

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

A 91

P1-87-551

Р.Г.Аствацатуров, В.В.Архипов, С.Е.Васильев,
А.Ф.Елишев, Е.Кнапик, П.К.Маньяков,
С.Н.Пляшкевич, С.Г.Резников, А.И.Широков,
М.Н.Хачатурян

РАЗДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ
И АДРОНОВ СИСТЕМОЙ, СОСТОЯЩЕЙ
ИЗ "АКТИВНОГО" КОНВЕРТОРА,
СЦИНТИЛЛЯЦИОННОГО СЧЕТЧИКА
И СПЕКТРОМЕТРА ПОЛНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ

Направлено в журнал "Приборы и техника
эксперимента"

1987

1. ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных параметров черенковских спектрометров полного поглощения является вероятность имитации электронов и гамма-квантов адронами. Она зависит от энергетического разрешения спектрометров, диапазона измеряемых энергий и энергетических порогов регистрации частиц.

В условиях больших фоновых загрузок очень важно улучшить избирательность прибора к частицам электромагнитной природы. С этой целью часто используют систему из двух ливневых черенковских счетчиков, первый из которых выполняет роль "активного" конвертора /1-3/.

В данной работе исследуется возможность разделения электронов и адронов с помощью системы, состоящей из последовательно расположенных "активного" конвертора из свинцового стекла, сцинтилляционного счетчика длиной 1 м и черенковских спектрометров полного поглощения. Так как радиационная длина свинцового стекла заметно меньше величины среднего свободного ядерного пробега, электромагнитные ливни от электронов и γ -квантов в "активном" конверторе будут развиваться на меньшей длине, чем ливни, вызванные адронами. Следовательно, в сцинтилляционном счетчике, работающем в режиме dE/dX , амплитуда импульсов от электромагнитных ливней будет значительно больше, чем от ливней, вызванных адронами. Дискриминируя амплитуды импульсов от сцинтилляционного счетчика, можно дополнительно подавить адронный фон /4/.

Рассматривалась также возможность улучшения характеристик черенковских годоскопических систем с помощью времяпролетной техники. По разности времен распространения световых сигналов в сцинтилляционном счетчике /5/ была исследована точность измерения X-координаты "ствола" электромагнитного ливня.

2. СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА И УСЛОВИЯ РАБОТЫ

Измерения проводились на пучке π^- -мезонов с импульсом 2 ГэВ/с синхрофазотрона ОИЯИ. Интенсивность пучка пионов в течение эксперимента не превышала 1000 частиц в цикле ускорения, примесь электронов в пучке пионов составляла около 6%.

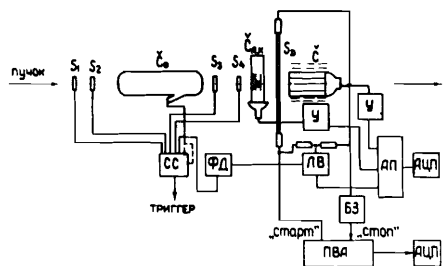


Рис. 1. Схема эксперимента: S_1, S_2, S_3, S_4 - сцинтилляционные мониторные счетчики, C_0 - газовый пороговый черенковский счетчик, $\check{C}_{A.K.}$ - "активный" конвертор или свинцовые пластины /"пассивный" конвертор/, \check{C} - матрица черенковских γ -спектрометров из свинцового стекла, ПВА - преобразователь время-амплитуда, АП - аналого-

вая память, АЦП - амплитудно-цифровой преобразователь, ЛВ - линейные ворота, У - усилитель, ФД - формирователь-дискриминатор, СС - система схем совпадений с выходами мониторингового /на рис. не показан/ и триггерного сигналов.

Упрощенная блок-схема эксперимента показана на рис. 1. Пучок мониторировался телескопом сцинтилляционных счетчиков S_1, S_2, S_3, S_4 , с размерами $5 \times 5 \times 0,5$ см каждый. Для выделения электронов в пучке пионов использовался газовый пороговый черенковский счетчик C_0 .

Исследуемая система включала:

1. Активный конвертор ($\check{C}_{A.K.}$) размерами $65 \times 14 \times 7$ см /длина $\check{C}_{A.K.}$ по пучку ≈ 3 рад.ед./или "пассивный" конвертор, состоящий из свинцовых пластин толщиной в 1 рад.ед. каждая.

2. Сцинтилляционный счетчик с размерами радиатора $100 \times 10 \times 2$ см (S_D). Пластмассовый радиатор сцинтилляционного счетчика через световоды из органического стекла длиной 25 см просматривался с торцов двумя фотоумножителями ФЭУ-30. Делитель для питания ФЭУ выбирался с учетом совмещения временного и спектрметрического режимов работы /6/.

3. Матрицу из черенковских гамма-спектрометров (\check{C}) /7/ в форме шестигранных призм с диаметром вписанной окружности 17,5 см и высотой 35 см / ≈ 14 рад.ед./.

Радиаторы черенковских счетчиков $\check{C}_{A.K.}$ и \check{C} изготовлены из свинцового стекла марки ТФ-1. Счетчики с торцов просматриваются фотоумножителями ФЭУ-49Б. Для подавления адронов напряжения на фотоумножителях сцинтилляционного счетчика подбирались таким образом, чтобы эффективность регистрации одиночных заряженных частиц для каждого ФЭУ составляла $\approx 50\%$. Сигналы с двух ФЭУ суммировались. Эффективность счетчика после суммирования сигналов с двух ФЭУ $\approx 75\%$.

Суммированный сигнал пропусклся через линейные ворота и разветвлялся по двум направлениям. Один сигнал, пройдя формирователь-дискриминатор, включался в триггер. Второй - вместе

с усиленными сигналами черенковских счетчиков интегрировался с помощью многоканальной емкостной аналоговой памяти и далее через мультиплексор подавался на аналого-цифровой преобразователь.

Временной анализ сигналов проводился последовательно время-амплитудным и амплитудно-цифровым преобразователями. Сигнал, приходящий на вход "Стоп" время-амплитудного преобразователя, имел дополнительную задержку, что обеспечивало требуемую последовательность сигналов.

Вся экспериментальная информация считывалась через кейт-контроллер и драйвер ветви КАМАК в ЭВМ ИР-2116В и записывалась на магнитную ленту.

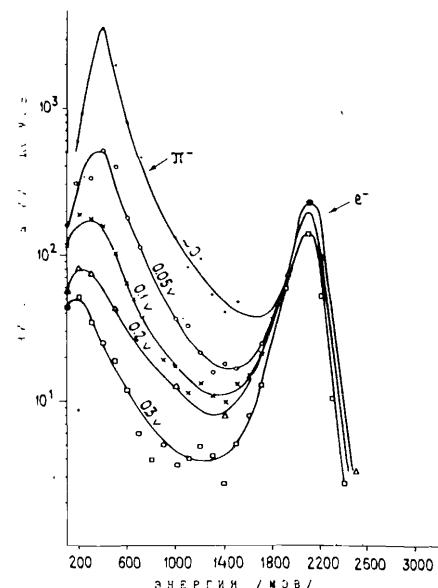
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Суммарные спектры электронов и π^- -мезонов были измерены системой ($\check{C}_{A.K.} + \check{C}$) при шести уровнях дискриминации амплитуд S_D - счетчика.

Результаты измерений иллюстрирует рис. 2. Представленные на рис. 2 амплитудные спектры для пяти значений порога дискриминатора ($D_i = 0,01; 0,05; 0,1; 0,2$ и $0,3$ В) нормированы на одинаковое число налетающих частиц.

Зависимость отношения $\eta = W_i / W_0$, где W_i - вероятность имитации электронов адронами для порога D_i , а W_0 - соответствующая вероятность для порога $D_i \approx 0$, от порога дискриминатора D_i приведена на рис. 3. На этом же рисунке /кривая ϵ / показана зависимость эффективности регистрации электронов от порога S_D .

Из рис. 3 видно, что система, состоящая из черенковских и сцинтилляционных счетчиков, позволяет подавлять адроны приблизительно в 9 раз при $\epsilon = 100\%$ и примерно в 14 раз при $\geq 90\%$.



Из рис. 3 видно, что система, состоящая из черенковских и сцинтилляционных счетчиков, позволяет подавлять адроны приблизительно в 9 раз при $\epsilon = 100\%$ и примерно в 14 раз при $\geq 90\%$.

Рис. 2. Суммарные спектры отрицательных пионов и электронов при 5 значениях порога сцинтилляционного счетчика S_D , $D_i = 0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3$ В.

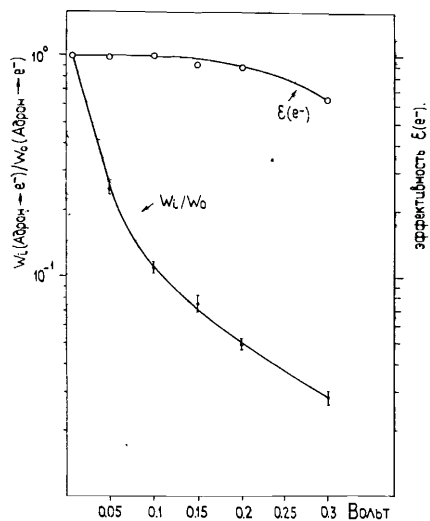


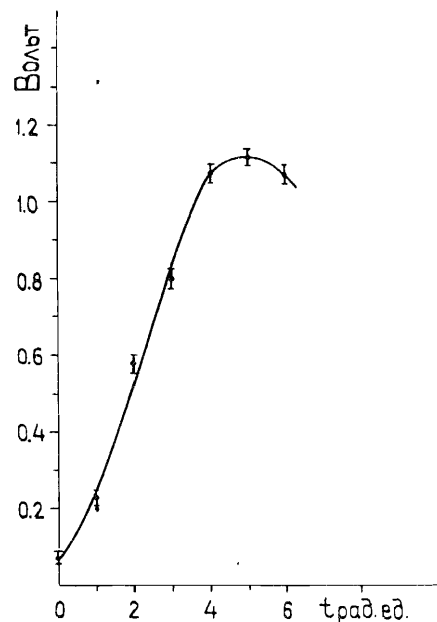
Рис. 3. Зависимость отношения $\eta = W_i/W_0$ от порога дискриминации S_D -счетчика, W_i - вероятность имитации электронов адронами для порога D_i ; W_0 - соответствующая вероятность для $D_i = 0$. Кривая ϵ - зависимость эффективности регистрации электронов от порога дискриминации S - счетчика.

Были проведены также измерения, в которых вместо "активного" конвертора использовались свинцовые пластины.

На рис. 4 приведена зависимость максимумов амплитудных спектров электронов от толщины

свинцового конвертора t , расположенного перед S_D . Из рис. 4 видно, что максимум кривой соответствует толщине $t_{max} = 5$ рад.ед. и числу электронов, равному 17 ± 2 .

Значение полуширины на половине высоты для левых частей амплитудных спектров сцинтилляционного счетчика при различной толщине конвертора приведены в таблице.



Из таблицы видно, что с увеличением толщины конвертора разрешение S_D сначала ухудшается из-за увеличения энергетических флуктуаций ливня, а при достижении $t \approx t_{max}$ улучшается.

Зависимость пространственного разрешения (σ_x) S_D -счетчика от толщины конвертора представлена на рис. 5. Точность определения X -координаты "ствола" электромагнитного ливня, как видно из рис. 5, в

Рис. 4. Зависимость амплитуд импульсов со сцинтилляционного счетчика от количества свинцовых пластин, полученная на пучке электронов с $P_e = 2$ ГэВ/с.

Таблица

t рад.ед.	0	1	2	3	4	5	6
$\frac{\Delta A^-}{A} \cdot 100\%$	27	37	42	42	33	32	32

интервале $\Delta t = 2 \div 6$ рад.ед. практически постоянна и равна $\sigma_x = 2,1$ см. Для оценки влияния конечных размеров пучка /эллипс с осями $X = 3$ см и $Y = 2$ см/ на пространственное разрешение S_D мониторный счетчик S_4 был развернут на 90° относительно оси пучка. Измеренная поправка на конечные размеры пучка составила 12%. Спектры пространственного разрешения для двух точек S_D -счетчика, отстоящих друг от друга на 35 см, приведены на рис. 6. Эти измерения были проведены в следующих условиях: $t = 3$ рад.ед. и $D_i = 0$.

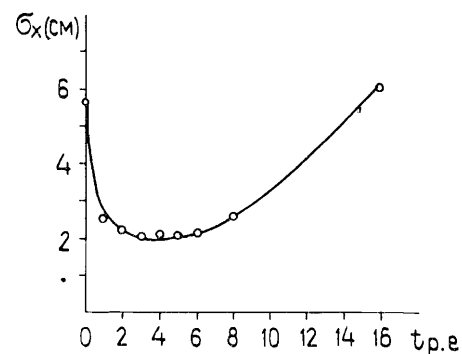


Рис. 5. Зависимость точности определения X -координаты "ствола" электромагнитного ливня счетчиком S_D от количества свинцовых пластин перед ним.

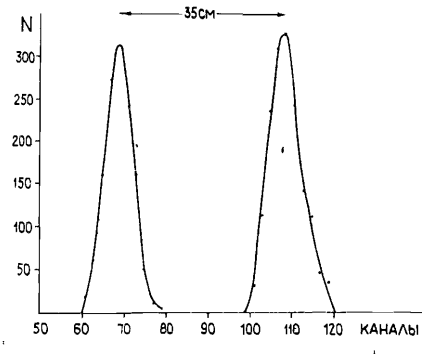


Рис. 6. Спектры пространственного разрешения для двух точек сцинтилляционного счетчика S_D , расположенных на расстоянии 15 и 50 см от края сцинтиллятора. Масштаб - $0,87$ см/канал.

В заключение заметим:

1/ Измерение координат "стволов" электрон-фотонных ливней с помощью времяпролетного сцинтилляционного счетчика позволяет улучшить пространственное разрешение y -спектрометров полного поглощения с ячейками больших размеров.

2/ Измерение времени пролета от мишени до спектрометрической системы может дать возможность восстанавливать эффективный объем мишени, в котором произошло взаимодействие пучковой частицы, а также явится дополнительным фактором подавления адронного фона.

ВЫВОДЫ

1. Добавление сцинтилляционного счетчика в систему "активный" конвертор - спектрометр полного поглощения позволяет улучшить разделение адронов и электронов.

2. Наличие "плато" в зависимости $\epsilon = f(D)$, где ϵ - эффективность регистрации электронов системой счетчиков, а D - уровень дискриминации амплитуды сцинтилляционного счетчика, позволяет включать сцинтилляционный счетчик в триггер без искажения спектров регистрируемых γ -квантов и электронов.

3. При высоких и сверхвысоких энергиях можно с помощью времяпролетной техники достигнуть точности пространственного разрешения в измерении "ствола" электромагнитного ливня $\sigma_{x,y} \approx 1$ см для систем с "активным" конвертором и $\sigma_{x,y} \approx 1$ мм - для свинцово-сцинтилляционных "сэндвичей", если измерять координаты ствола ливня для каждого слоя.

При сверхвысоких энергиях компоненты ливня будут лететь в узком конусе под очень малыми углами к оси ливня, поэтому матрицы спектрометров полного поглощения с малыми поперечными размерами ячеек потеряют важное преимущество: точность измерения координат γ -квантов.

Использование времяпролетной техники позволяет существенно сократить число спектрометрических каналов без ухудшения координатной точности.

4. Избыток света, выделяемого в сцинтилляционном счетчике при регистрации ливней, позволяет питать ФЭУ напряжениями ниже номинальных, что благоприятно сказывается на режиме работы ФЭУ.

5. Упрощается проблема эффективной передачи света от сцинтиллятора на катод ФЭУ, что важно при использовании счетчиков со световодами больших размеров.

В заключение авторы выражают признательность А.С.Чвырову, Х.У.Абраамяну, В.М.Изьорову на полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beale J.S. et al. In: Proc. 1973 Inter.Conf. on Inst. for High Energy Phys. Frascati, Italy, 8-12 May 1973, p.45.
2. Astvatsaturov R.G. et al. - Nucl.Inst. and Meth., 1973, 107, p.105.
3. Кнапик Е. и др. - ПТЭ, 1980, № 6, с.26.
4. Аствацатуров Р.Г. и др. Препринт ОИЯИ, Р1-86-254, Дубна, 1986.
5. Аствацатуров Р.Г. и др. - ПТЭ, 1971, № 1, с.77.
6. Аствацатуров Р.Г. и др. Сообщение ОИЯИ, 1-11082, Дубна, 1977.
7. Аверичев С.А. и др. - ПТЭ, 1979, № 4, с.57.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 июля 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

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.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
D3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
D1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
D9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
D7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р.10 к.
D2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986.	4 р.45 к.

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

Аствацатуров Р.Г. и др. P1-87-551
Разделение электронов и адронов системой, состоящей из "активного" конвертора, сцинтилляционного счетчика и спектрометра полного поглощения

На пучке π^- -мезонов с импульсом 2 ГэВ/с, содержащем $\approx 6\%$ электронов, исследовалось подавление адронов с помощью системы, состоящей из "активного" конвертора из свинцового стекла, черенковских гамма-спектрометров из свинцового стекла и сцинтилляционного счетчика длиной 1 м, просматриваемого с торцов двумя фотоумножителями и работающего в режиме dE/dx . Отбор событий в сцинтилляционном счетчике позволяет в 14 раз подавлять адроны при эффективности регистрации электронов $\geq 90\%$. Была исследована также точность σ_x определения X-координаты оси электромагнитного ливня, возникающего в конверторах /свинцовое стекло, свинцовые пластины/, по разности времен распространения световых сигналов в сцинтилляционном счетчике. Для конверторов толщиной от 2 до 6 рад.ед. σ_x практически постоянна и равна 2,1 см.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод Л.Н.Барабаш

Astvatsaturov R.G. et al. P1-87-551
Electron and Hadron Separation Using a System Consisting of an "Active" Converter, Scintillation Counter and Total Absorption Spectrometer

The possibility of hadron suppression with the aid of the system consisting of an "active" lead-glass converter, Cherenkov lead-glass χ -spectrometer and a scintillation counter 1m long was investigated on a beam of 2 GeV/c π^- -mesons that contains $\approx 6\%$ of electrons. The scintillation counter having two photomultipliers at two opposite ends operated in the dE/dx mode. The application of the system of counters makes it possible to increase the hadron suppression by a factor of 14 as compared to the one by total absorption counters only. The detection efficiency of electrons is $\geq 90\%$. The accuracy of determination of the axis X-coordinate of an electromagnetic shower produced in converters (lead glass, lead plates) was also investigated by means of the scintillation counter by the time interval between the arrival of light signals. The accuracy of measuring the axis X-coordinate of the electromagnetic shower in the lead plates from 2 r.u. to 6 r.u. in thickness was practically constant ($\sigma_x = 2.1$ cm).

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987