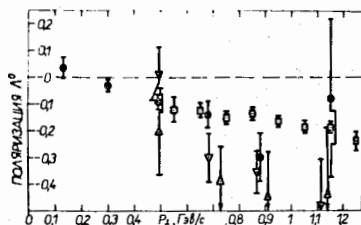


Рис. II. Результаты измерения поляризации лямбда-гиперонов, рождённых инклюзивно нейтронами на углероде в зависимости от поперечного импульса лямбда-частиц.

Полученные с помощью БИС-2 экспериментальные массовые распределения были аппроксимированы функцией типа (I) и определены разрешения БИС-2 для разных частиц, которые приведены в таблице 4.

Таблица 4

Сорт частицы	$\sigma_{\text{эксп.}}$ МэВ/с ²
Λ^0	$2,0 \pm 0,04$
Σ^-	$2,9 \pm 0,3$
Ω^-	$7,2 \pm 0,04$

Если сравнить разрешения по эффективным массам БИС-2 с разрешениями других спектрометров подобного класса для лямбда- и K^0 -частиц, то БИС-2 оказывается в числе лучших спектрометров мира, используемых в физике высоких энергий.

В заключении диссертационной работы сформулированы основные результаты и дана

рекомендация по дальнейшему совершенствованию спектрометра.

Основные результаты диссертационной работы:

1. Разработана и испытана система из многопроволочных пропорциональных камер с общим числом сигнальных проволок более 6 тысяч, являющаяся основой спектрометра БИС-2.

2. Разработана, испытана и внедрена в эксперимент систему запуска БИС-2, использующая пропорциональные камеры в качестве годоскопических счётчиков и позволяющая эффективно регистрировать определённое, наперед заданное, число заряженных частиц, пересекающих установку.

3. Исследована и определена разрешающая способность спектрометра БИС-2 по эффективным массам продуктов распада K^0 , Λ^0 , $\Sigma^{\pm*}$ (1385), Σ^- , Σ^0* (1530) на заряженные адроны. Эти характеристики спектро-

метра БИС-2 находятся на уровне современных аналогичных спектрометров, действующих на ускорителях ФНАЛ (Батавия) и ЦЕРНа.

4. С помощью созданного спектрометра уже получены новые экспериментальные данные о рождении странных частиц и поляризации Λ^0 и осуществляется плановая программа научных исследований на серпуховском ускорителе сотрудничеством Берлин-Будапешт-Дубна-Москва-Прага-София-Тбилиси.

Для уменьшения комбинаторного фона при изучении многочастичных процессов, идущих с малыми сечениями рождения ($\ll 1$ мкб), рекомендуется ввести в установку газовые черенковские годоскопические счётчики для идентификации заряженных адронов.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих работах:

1. Айхнер Г.,..., Максимов А.Н. и др. ОИЯИ, I-80-644, Дубна, 1980.
2. Гуськов Б.Н.,..., Максимов А.Н. и др. ОИЯИ, I3-I2039, Дубна, 1978.
3. Айхнер Г.,..., Максимов А.Н. и др. ОИЯИ, I3-80-161, Дубна, 1980.
4. Айхнер Г.,..., Максимов А.Н. и др. ОИЯИ, I3-80-463, Дубна, 1980.
5. Айхнер Г.,..., Максимов А.Н. и др. ОИЯИ, I3-80-464, Дубна, 1980.
6. Бирулёв В.К.,..., Максимов А.Н. и др. ОИЯИ, I3-80-144, Дубна, 1980.
7. Алеев А.Н.,..., Максимов А.Н. и др. Материалы XX Международной конференции по физике высоких энергий, статья 374 (Мэдисон, США, 1980 г.)

Рукопись поступила в издательский отдел
24 августа 1981 года.