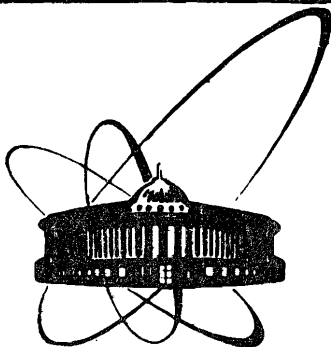


86-248

ЦБ



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-86-248

Б.Н.Гуськов, Е.Г.Девицин¹, В.П.Джорджадзе²,
М.В.Завертяев¹, А.И.Зинченко, М.Н.Капишин,
В.Н.Козлов¹, М.Ф.Лихачев, А.Л.Любимов,
В.В.Павловская¹, Т.Б.Прогулова³,
Г.Т.Татишвили², В.Д.Чолаков, Е.А.Чудаков³

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ АДРОНОВ
В СПЕКТРОМЕТРЕ БИС-2

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

¹ Физический институт АН СССР им.П.Н.Лебедева,
Москва

² Тбилисский государственный университет

³ Московский государственный университет
им.М.В.Ломоносова

1986

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ВВЕДЕНИЕ

Установка БИС-2/1/ - многочастичный спектрометр (рис.1), конфигурация которого обеспечивает преимущественную регистрацию вторичных частиц, соответствующих области фрагментации нейтронов пучка.

На первых этапах работы в БИС-2 не производилась идентификация заряженных адронов, поэтому круг задач, доступных для решения, был ограничен требованием, чтобы среди регистрируемых вторичных частиц наблюдались V^0 -частицы, т.е. Λ^0 ($\bar{\Lambda}^0$) - гипероны и K_S^0 - мезоны, распадающиеся вне мишени. Проводились эффективные поиски и исследования распадающихся с их участием очарованных частиц, узких барлонных резонансов и странных частиц^{1/2/}.

Введение в состав спектрометра системы идентификации заряженных адронов расширяет возможности установки: позволяет проводить исследования конечных состояний, не содержащих V^0 - частиц, а также уменьшить уровень фона при изучении конечных состояний с V^0 - частицами.

Аппаратура системы идентификации состоит из двух многоканальных пороговых газовых черенковских счетчиков (МПЧС-1 и МПЧС-2).

Задача системы идентификации - в многочастичных событиях разделять $\pi^\pm/K^\pm/p(\bar{p})$ в интервале импульсов этих частиц (3+40) ГэВ/c

Данная работа посвящена исследованию основных характеристик этой системы.

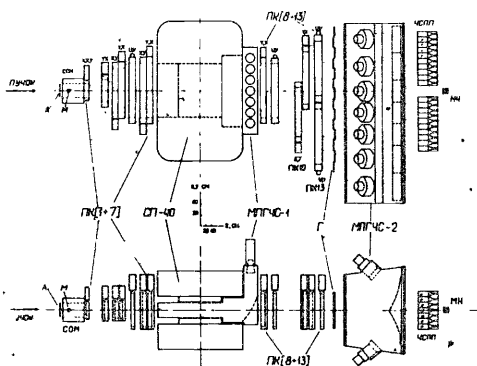


Рис.1 Схема спектрометра БИС-2.

ПК-пропорциональные камеры, А-спинтационный счетчик антисовпадений, М-мишень, Г- годоскоп спинтационных счетчиков, МН-монитор нейтронов, ЧСН- годоскоп черенковских счетчиков полного поглощения, СМ-спинтационные счетчики окружения мишени, МПЧС-1 и МПЧС-2 - многоканальные пороговые газовые черенковские счетчики, СП-40 - спектрометрический магнит.

МПГЧС и их расположение в установке БИС-2

Размещение и размеры счетчиков определялись условиями работы установки БИС-2 на канале $4H^{3/}$ серпуховского ускорителя: МПГЧС-1 установлен между полосами анализирующего магнита СИ-40, МПГЧС-2 - за координатными детекторами установки (рис.1). При таком размещении практически все регистрируемые спектрометром заряженные частицы проходят через оба счетчика.

МПГЧС предназначались для исследования событий, содержащих 3+5 заряженных частиц, зарегистрированных спектрометром. В связи с этим счетчики были конструктивно разделены на секции (каналы). Каждый канал содержит собственное фокусирующее зеркало и ФЭУ. Счетчики заполнены разными газами при атмосферном давлении.

Конструкции, технология изготовления счетчиков и их физические характеристики подробно описаны в работах^{4,5/}.

Количество каналов МПГЧС и расчетные пороговые импульсы частиц для черенковского излучения приведены в таблице I.

Таблица I

Счетчик	Газ	Кол-во каналов	Порог (ГэВ/с)		
			3,0	21,2	40,3
МПГЧС-1	воздух	7	3,0	21,2	40,3
МПГЧС-2	фреон-12	14	3,1	10,8	20,5

В идеальном случае система идентификации позволяет:

- в интервале импульсов $3 < P < 10$ ГэВ/с - отделять π^{\pm} от K^{\pm} , $p(\bar{p})$;
- в интервале импульсов $10 < P < 20$ ГэВ/с - полностью разделять π^{\pm} , K^{\pm} и $p(\bar{p})$;
- в интервале импульсов $20 < P < 40$ ГэВ/с - отделять π^{\pm} , K^{\pm} от $p(\bar{p})$.

Выбор газа с относительно высоким порогом черенковского излучения для МПГЧС-1 обеспечивает меньшую загрузку этого счетчика, а также исключает из регистрации частицы с небольшими импульсами, испытывающие значительные отклонения в магнитном поле, что упрощает анализ полученной информации.

Методика анализа экспериментальных данных

Идентификация заряженных частиц, регистрируемых установок БИС-2, осложнена следующими обстоятельствами:

- черенковский свет от одной частицы может попасть одновременно в несколько каналов МПГЧС, в среднем - в 1,5 канала в каждом из счетчиков;

- свет от различных частиц может попасть в один и тот же канал МПГЧС. Если предположить, что все вторичные частицы являются пионами, то относительное количество частиц, свет от которых полностью смешивается со светом от других частиц того же события, составляет около 30% в МПГЧС-1 и 20% в МПГЧС-2;

- наблюдаются фоновые сигналы от МПГЧС. Их вероятность была определена путем исследования сигналов от каналов, в которые не мог попасть свет от зарегистрированных частиц, она составляет (15-25)% для МПГЧС-1 и (10-15)% для МПГЧС-2.

Эффективности отдельных каналов МПГЧС были измерены в реальных условиях работы спектрометра БИС-2. Использовались события, содержащие только одну вторичную отрицательную заряженную частицу. Для зарегистрированных заряженных частиц рассчитывались характеристики возможного черенковского излучения, попадание света на фокусирующие зеркала и ФЭУ, среднее число фотоэлектронов. Полное число фотоэлектронов, образуемых частицей, определяется формулой:

$$N_{фэ}^{tot} = AL \sin^2 \theta, \quad (1)$$

где A - константа счетчика, расчетное значение которой $A=80$ см⁻¹ для обоих счетчиков. L (см) - длина радиационной среды счетчика; θ - угол черенковского излучения, который связан с массой m , импульсом P частицы и показателем преломления n газового радиатора счетчика следующим образом:

$$\sin^2 \theta = 1 - \frac{P^2 + m^2}{n^2 P^2} \quad (2)$$

Определялись эффективности отдельных каналов МПГЧС в зависимости от вычисленного для данного канала числа фотоэлектронов $N_{фэ}$. Эффективности каналов каждого счетчика оказались близкими и их можно параметризовать соотношениями:

$$E_1(N_{\phi_3}) = 1 - \exp(-0,8 N_{\phi_3}) \quad (3)$$

и

$$E_2(N_{\phi_3}) = 1 - \exp(-0,3 N_{\phi_3}) \quad (4)$$

для МПЧС-1 и МПЧС-2 соответственно /4,5/.

Алгоритм анализа многочастичных экспериментальных событий использует полученные значения эффективностей счетчиков.

Для всех заряженных частиц, траектории которых восстановлены, рассматриваются три гипотезы об их массе ($j = 1, 2, 3$), соответствующие пиону, каону и протону (или их античастицам). В рамках каждой гипотезы вычисляется распределение черенковского света и соответствующего числа фотоэлектронов между различными каналами каждого счетчика.

Условная вероятность гипотезы j для каждой частицы при данной конфигурации сигналов от МПЧС-1 и МПЧС-2 в соответствии с теоремой Байеса пропорциональна условной вероятности наблюдения этой конфигурации сигналов W_j (при условии справедливости гипотезы j) и "априорной" вероятности рождения частиц типа j в регистрируемых взаимодействиях. Подробное описание процедуры определения условных вероятностей W_j дано в приложении. Величину W_j , для удобства нормированную так, что $\sum_{j=1}^3 W_j = 3$, назовем "весом" данной гипотезы.

При отсутствии идентификации (импульс частицы - ниже порога свечения пиона, или частица не попадает в апертуру счетчиков): $W_1 = W_2 = W_3 = 1$. Значения $W_j \ll 1$ означают, что вероятность гипотезы j подавлена, и если при этом две другие гипотезы равновероятны, то их "веса" близки к 1,5; при однозначном выделении гипотезы j значение "веса" W_j близко к 3.

Характеристики системы идентификации

Исследование возможностей системы идентификации заряженных частиц основано на анализе данных экспериментов на установке БИС-2 по изучению очарованных частиц и узких баронных резонансов.

Частицы определенного типа отбирались по величинам соответствующих "весов". Эффективность правильной идентификации, связанная с потерями частиц нужного типа, а также уровень подавления частиц

других типов зависит от знака частицы и её импульса. При отборе K^- - мезонов необходимо подавить фон только от π^- - мезонов, поскольку количество антипротонов мало. При отборе K^+ - мезонов вклад в фон дают как π^+ - мезоны, так и протоны.

Для определения эффективности идентификации пионов и протонов использовались события, содержащие V^0 :

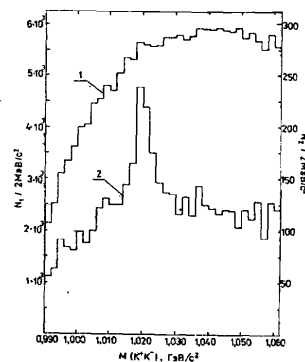
$$K_s^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-, \quad (5)$$

$$\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-, \quad (6)$$

что позволило выделить положительные частицы: π^+ в процессе (5), имеющие импульсы в интервале от 2 до 25 ГэВ/с, и протоны в процессе (6), имеющие импульсы от 5 до 30 ГэВ/с. Отбирались V^0 - частицы, для которых выполнялись условия $W_{\pi^+} > W$, $W_p > W$ соответственно для процессов (5) и (6), где W варьировалось от 0 до 3.

При наложении этих условий, наряду с подавлением фона под массовыми пиками K_s^0 и Λ^0 , теряется некоторая часть полезного сигнала. В частности, при $W = 0,4$ теряется около 2% и 4% полезных комбинаций из пика и "выбрасывается" около 35% и 25% фоновых комбинаций, соответственно в процессах (5) и (6). При увеличении W отношение сигнал/фон меняется слабо. При $W = 2$ теряется около 15% и 25% полезного сигнала в процессах (5) и (6) соответственно. При изменении W от 0 до 1,4 импульсные спектры p и π^+ практически не искажаются.

Рис. 2 Спектры эффективных масс комбинаций K^+K^- . 1 - гистограмма, полученная без идентификации каонов (N_1 - число событий), 2 - гистограмма, полученная с идентификацией каонов (N_2 - число событий).



Идентификация заряженных каонов исследовалась с помощью процесса

$$\Phi(I020) - K^+K^- \quad (7)$$

выделение которого иллюстрирует рис.2. Массовое распределение $M(K^+K^-)$ без использования системы идентификации представлено кривой 1, а кривой 2 - то же распределение для частиц, удовлетворяющих условиям $W_{K^+} > 1,4$, $W_{K^-} > 1,4$. В последнем распределении виден пик, соответствующий распадам (7), с отношением сигнал/фон около 1/2. Использование системы идентификации позволило снизить уровень фона приблизительно в 40 раз.

Наблюдение сигнала (7) при наложении ограничения на "вес" только кандидата в отрицательный каон $W_{K^-} > 1,4$, позволило исследовать эффективность идентификации положительного каона в зависимости от нижней границы его "веса" $W_{K^+} > W$. В частности, при $W = 1,4$ теряется около 15% полезных комбинаций из пика и выбрасывается около 75% фоновых. При $W > 1,5$ эффективность идентификации резко падает - теряется более 80% полезного сигнала. Кандидаты в положительный каон имеют импульсы в интервале (4+16) ГэВ/с, наложение условия $W_{K^+} > 1,4$ практически не искажает их импульсный спектр.

Эффективности идентификации отрицательных и положительных каонов в одном импульсном интервале должны быть близкими. Из приведенных данных следует, что условие $W_{K^-} > 1,4$ позволяет снизить уровень фона под пиком $\Phi(I020)$ приблизительно в 10 раз.

Система идентификации заряженных адронов была применена при исследовании очарованных частиц и узких барионных резонансов, распадающихся с участием V^0 - частиц:

$$\Lambda_c^+ \rightarrow K_s^0 p \pi^+ \pi^- \quad (8)$$

$$N_{\varphi}(1960) \rightarrow \Sigma^{*-} K^+ (\Sigma^-(1385) \rightarrow \Lambda^0 \pi^-) \quad (9)$$

Пик, соответствующий распаду (8), наблюдается в спектре эффективных масс комбинаций $K_s^0 p \pi^+ \pi^-$ (рис.3, незаштрихованная гистограмма), полученных на части имеющейся статистики тем же методом, что и в предыдущем эксперименте на установке БИС-2/6/.

События, из которых построены эти комбинации, подвергались дальнейшему анализу с помощью системы идентификации - отбрались кандидаты в π^+ , удовлетворяющие условию $W_{\pi^+} > 0,1$, и кандидаты в протон - $W_p > 0,9$, что соответствует незначительной потере сигнала в соответствии с результатами анализа V^0 - частиц.

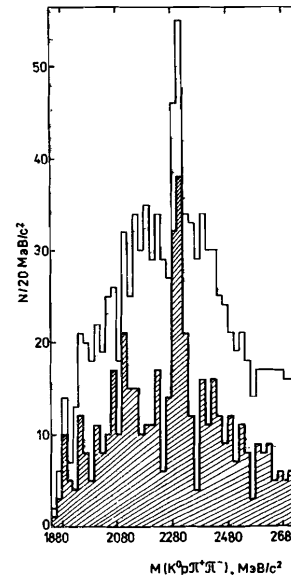


Рис.3 Спектры эффективных масс комбинаций $K_s^0 p \pi^+ \pi^-$, полученные без идентификации адронов (незаштрихованная гистограмма) и с идентификацией протона и π^+ - мезона (заштрихованная гистограмма).

Спектр эффективных масс комбинаций, удовлетворяющих этим условиям, построен на рис.3 (заштрихованная гистограмма). При практически полном сохранении сигнала Λ_c^+ , фон под пиком уменьшился примерно на 50%.

Распад узкого барионного резонанса (9) был обнаружен ранее в экспериментах на установке БИС-1/7/ и БИС-2/8/. Так как распады $\Sigma^{*-} \rightarrow \Lambda^0 \pi^-$ идентифицируются спектрометром, задача состояла в идентификации K^+ - мезона.

Спектр эффективных масс комбинаций $\Lambda^0 \pi^- K^+$, при массе системы ($\Lambda^0 \pi^-$) в области массы Σ^- (1385) резонанса, представлен на рис.4 (незаштрихованная гистограмма). Применение критерия отбора $W_{K^+} > 1,4$ привело к подавлению уровня фона в ~3 раза (рис.4 заштрихованная гистограмма).

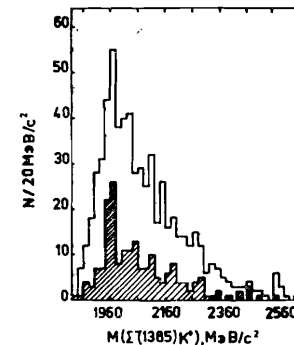


Рис.4 Спектры эффективных масс комбинаций $\Sigma^-(1385) K^+$, полученные без идентификации каона (незаштрихованная гистограмма) и с идентификацией каона (заштрихованная гистограмма).

Заключение

Создана система идентификации заряженных адронов для спектрометра БИС-2 на основе двух многоканальных пороговых газовых черенковских счетчиков. Разработан алгоритм анализа информации со счетчиков.

Результаты исследования показали, что система идентификации обладает достаточной эффективностью для идентификации заряженных адронов в многочастичных событиях. Она позволила выделить процессы с участием заряженных каонов (например $\Phi(1020) \rightarrow K^+K^-$) и существенно понизила уровень фона при исследовании процессов, содержащих V^0 (в процессах $\Lambda_c^+ \rightarrow K_s^0 p \pi^+ \pi^-$ приблизительно на 50% и $N_p(1960) \rightarrow \Sigma^-(1385) K^+$ на $\sim 70\%$).

В заключение авторы благодарят Т.С.Григалашвили и сотрудников СНЭО ОИЯИ за помощь в монтаже и наладке черенковских счетчиков, а также всех участников сотрудничества БИС-2, принимавших участие в подготовке и проведении сеансов по набору статистики и участвовавших в обработке первичной экспериментальной информации.

Авторы благодарят В.Д.Кекелидзе за постоянный интерес к работе и полезные обсуждения.

Литература

1. Айхнер Г. и др. ОИЯИ, I-80-644, Дубна, 1980.
2. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, I-84-457, Дубна, 1984.
3. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, I-83-910, Дубна, 1983.
4. Гуськов Б.Н. и др. ОИЯИ, I3-84-373, Дубна, 1984; ПТЭ, 1985, № 5, с.49.
5. Войчишин М.Н. и др. ОИЯИ, I3-84-161, Дубна, 1984; ПТЭ, 1985, № 3, с.71.
6. Aleev A.N. et.al. Z.Phys. C23 (1984) 333.
7. Алеев А.Н. и др. ЯФ, 1981, 34, с.386.
8. Aleev A.N. et.al. Z.Phys. C25 (1984) 205.
9. Акерлоф К. и др. Препринт ИФВЭ 77-86, Серпухов, 1977.

Вычисление вероятностей гипотез о типе частиц

Вычислим условную вероятность W_{nj} наблюдаемой конфигурации сигналов с МПЧС в предположении справедливости гипотезы номер j ($j = 1, 2, 3$ - пион, каон или протон) для частицы номер n ($n = 1, 2, \dots, N$; N - число зарегистрированных частиц в данном событии).

Обозначим условную вероятность наблюдаемого события в канале i (есть или нет сигнала), при условии выполнения гипотезы j относительно частицы n , через W_{nji} . При вычислении величин W_{nji} необходимо учесть:

- а) вероятность фонового срабатывания канала - B_i ;
- б) эффективность регистрации частицы - $\varepsilon(L_{nji})$, зависящую от рассчитанного для данного канала числа фотоэлектронов L_{nji} и определяемую формулами (3 и 4).

С учетом этого условная вероятность отсутствия в канале сигнала равна:

$$W_{nji} = (1 - B_i)(1 - \varepsilon(L_{nji})) \prod_m (1 - \varepsilon(L_{mki}))$$

где m - номер ассоциативной частицы (другой частицы данного события), которая могла дать свет в канал i ($m \neq n$).

В целях упрощения алгоритма для ассоциативных частиц рассматривается только одна - наиболее вероятная гипотеза об их массе, в данном случае гипотеза K для частицы номер m .

Условная вероятность наличия сигнала в канале i равна

$$W_{nji} = 1 - (1 - B_i)(1 - \varepsilon(L_{nji})) \prod_m (1 - \varepsilon(L_{mki}))$$

Принимая во внимание все каналы, в которые мог попасть свет от данной частицы, получаем значения трех условных вероятностей наблюдения определенной конфигурации сигналов:

$$W_{nj} = \prod_i W_{nji}$$

Процедура учета влияния ассоциативных частиц носит итерационный характер, вероятность частице номер m быть частицей типа K

равна произведению условной вероятности W_{mk} , полученной на предыдущем шаге, на "априорную вероятность" для данной частицы быть пионом, каоном или протоном. На первом шаге $W_{mk} = 1$. "Априорные вероятности" определялись с помощью измеренных инклюзивных спектров частиц в pN - взаимодействиях при 69 ГэВ/c^{19/}. Они зависят от знака и импульса частиц.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D17-81-758	Труды 11-Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 апреля 1986 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Гуськов Б.Н. и др.

P1-86-248

Идентификация заряженных адронов в спектрометре БИС-2

Описана система идентификация заряженных адронов, используемая в спектрометре БИС-2. Основу системы составляют два многоканальных пороговых газовых черенковских счетчика и соответствующий алгоритм анализа экспериментальной информации. Приведены результаты исследования характеристик этой системы. Показано, что с ее помощью возможна достаточно надежная идентификация заряженных адронов с импульсами 3 ± 40 ГэВ/с в наблюдаемых многочастичных событиях. В частности, система идентификации позволила выделить в спектрах эффективных масс пики, соответствующие частицам, в продуктах распада которых содержатся заряженные каоны /например, $\Phi(1020) \rightarrow K^+K^-$), а также позволила понизить уровень фона под пиками Λ_c^+ и $N_\Phi(1960)$ в спектрах эффективных масс $K_S^0 p \pi^+ \pi^-$ и $\Sigma^-(1385)K^+$ на 50% и 70% соответственно.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Guskov B.N. et al.

P1-86-248

Charged Hadron Identification in the BIS-2 Spectrometer

Charged hadron identification system for the BIS-2 spectrometer is described. The basis of system are two multichannel threshold gaseous Cherenkov counters and a corresponding algorithm for experimental information analysis. The results of the system characteristic investigation are presented. It is shown that the system allows one to identify charged hadrons with a sufficient reliability in the observed multiparticle events. In particular, the system allows the selection in the effective mass spectra of the processes with charged kaons (for example, $\Phi(1020) \rightarrow K^+K^-$), and it reduces the background level in the effective mass spectra of the processes $\Lambda_c^+ \rightarrow K_S^0 p \pi^+ \pi^-$ and $N_\Phi(1960) \rightarrow \Sigma^-(1385)K^+$ in ~50% and ~70%, respectively.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986