

80-644



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

606/2-81

9/2-81

1-80-644

БЕСФИЛЬМОВЫЙ СПЕКТРОМЕТР БИС-2
И ЕГО ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1980

1-80-644

БЕСФИЛЬМОВЫЙ СПЕКТРОМЕТР БИС-2
И ЕГО ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Айхнер Г. и др.

1-80-644

Бесфильмовый спектрометр БИС-2
и его физические характеристики

Для поиска новых частиц на канале нейтральных частиц серпуховского ускорителя создан бесфильмовый магнитный спектрометр БИС-2. Спектрометр состоит из 11 пропорциональных камер, черенковского спектрометра, детектора мюонов и системы сцинтилляционных счетчиков и работает на линии с ЭВМ ЕС-1040 и ТРА-1001i. Электроника спектрометра занимает 35 крейтов в стандарте КАМАК. Разрешение черенковского спектрометра полного поглощения по энергии хорошо опи-

сывается формулой $\Delta E/E = \frac{11,4 - \begin{matrix} +1,1 \\ -0,9 \end{matrix}}{\sqrt{E} / \Gamma \text{ЭВ}}$. Разрешение по эффек-

тивной массе БИС-2 составляет для Λ^0 2,0 МэВ/с², для K^0 - 4,0 МэВ/с². Эффективность регистрации для дифракционных процессов - от 1 до 3%.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Eichner G. et al.

1-80-644

BIS-2 Filmless Spectrometer and Its Physical
Characteristics

The BIS-2 magnetic spectrometer employed in experiments on the search of new particles on a channel of neutral particles of the Serpukhov accelerator has been designed. It consists of 11 proportional chambers, the Cherenkov hodoscope, μ -meson detector, and of the system of scintillation counters and operate on-line with the EC-1040 and TPA-1001i computers. The spectrometer electronics occupies 35 CAMAC crates. The resolution of the Cherenkov hodoscope over energy is described by the formula:

$\Delta E/E = \frac{11,4 - \begin{matrix} +1,1 \\ -0,9 \end{matrix}}{\sqrt{E} \text{ (GeV)}}$. The resolution of the BIS-2 over the

effective mass for Λ^0 is 2.0 MeV/c², for K^0 - 4.0 MeV/c². The efficiency of registration for diffraction processes is from 1 upto 3 percent.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1980

1. ВВЕДЕНИЕ

Для поиска новых частиц с ненулевым квантовым числом "очарование" на серпуховском ускорителе создан бесфильмовый спектрометр с пропорциональными камерами - БИС-2. Поиск новых частиц осуществляется в сильных взаимодействиях при столкновении нейтронов с ядрами углеродной мишени по продуктам распада, среди которых есть нейтральные странные частицы, такие, как Λ^0 или K^0 , хорошо идентифицируемые магнитным искровым спектрометром^{/1/}.

В спектрах эффективных масс дочерних продуктов в случае рождения очарованных частиц должны наблюдаться узкие пики, ширины которых сравнимы с аппаратурными разрешениями спектрометра.

В работах^{/1,2/} наблюдались выбросы в спектрах эффективных масс $\Lambda^0 \pi^+ \pi^-$ при 2,09 ГэВ/с² и $\Lambda^0 K^+ K^-$ при 2,79 ГэВ/с². Однако достоверных заключений о существовании частиц с указанными массами не было сделано из-за недостаточной статистической обеспеченности экспериментальных данных. Для увеличения статистики, как минимум, на порядок необходимо было создать новую экспериментальную установку.

В качестве координатных детекторов нового спектрометра БИС-2 были выбраны пропорциональные камеры /ПК/, которые являются более быстродействующими по сравнению с искровыми. Кроме того, ПК позволяют организовать более совершенный и универсальный запуск установки^{/3/}.

В данной работе описывается схема БИС-2 на пучке нейтральных частиц серпуховского ускорителя и его физические характеристики.

2. ФОРМИРОВАНИЕ ПУЧКА НЕЙТРОНОВ

Канал Λ_n нейтральных частиц серпуховского ускорителя ориентирован на внутреннюю бериллиевую мишень диаметром 2 мм и длиной 20 мм под углом 11,3 мрад к циркулирующему пучку протонов. Внутренняя мишень расположена в вакуумной камере ускорителя на расстоянии /-21/ мм от оси равновесной орбиты ускоренных протонов.

Полная длина канала Λ_n от внутренней мишени до головных элементов БИС-2 составляет около 6,5 м. Пучок нейтронов форми-

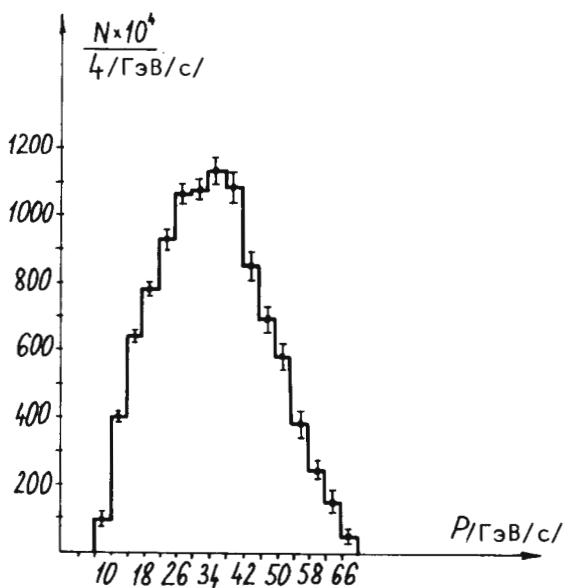


Рис.1. Импульсный спектр нейтронов в канале нейтральных частиц ${}^4\text{H}$ / серпуховского ускорителя.

Импульсное распределение нейтронов было оценено по реакции перезарядки /рис.1/ $p \rightarrow p n$.

Интегральная интенсивность нейтронов, вычисленная из данных по сечению перезарядки по двум интервалам импульса, /25÷30/ ГэВ/с и /30÷35/ ГэВ/с, оказалась одинаковой и равной $(0,85 \pm 0,2) \cdot 10^6$ нейтронов при сбросе на внутреннюю мишень 10^{11} ускоренных до 70 ГэВ протонов. Это значение находится в хорошем согласии с $(0,7 \pm 0,3) \cdot 10^6$ нейтронов - величиной, полученной из показаний нейтронного монитора MN /рис.2/.

3. СПЕКТРОМЕТР

Блок-схема расположения экспериментальной аппаратуры БИС-2 на канале ${}^4\text{H}$ приведена на рис.2. Основу спектрометра составляют: магнит СП-40, система из ПП ПК и сцинтилляционных счетчиков /Г1/. Для регистрации и идентификации электронов, позитро-

нуется системой из трех стальных коллиматоров с суммарной толщиной 9 метров, которые обеспечивают размеры пучка в области углеродной мишени спектрометра 48 мм по горизонтали и 65 мм по вертикали.

От гамма-квантов пучок очищался дистанционно управляемым свинцовым гамма-фильтром, максимальная толщина которого может достигать 20 см. Заряженные частицы удаляются из пучка полем ускорителя /6 м/ и расположенным непосредственно за гамма-фильтром полем магнита СП-129. После магнита СП-129 частицы пучка проходят по вакуум-проводу. На выходе канала пучок состоит в основном из нейтронов с небольшой примесью K_L^0 -мезонов /~1,5%/.

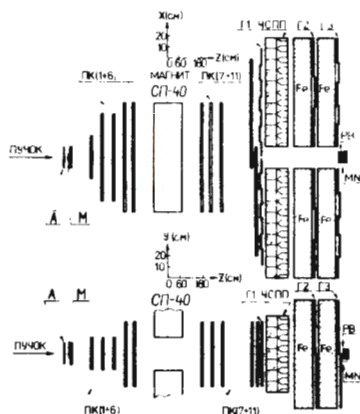


Рис.2. Блок-схема расположения аппаратуры БИС-2 на канале 4Н.

В экспериментах по поиску очарованных частиц величина магнитного поля СП-40 была выбрана так, чтобы поперечная составляющая импульса заряженных частиц, регистрируемых БИС-2 и пересекающих поле СП-40, изменялась на 0,64 ГэВ/с.

3.2. Пропорциональные камеры

ПК спектрометра используются как в системе запуска^{3/} БИС-2, так и для восстановления треков частиц. Они позволяют обеспечить:

1/ высокую эффективность триггера и регистрации многотрековых событий при минимальном количестве вещества в детекторах частиц;

2/ надежную работу спектрометра в пучке нейтронов с интенсивностью $2 \cdot 10^7$ 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 табл.1. Все ПК /за исключением ПК2/ двухкоординатные и содержат в одном газовом объеме две сигнальные плоскости: "х" - с вертикальной и "у" - с горизонтальной намоткой сигнальных проволоч. Подробно конструкция и характеристики ПК спектрометра описаны в работах^{5,6/}. На рис.3 и 4 представлены типичные для ПК спектрометра характеристики: зависимости эффективности регистрации

нов и гамма-квантов в составе спектрометра имеется черенковский ливневый детектор - годоскоп /ЧСП/. Для регистрации и идентификации мюонов в состав спектрометра входит детектор мюонов, состоящий из железных поглотителей и годоскопических сцинтилляционных счетчиков Г2, Г3. Небольшая примесь в пучке заряженных частиц /около 1,5%/ "убирается" из эксперимента счетчиком антисовпадений /А/. Поток нейтронов контролируется нейтронным монитором (MN).

3.1. Магнит

В БИС-2 используется спектрометрический магнит типа СП-40^{4/} с эффективной длиной магнитного поля 200 см и апертурой /100x29/ см².

Таблица 1

№ ПК	Размеры, мм		L, мм		S, мм		S ₁ , мм		N, сигн. пров.		φ, в/в пров., мкм		φ, сигн. пров., мкм		Примечание
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
1	200	200	6	6	2	2	2	2	2	2	60	60	100	20	
2	400	300	8	-	2	-	2	-	2	-	160	-	100	20	
3	400	300	8	8	2	2	2	2	2	2	192	150	60	20	
4	400	300	8	8	2	2	2	2	2	2	192	150	60	20	
5	820	300	8	8	2	2	2	2	2	2	396	138	60	20	
6	820	300	8	8	2	2	2	2	2	2	396	138	60	20	
7	1000	600	6	6	2,16	2,16	1	1	1	1	456	456	100	20	угол намотки 22,5°
8	1000	600	8	8	2	2	1	1	1	1	480	288	60	20	
9	1000	600	6	6	2,16	2,16	1	1	1	1	456	456	100	20	угол намотки 22,5°
10	1000	600	8	8	2	2	1	1	1	1	480	288	60	20	
11	1000	600	8	8	2	2	1	1	1	1	480	288	60	20	

X - размеры рабочей области ПК по горизонтали; Y - размеры рабочей области ПК по вертикали;

L - зазор между электродами; S - расстояние между сигнальными проволочками; N - число сигнальных проволочек, φ - диаметр сигнальных и высоковольтных проволочек; S₁ - расстояние между высоковольтными проволочками.

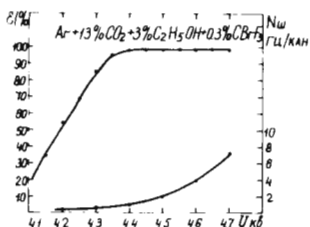
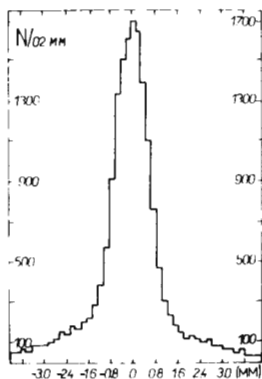


Рис.3. Типичная зависимость эффективности регистрации заряженных частиц ПК БИС-2 и интенсивности шумовых импульсов /нижняя кривая/ от приложенного к ПК напряжения.

Рис.4. Пространственное разрешение ПК / $\sigma \approx 0,6$ мм/.



прохождения заряженных частиц через ПК, интенсивности шумовых сигналов от приложенного к ПК напряжения и распределение, характеризующее пространственную точность ПК соответственно.

Пространственная корректировка "положения" ПК относительно друг друга в программе геометрической реконструкции треков производилась методом восстановления траекторий частиц, зарегистрированных установкой при выключенном и размагниченном магните. При этом величина остаточного поля в СП-40 не превышала 1÷3 гаусс. Этот метод позволяет "связать" все ПК с точностью не хуже $\pm 0,1$ мм. Общая система координат спектрометра "привязана" к пучку частиц и центру магнита СП-40: начало координат - в центре СП-40, ось Z - по направлению движения нейтронов, ось Y - вверх, ось X - так, чтобы система координат была правой.

3.3. Сцинтилляционные счетчики

В систему сцинтилляционных детекторов, образуемую 50 счетчиками, входят следующие элементы:

1. Система мониторинга нейтронного пучка (MN), состоящая из трех счетчиков диаметром 120 мм и толщиной сцинтилляторов 1 см. Между первым и вторым счетчиками расположена свинцовая пластина толщиной 4 мм /4,54 г/см²/, при этом первый счетчик включен на антисовпадения с остальными двумя для выделения из пучка нейтральных частиц. Импульсы с нейтронного монитора кроме контроля нейтронного пучка выполняли функции синхронизации работы установки с работой ускорителя.

2. Годоскопическая плоскость /Г1/, состоящая из 14 счетчиков с размерами /200x650x10/ мм³, используется в системе запуска по числу сработавших счетчиков.

3. Годоскопические плоскости /Г2, Г3/ вместе с четырьмя чугунными кубами размером /1,0x1,0x1,25/ м³ каждый образуют детектор, предназначенный для регистрации и идентификации мюонов от распада вторичных частиц. Плоскость Г2 содержит 12 счетчиков с размерами /400x600x20/ мм³. Плоскость Г3 состоит из 20 счетчиков размером /200x650x10/ мм³. Общее количество вещества в детекторе мюонов составляет около 20 ядерных длин.

4. Счетчик антивоспадения, расположенный до углеродной мишени, размером /250x250x10/ мм³ служит для "подавления" оставшейся заряженной фракции пучка /около 1,5%/.

Во всех сцинтилляционных спектрометрах использованы пластиковые сцинтилляторы и фотоумножители ФЭУ-30 с делителями, подобранными по максимуму сигнала.

3.4. Черенковский спектрометр полного поглощения /ЧСПП/

Черенковский годоскоп создан для регистрации электронов и гамма-квантов от распадов вторичных частиц. Он может быть также использован для подавления фона от адронов и мюонов^{7-10/}.

Годоскоп состоит из 140 идентичных элементов с радиатором из свинцового стекла ТФ-1 /радиационная длина ≈ 2,5 см/, образующих два плеча /по 70 элементов в каждом плече/, расположенных справа и слева от оси установки /см. рис.2/.

В ЧСПП применены фотоумножители типа ФЭУ-110 с диаметром фотокатода 70 мм, длительность сигнала с ФЭУ - /150÷180/ нс. В каждом элементе использован блок свинцового стекла с размерами /100x100x350/ мм³. Подробно конструкция и характеристики одного элемента ЧСПП описаны в работе^{11/}.

Энергетическое разрешение элементов черенковского годоскопа исследовалось на калибровочном пучке позитронов^{12/} в диапазоне энергий от 200 до 600 МэВ. Среднее энергетическое разрешение элементов в зависимости от энергии пучка позитронов описывается формулой

$$\frac{\Delta E}{E} (\text{FWHM}) = \frac{11,4 \pm 1,1}{\sqrt{E/\text{ГэВ}}}, \quad /1/$$

где E изменяется от 0,2 до 0,6 ГэВ.

Калибровочный пучок электронов на канале 4Н серпуховского ускорителя /при выведенном гамма-фильтре/ имеет разброс по импульсам примерно такого же порядка, что и разрешение спектрометра. На пучке электронов со средней энергией 5 ГэВ, рожденных в канале 4Н, было получено разрешение около 10%. При этом

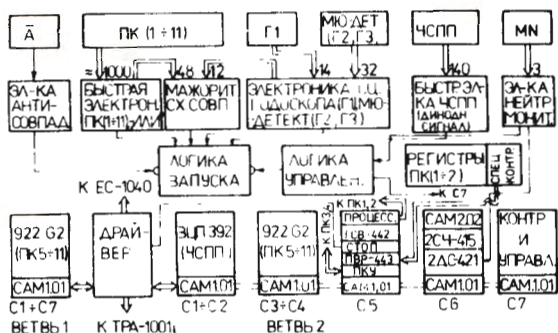


Рис. 5. Блок-схема электронной аппаратуры БИС-2.

энергетический разброс электронов в пучке составлял около 8%. Собственное энергетическое разрешение спектрометра с учетом поправки на энергетический разброс электронов составляет $1/5 \div 6\%$, что достаточно хорошо согласуется с формулой $1/\sqrt{E}$.

Линейность зависимости амплитуды сигнала ЧСПП от энергии налетающих электронов проверялась до энергии электронов 20 ГэВ. Отклонение от линейности в этом диапазоне энергий было не хуже $\pm 0,7\%$.

3.5. Электронная аппаратура спектрометра

Электроника БИС-2 состоит из аппаратуры, как размещенной непосредственно на ПК '6.13', так и расположенной в крейтах КАМАК. Вся аппаратура занимает около 35 крейтов (рис. 5). По своему функциональному назначению электроника может быть разделена на следующие группы.

1. Аппаратура запуска, задачей которой является формирование импульса запуска спектрометра. Основу системы запуска составляет мажоритарная логика, использующая сигналы "Быстрое ИЛИ" с ПК и сигналы со сцинтилляционного годоскопа Г1, которая позволяет выделять события с определенным числом вторичных частиц в конечном состоянии. Для выделения событий с мюонами, электронами и гамма-квантами в конечном состоянии в систему запуска установки могут быть включены детектор мюонов и ЧСПП. При этом используются сигналы ЧСПП, взятые с последних динодов ФЭУ-110. Задержка импульса запуска от момента взаимодействия нейтрона в углеродной мишени составляет $0,5 \div 0,6$ мкс, временное разрешение системы запуска, обусловленное применением ПК и мажоритарной логики³, не превышает $120 \div 150$ нс.

2. Аппаратура регистрации занимает 14 крейтов и объединена в две ветви КАМАК, по 7 крейтов в каждой ветви (C1-C7, рис. 5). В ее состав входит регистрирующая электроника ПК /свыше 6000 каналов/, зарядово-цифровые преобразователи ЧСПП/ЗЦП-392, 144

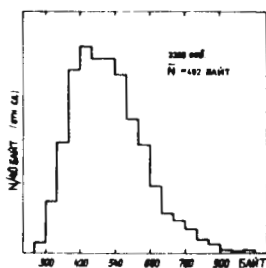


Рис.6. Гистограмма, характеризующая длину события в байтах.

канала/, регистры для системы сцинтилляционных счетчиков /50 каналов/, а также набор пересчетных схем /2СЧ-415, 2ДС-421/. Основной набор электроники ПК составляют блоки регистрации 922 G2 /180 шт./.

Подробно электроника запуска и регистрации БИС-2 описана в работах /3-16/. Длина массива информации на одно событие равна $400 \div 600$ байт, что удалось достичь передачей в ЭВМ слов только с ненулевой информацией /16/.

На рис.6 представлено распределение, характеризующее длину события в байтах.

3. Электроника связи обеспечивает работу спектрометра на линии с двумя ЭВМ, ЕС-1040 и ТРА-1001i. Все крейты с регистрирующей электроникой через стандартные контроллеры типа САМ.1.01 /17/ /см. рис.5/ связаны с универсальным драйвером /системным крейтом /19'/ и через него с ЭВМ ЕС-1040 и ТРА-1001i. Связь с ЭВМ ЕС-1040 осуществляется через селекторный канал /18/, связь с ТРА-1001i - через программный канал этой машины. Мертвое время при передаче одного события в ЭВМ ЕС-1040 составляет $11 \div 13$ мс и обусловлено наличием информации, выходящей из установки в виде четырех массивов /19/.

4. Электронику управления и контроля образует набор логических блоков, предназначенных для синхронизации работы спектрометра с ускорителем и организации сигналов прерывания для ЭВМ, а также набор программно управляемых блоков, служащих для измерения характеристик детекторов и контроля системы считывания /19/. Например, с помощью блока набора констант можно управлять работой спектрометра, заносить служебную информацию и задавать режим обработки он-лайн.

3.6. Программное обеспечение спектрометра

В программное обеспечение БИС-2 входят следующие программы:

1. Программа приема, контроля и накопления информации, являющаяся высшей по приоритету среди программ ЭВМ ЕС-1040. Она осуществляет подготовку регистрирующей аппаратуры спектрометра, разрешает выработку сигнала "триггер", организует чтение информации из установки и записывает ее на магнитные ленты.

Входной массив данных подвергается в ЭВМ контролю по следующим признакам:

а/ кратна ли длина массива данных трем, т.к. выходное слово из установки - двадцатичетырехразрядное, а прием осуществляется побайтно;

б/ все ли номера крейтов и станций соответствуют реально существующим;

в/ не нарушена ли последовательность возрастания номеров проволок ПК.

В случае нарушения какого-либо из этих условий на печать автоматически выдается соответствующая диагностика.

Запись данных на магнитную ленту производится в том формате, в каком они поступают из установки. Емкость входного буфера составляет 64 Кбайт.

С целью получения информации о работе спектрометра часть поступающих в ЕС-1040 данных обрабатывается. При этом можно получить следующую информацию:

1/ данные о работе системы ПК: частоты срабатывания проволочек, количество отказов, количество кластеров, размер кластеров, трековые эффективности ПК;

2/ данные о работе сцинтилляционных детекторов: частоты срабатывания и количество кластеров;

3/ данные о работе ЧСПП: частоты срабатывания и амплитудные распределения для каждого модуля;

4/ данные о работе системы считывания: число событий за цикл ускорителя, длины в байтах отдельных массивов, события, цикла.

Количество необходимых экспериментатору гистограмм задается с перфокарт в начале RUNa или в процессе набора статистики. Вывод заказанной информации на печать производится в конце автоматически или в произвольный момент по требованию экспериментатора. По требованию на печать выводятся также "картинки" топологии отдельных событий.

2. Тест-программы предназначены для детальной проверки работы отдельных узлов спектрометра и системы считывания. Этот контроль осуществляется с помощью малой ЭВМ ТРА-1001i²⁰, которая имеет более высокий приоритет по сравнению с ЭВМ ЕС-1040. Контроль может осуществляться также между циклами ускорителя. С помощью этих программ производится контроль ПК, калибровка и контроль ЧСПП, подбор задержек и длительностей строб-сигналов и т.д.

3. Программы геометрической реконструкции событий /офф-лайн/ производят восстановление траекторий частиц, зарегистрированных установкой, определение геометрических и кинематических параметров события, производят запись отобранных событий со всеми параметрами на магнитную ленту суммарных результатов (DST).

Имеется два варианта программ геометрической реконструкции событий, написанных для ЭВМ ЕС-1040 и ЭВМ CDC-6500.

На этапе поиска треков использовался следующий алгоритм.

С помощью ПК с "косой" намоткой^{/5/} находились пространственные треки за магнитом. Найденные треки продолжались до пересечения со средней плоскостью магнита ($Z=0$). Точки пересечения треков с указанной плоскостью использовались для нахождения плоскостных треков /в "XZ"- и "YZ"-плоскостях/ до магнита. Пространственные полутреки до магнита восстанавливались с помощью повернутой ПК^{/5/}.

На выходе программы восстанавливаются геометрические параметры /8 параметров/ сквозных пространственных треков, прошедших через установку.

После этого происходит вычисление кинематических характеристик события: импульсов всех восстановленных треков, нахождение "вилок" из "положительных и отрицательных" треков, определение эффективных масс "вилок".

На ленту суммарных результатов (DST) отдельно записывались события двух типов:

а/ DST с событиями, содержащими Λ^0 , $\bar{\Lambda}^0$, K^0 / $\approx 5\%$ от полного числа событий/;

б/ DST с "вилками" /50% от полного числа событий/.

При нахождении полезных событий использовались "геометрические обрезания" /см. рис.7, а/-в/ - распределения вершин "вилки", исходящих из углеродной мишени/. Вершиной "вилки" считается точка, расстояние от которой до всех треков, составляющих "вилку", - минимально.

$$\bar{r}_{\min} = \sqrt{\frac{\sum_1^n r^2}{n}}, \quad /2/$$

где n - количество треков.

На рис.8 представлены распределения, характеризующие \bar{r}_{\min} для двух- и трехтрековых событий соответственно.

Эффективность реконструкции событий, проверенная методом Монте-Карло, составляет около 90% для нейтральных вилок при эффективности ПК $\approx 96\%$.

Выходной формат для записи на DST представляет собой блок переменной длины из слов по 16 бит. На DST записывается служебная информация, вся первичная экспериментальная информация в декодированном виде, координаты искр, из которых составлены треки, параметры всех вилок и треков.

Программы оптимизированы по времени: на ЕС-1040 обрабатывается 2 соб./с, на CDC-6500 - около 3 соб./с.

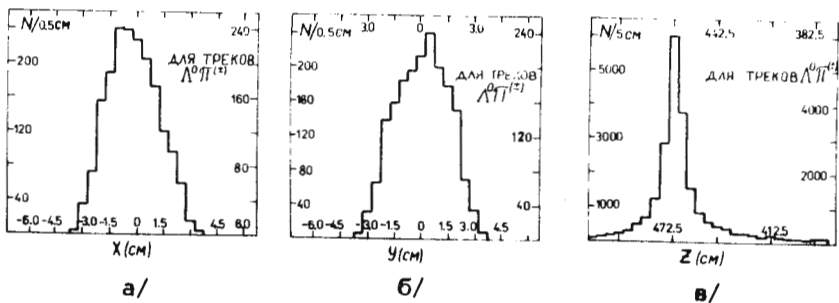


Рис. 7. Распределения вершин "вилок", исходящих из мишени: а/ по "X" - координате, б/ по "Y" - координате; в/ по "Z" - координате.

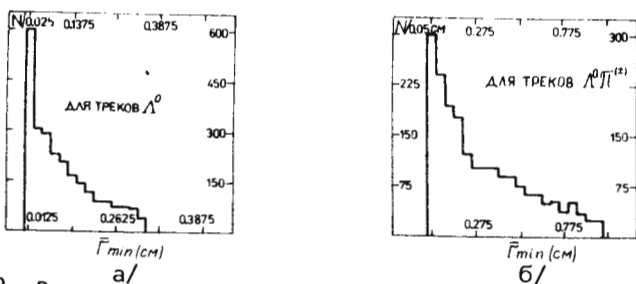


Рис. 8. Расстояния наибольшего сближения треков, составляющих "вилки".

4. ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЕКТРОМЕТРА

Важнейшими характеристиками спектрометров, подобных БИС-2, являются их эффективность регистрации вторичных частиц и разрешение по эффективной массе, определяемое разрешением по импульсу и по углу.

Эффективность регистрации обычно определяют с помощью моделирования методом Монте-Карло. Поскольку динамика рождения новых частиц неизвестна, методом Монте-Карло была оценена эффективность регистрации установкой некоторых дифракционных процессов типа

$$p \rightarrow \Lambda^0 K^0 p,$$

которая составила для различных дифракционных процессов $1 \div 3\%$.

Другой важнейшей характеристикой установки является ее разрешение по эффективной массе. При регистрации узких резонансов и частиц ширина пиков будет совпадать с аппаратурной.

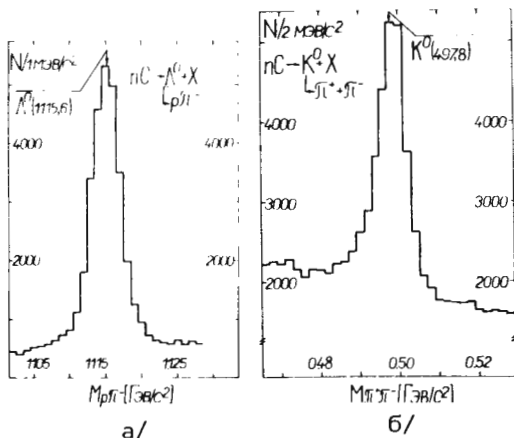


Рис.9. Спектры эффективных масс: а/ $p\pi^- (\Lambda^0)$, б/ $\pi^+\pi^- (K^0)$.

На рис.9а,б приведены спектры эффективных масс систем $p\pi^-$ и $\pi^+\pi^-$ из распадов Λ^0 - и K^0 -частиц. Разрешение (σ) по эффективной массе для Λ^0 составляет около 2 МэВ/с², для K^0 - около 4 МэВ/с². Спектры импульсов для этих частиц приведены на рис.10а,б.

С помощью БИС-2 были выделены известные резонансы с достаточно малым сечением рождения.

На рис.11а представлен спектр эффективных масс системы $\Lambda^0\pi^-$, на котором четко выделяются пики,

соответствующие $\Xi^- / 1321 \text{ МэВ/с}^2$ и $\Sigma^{*0} / 1385 \text{ МэВ/с}^2$ из мишени. На рис.11б приведен спектр для $\Xi^- / 1321 \text{ МэВ/с}^2$ из распадного объема /между ПК1 и ПК2/. На рис.11в/ показан спектр для Ξ^{*0} -частицы /1530 МэВ/с²/, распадающейся каскадно через Ξ^- .

На рис.12а приведено распределение разности углов между треками в "YZ"-плоскости до и после магнита, которое может характеризовать разрешение спектрометра по углу. На рис.12б представлено угловое распределение /по Θ^2 / для K_S^0 -мезонов, регенерированных из K_L^0 на мишени из меди длиной 30 см. Распределения на рис.12 показывают, что спектрометр может с успехом использоваться в экспериментах, где требуется хорошее угловое разрешение.

Достигнутые для БИС-2 характеристики находятся на уровне параметров лучших спектрометров, созданных для изучения странных частиц и редких резонансов. В табл.2 приведены разрешения по эффективной массе для некоторых спектрометров, аналогичных БИС-2 ²¹⁻²⁴. Спектрометр успешно работает на серпуховском ускорителе с 1978 г. За это время записано около 12 млн. событий. В настоящее время ведется обработка полученной информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В создании спектрометра принимали участие многие сотрудники ОИЯИ.

Авторы выражают глубокую благодарность А.М.Балдину, А.А.Кузнецову, И.Н.Семенюшкину, Ю.М.Попову, Л.Г.Макарову, П.К.Маркову,

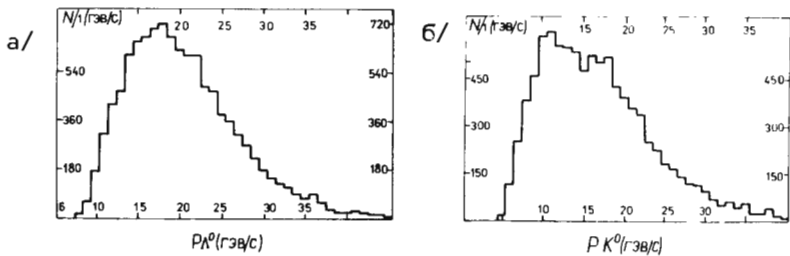


Рис.10. Импульсные распределения для Λ^0 -частиц /а/ и K^0 /б/.

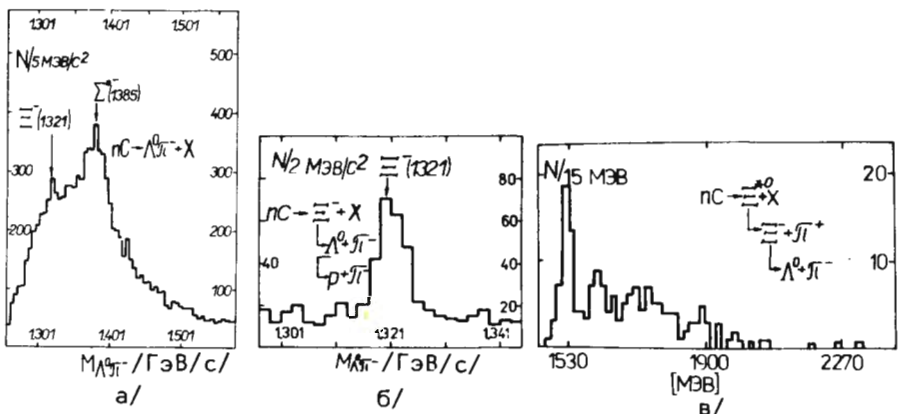


Рис.11. Спектры эффективных масс: а/ $\Lambda^0 \pi^-$, б/ $\Lambda^0 \pi^-$ /выделен резонанс Ξ^- /1321 МэВ/с²/, в/ $\Xi^- \pi^+$.

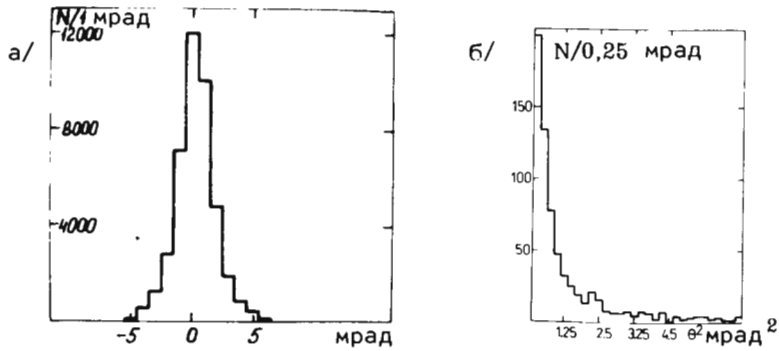


Рис.12. Распределения, характеризующие угловое разрешение спектрометра: а/разность углов между треками до и после магнита в "YZ"-плоскости; б/ угловое распределение регенерированных на меди K_s^0 .

Таблица 2

№№ пп	Авторы, ссылка	Тип спектрометра	Разрешение по эф.массе /МэВ/с ² /	Примечание
1	Семенов Ю.А. и др. Препринт ИТЭФ-34, 1977	с искровыми камерами	4,75 (К°)	Исследование редких распадов К°
2	L.Baksay et al. NIM, v.133, No.2, p.219-229	с пропорциональными камерами	5,1 (Λ°) 12,9 (К°)	Исследование частиц, рожденных около 0° на ISR (CERN)
3	M.Bourquin et al. PL, 87B, 297, 1979	с дрейфовыми и пропорциональными камерами	2,0 (Λ°) 3,0 (Ω ⁻)	Измерение времени жизни Ω ⁻ . Измерение парциальных шириин распада Ω ⁻
4	Y.Wise et al. PL, 91B, 165, 1980	с искровыми камерами	2,0 (Λ°)	Прецизионное измерение $\Gamma(\Lambda^0 \rightarrow p + e^- + \bar{\nu})$ $\Gamma(\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-)$
5	БИС-2, данная работа	с пропорциональными камерами	2,0 (Λ°) 4,0 (К°)	Поиск новых частиц, распадающихся на Λ°(К°)+ адроны

И.А.Савину, В.Г.Кривохижину, А.И.Малахову, В.В.Кухтину, З.М.Кохальской за постоянную поддержку работы.

Авторы благодарны И.Ф.Колпакову, В.К.Юдину, коллективу монтажной группы отдела новых научных разработок и всем сотрудникам ОННР ЛВЭ за помощь в изготовлении и наладке электронных систем спектрометра; Б.К.Курятникову и коллективу центрального опытного экспериментального производства ЛВЭ - за подготовку узлов установки и ее монтаж на канале; Е.А.Матюшевскому и коллективу КБ ЛВЭ - за конструирование узлов установки; В.С.Григорашенко, А.С.Филиппову и коллективу ОГЭ ЛВЭ - за разработку и выполнение монтажа электрической части спек-

рометра; группе химиков ЛВЭ - за изготовление сцинтилляторов; А.А.Баранову, А.Г.Парфеновой и коллективу отдела обслуживания ЛВЭ за обеспечение работ оборудованием и материалами; Н.Н.Граффову, А.И.Широкову, А.Ф.Елишеву, Л.А.Рачковой, В.В.Степановой, В.В.Рыбакову - за помощь в изготовлении и эксплуатации установки; особенно благодарны авторы Л.А.Рачковой за участие в оформлении работы; М.И.Соловьеву, Э.И.Мальцеву, Ю.Г.Баше, А.И.Григорьеву, В.К.Балашову, Э.И.Объезднову, Т.С.Объездновой, Н.А.Баландиной и коллективу СНЭО ОИЯИ - за помощь в монтаже установки и организации работ в Серпухове; Л.И.Варгановой, С.М.Вандровской, Н.М.Понамаренко - за постоянную помощь и организацию связи Дубна-Серпухов-Дубна.

Выполнение данной работы было бы невозможно без постоянной помощи и поддержки со стороны А.А.Логунова, Л.Д.Соловьева, В.А.Ярбы, К.З.Тушабрамишвили, С.П.Денисова и А.А.Морозова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айхнер Г. и др. ЯФ, 1978, 28, с.663.
2. Айхнер Г. и др. ЯФ, 1979, 29, с.94.
3. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 13-80-161, Дубна, 1980.
4. Аверьянов Ю.М. и др. ОИЯИ, БЗ-10-9590, Дубна, 1976.
5. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 13-80-463, Дубна, 1980.
6. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 13-80-464, Дубна, 1980.
7. Appel J.A. et al. Fermilab-Pub-75/41 Exp. 7100-288.
8. Александров Ю.А. и др. Препринт ФИАН, №31, М., 1979.
9. Кнапик Е. и др. ОИЯИ, 1-12428, Дубна, 1979.
10. Davydov V.A. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1977, 145, p.267-270.
11. Русаков С.В. и др. Препринт ФИАН, №148, М., 1976.
12. Бабашин Ю.Б. и др. Препринт ФИАН, №94, М., 1978.
13. Гуськов Б.Н. и др. ОИЯИ, 13-12039, Дубна, 1978.
14. Бирулев В.К. и др. ОИЯИ, 13-80-144, Дубна, 1980.
15. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 13-10524, Дубна, 1977.
16. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 10-80-433, Дубна, 1980.
17. KFKI CAMAC Modules Catalog, KFKI, Budapest, 1974.
18. Садовников В.Н. и др. ОИЯИ, 10-11624, Дубна, 1978.
19. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 10-80-434, Дубна, 1980.
20. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, 10-80-253, Дубна, 1980.
21. Семенов Ю.А. и др. Препринт ИТЭФ-34, 1977.
22. Baksay L. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1976, v.133, No.2, p.219-229.
23. Bourquin M. et al. Phys.Lett., 1979, 87B, p.297.
24. Wise J. et al. Phys.Lett., 1980, 91B, p.165.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 октября 1980 года.