

4463/2-79



объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

5/11-79

K-53

1 - 12428

Е.Кнапик, В.А.Крамаренко, А.И.Малахов,
Г.Л.Мелкумов

ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ
В УСЛОВИЯХ АДРОННОГО ФОНА
В ЧЕРЕНКОВСКОМ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРЕ
ИЗ СВИНЦОВОГО СТЕКЛА

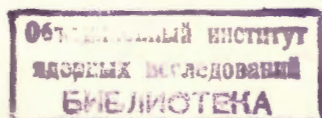
1979

1 - 12428

Е.Кнапик, В.А.Крамаренко, А.И.Малахов,
Г.Л.Мелкумов

ИЗМЕРЕНИЕ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ
В УСЛОВИЯХ АДРОННОГО ФОНА
В ЧЕРЕНКОВСКОМ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРЕ
ИЗ СВИНЦОВОГО СТЕКЛА

Направлено в ПТЭ



Кнапик Е. и др.

1 - 12428

Измерение энергии электронов в условиях
адронного фона в черенковском гамма-спектрометре
из свинцового стекла

В работе приводятся результаты исследования подавления π^- -мезонов с импульсом 2 ГэВ/с в модуле черенковского годоскопа 90-канального черенковского гамма-спектрометра из свинцового стекла, а также в системе из двух черенковских счетчиков, состоящей из модуля черенковского годоскопа и дополнительного "адронного" счетчика, расположенного перед основным модулем. При эффективности регистрации электронов, равной 90%, величина подавления адронов составляет $3,8 \times 10^4$ для системы с "адронным" счетчиком, что в 2,1 раза лучше величины подавления для одного модуля годоскопа.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Knapik E. et al.

1 - 12428

Measurement of Electron Energy Under
Conditions of Hadron Background
in Cherenkov Lead Glass Gamma-Spectrometer

The results of investigating the suppression of 2 GeV/c π^- -mesons in a module of Cherenkov hodoscope of a 90-channel Cherenkov lead glass gamma-spectrometer and in the system of two Cherenkov counters consisting of a Cherenkov hodoscope module and an additional "hadron" counter positioned in front of the main module, are given. At the 90% electron detecting efficiency, the value of hadron suppression is 3.8×10^4 for the system with the "hadron" counter. It is 2.1 times better than the suppression value for one hodoscope module.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

1. ВВЕДЕНИЕ

При изучении процессов, в которых образуются электроны с малым выходом по сравнению с выходом адронов, очень важным параметром гамма-спектрометра является величина, характеризующая вероятность имитации электронов адронами. Эту величину можно определить, измеряя электронные и адронные спектры при том же самом импульсе. Очевидно, что она зависит как от энергетического разрешения, так и от уровня энергетической дискриминации.

В данной работе исследуется подавление отрицательных пионов с импульсом 2 ГэВ/с в модуле черенковского годоскопа из свинцового стекла 90-канального масс-спектрометра Лаборатории высоких энергий ОИЯИ^{1,2}, а также подавление адронов с использованием дополнительных "адронных" черенковских счетчиков из свинцового стекла, расположенных перед модулем годоскопа. Так как радиационная длина в свинцовом стекле меньше средней длины ядерного взаимодействия, электромагнитные ливни от электронов будут развиваться быстрее, чем ливни, вызванные адронами. В результате в среднем в "адронном" счетчике амплитуды импульсов от электронов будут больше, чем от адронов. Дискриминируя амплитуды импульсов в канале "адронного" счетчика, можно получить дополнительное подавление адронного фона.

2. ЧЕРЕНКОВСКИЕ СЧЕТЧИКИ И СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ

Подавление адронов измерялось в пучке π^- -мезонов, содержащем около 2,5% электронов при импульсе 2 ГэВ/с и интенсивности пионов 2500 в секунду.

На рис. 1 показан внешний вид используемых в измерениях черенковских счетчиков:

- С₀ - модуль 90-канального черенковского годоскопа;
- С_{ад1} - "адронный" счетчик с размерами радиатора $180 \times 180 \times 105$ мм³;
- С_{ад2} - "адронный" счетчик с размерами радиатора $800 \times 180 \times 80$ мм³.

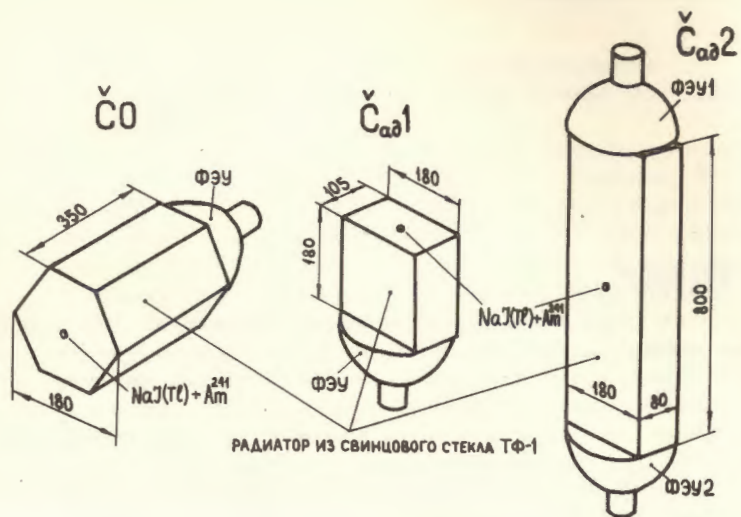


Рис. 1. Черенковские счетчики, используемые в измерениях: \check{C}_0 - модуль 90-канального черенковского годоскопа; $\check{C}_{ад1}$ и $\check{C}_{ад2}$ - "адронные" счетчики с размерами радиаторов $180 \times 180 \times 105$ мм³ и $800 \times 180 \times 80$ мм³ соответственно.

Радиаторы всех счетчиков изготовлены из свинцового стекла марки ТФ-1 высокой прозрачности. К радиаторам из свинцового стекла приклеены клеем марки НЕ-10 фотоумножители типа ФЭУ-49Б / $\check{C}_{ад2}$ имеет два фотоумножителя/ с квантовой чувствительностью фотокатода более 100 мкА/лм.

Для контроля параметров фотоумножителей и регистрирующей электроники к радиаторам счетчиков приклеены источники стабильных световых вспышек, изготовленные на основе кристаллов NaI(Tl) и радиоактивного изотопа ²⁴¹Am /альфа-частицы с энергией 5,5 МэВ/³. Радиаторы обернуты алюминиевой фольгой и светоизолированы с помощью черной бумаги и черной полихлорвиниловой пленки.

Блок-схема измерительной аппаратуры приведена на рис. 2. Пучок отрицательных пионов и электронов выделялся с помощью сцинтилляционных счетчиков С1, С2, С3 с размером сцинтилляторов $70 \times 70 \times 5$ мм³, С4 - с размером сцинтиллятора $40 \times 40 \times 5$ мм³ и счетчика антисовпадений C_a с центральным отверстием 70×70 мм². Сцинтилляционный счетчик С4 располагался непосредственно перед исследуемыми черенковскими счет-

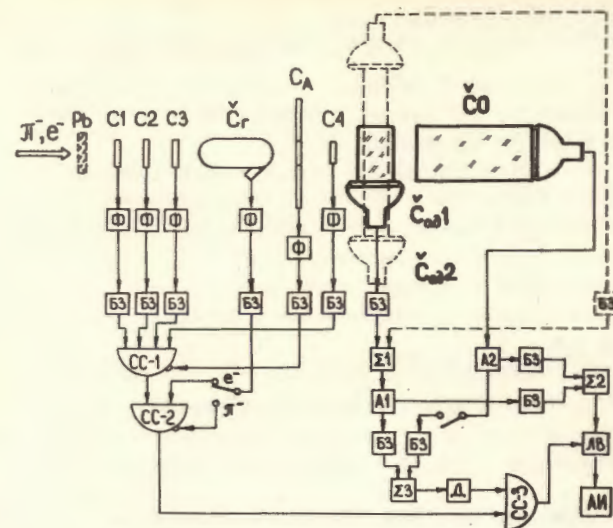


Рис. 2. Блок-схема измерений: С1, С2, С3, С4, C_a - сцинтилляционные счетчики; \check{C}_r - газовый черенковский счетчик; $\check{C}_{ад1}$, $\check{C}_{ад2}$ - "адронные" черенковские счетчики; \check{C}_0 - модуль 90-канального черенковского годоскопа; Pb - свинцовая пластина; Ф - формователи импульсов; БЗ - блоки задержек; СС - схемы совпадения; Σ - сумматоры; А - аттенюаторы; ЛВ - линейные ворота; Д - дискриминатор, АИ - анализатор импульсов.

чиками. Для выделения электронов из пучка использовался газовый черенковский счетчик \check{C}_r , включаемый для этой цели на совпадение со счетчиками С1-С4. При выделении π^- -мезонов перед счетчиком С1 устанавливалась свинцовая пластина (Pb) толщиной 10 мм, а счетчик \check{C}_r включался на антисовпадение с С1-С4. При измерении подавления адронов с помощью одного черенковского счетчика \check{C}_0 дополнительный /"адронный"/ счетчик убирался. Сигнал со счетчика \check{C}_0 или суммарный сигнал с системы двух черенковских счетчиков ($\check{C}_0 + \check{C}_{ад}$) поступал на анализатор импульсов типа NTA-512 через линейные ворота /ЛВ/, управляемые от схемы совпадения /СС-3/, на которую поступают сигналы со счетчиков С1-С4, C_a , \check{C}_r , а также, в случае введения дискриминации в канале "адронного" счетчика, от дискриминатора /Д/.

3. ПОДАВЛЕНИЕ АДРОНОВ С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ ЧЕРЕНКОВСКОГО ГОДОСКОПА

Подавление адронов с помощью модуля черенковского годоскопа С0 измерялось по схеме, приведенной на рис. 2. Были проведены две серии измерений:

1/ выделялись электроны из пучка путем включения газового черенковского счетчика (С_Г) на совпадении с С1-С4;

2/ выделялись π⁻-мезоны включением газового черенковского счетчика (С_Г) на антисовпадении с С1-С4, и в пучок вводилась свинцовая пластина толщиной 10 мм.

Амплитудные спектры, полученные в этих измерениях, приведены на рис. 3.

Коэффициент подавления с помощью модуля черенковского годоскопа (W) определялся следующим образом:

$$W = N(A)/N_0, \quad /1/$$

где N(A) - число π-мезонов, амплитуды сигналов от которых с выхода модуля черенковского годоскопа превышают уровень обрезания A, который задается требуемой эффективностью регистрации электронов; N₀ - полное число π-мезонов, попавших в модуль черенковского годоскопа.

Величина коэффициента подавления адронов в зависимости от эффективности регистрации электронов для счетчика С0 (W_{С0})

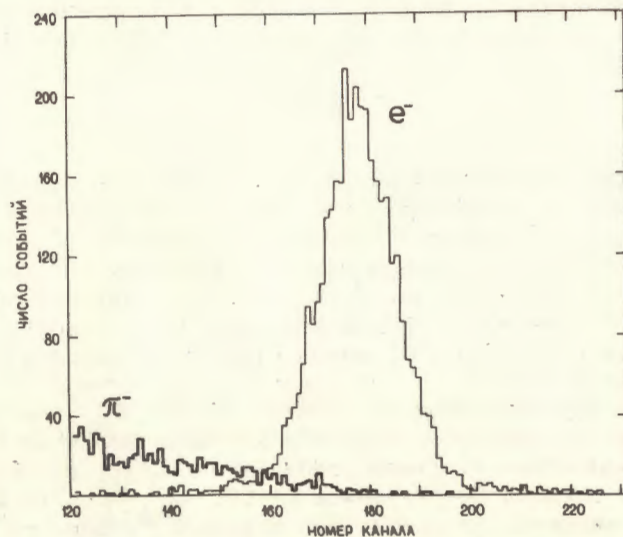


Рис. 3. Амплитудные спектры электронов (e⁻) и π⁻-мезонов (π⁻) в счетчике.

приведена на рис. 6. При эффективности регистрации электронов 90% она составляет $8,0 \times 10^{-4}$. На этом же рисунке показано отношение коэффициента подавления адронов, полученного в данной работе при импульсе 2 ГэВ/с, к коэффициенту подавления, приведенному в работе /4/, при импульсе 4 ГэВ/с для счетчика С0 ($W_{\text{С0}}(2 \text{ ГэВ}) / W_{\text{С0}}(4 \text{ ГэВ})$). Как видно из рисунка, коэффициент подавления модуля черенковского годоскопа при импульсе 2 ГэВ/с в 2,9 раза хуже, чем при импульсе 4 ГэВ/с.

4. ПОДАВЛЕНИЕ АДРОНОВ С ПОМОЩЬЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЧЕРЕНКОВСКИХ СЧЕТЧИКОВ

В этих измерениях перед черенковским счетчиком С0 устанавливался черенковский счетчик С_{ад} 1 или С_{ад} 2. В канал "адронного" счетчика можно было вводить различные уровни дискриминации.

Для получения максимального энергетического разрешения электронного спектра системы двух счетчиков (С0 + С_{ад}) подбирались соответствующие ослабления сигналов с помощью аттенуаторов А1 и А2 /рис. 2/. Зависимость энергетического разрешения (FWHM) от ослабления в канале "адронного" счетчика С_{ад} 1 приведена на рис. 4. Было выбрано ослабление, соответствующее лучшей величине энергетического разрешения, равной 8,5%.

На рис. 5 приведены амплитудные спектры электронов: а/ спектр в "адронном" счетчике /дискриминация в "адронном" канале отсутствует/ и б/ суммарный спектр в системе двух счетчиков (С0 + С_{ад}).

Проводились измерения подавления адронов системой (С0 + С_{ад}) при различных уровнях дискриминации в "адронном" канале /различной эффективности регистрации электронов/.

Коэффициент подавления адронов системой черенковских счетчиков (С0 + С_{ад}) определялся по формуле /1/, где N(A) - число π-мезонов, амплитуды сигналов от которых с выхода системы счетчиков (С0 + С_{ад}) превышают уровень обрезания A; N₀ - полное число π-мезонов, попавших в систему двух черенковских счетчиков (С0 + С_{ад}).

Зависимость коэффициента подавления адронов системой (С0 + С_{ад}) W_(С0 + С_{ад}) от эффективности регистрации электронов, соответствующей различным уровням дискриминации в канале "адронного" счетчика, приведена на рис. 6. При эффективности регистрации электронов 90% величина коэффициента подавления составляет $3,8 \times 10^{-4}$, что в 2,1 раза лучше подавления одним счетчиком С0.

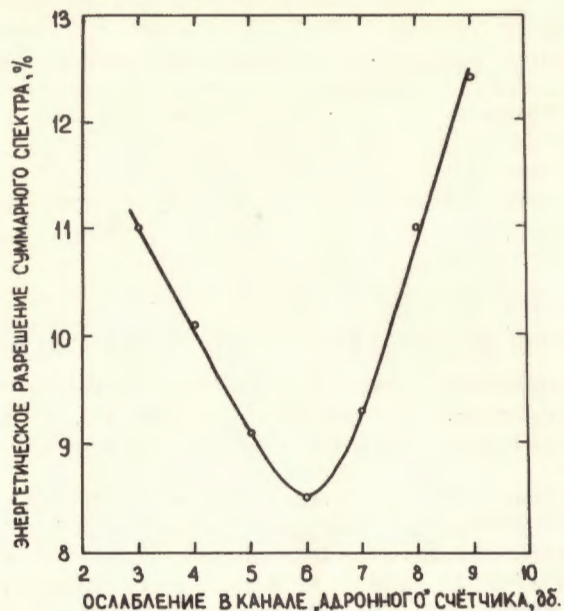
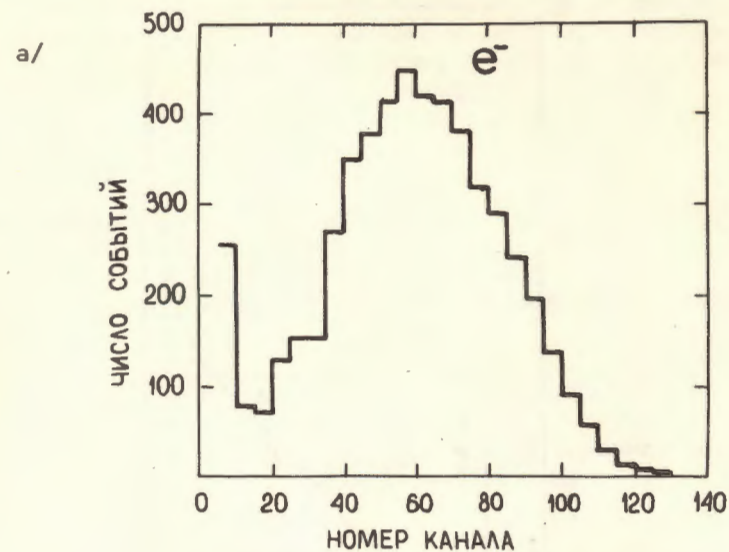


Рис. 4. Зависимость энергетического разрешения для электронов с энергией 2 ГэВ (FWHM) от ослабления сигналов в канале "адронного" счетчика $\check{C}_{ад1}$ для системы двух счетчиков ($\check{C}_0 + \check{C}_{ад1}$).

На рис. 6 представлена также зависимость отношения подавления адронов системой счетчиков ($\check{C}_0 + \check{C}_{ад}$) к подавлению счетчиком \check{C}_0 $W_{(\check{C}_0 + \check{C}_{ад})} / W_{\check{C}_0}$ и отношения подавления системой ($\check{C}_0 + \check{C}_{ад}$) к подавлению этой системой без введения дискриминации в адронном канале от эффективности регистрации электронов $W_{(\check{C}_0 + \check{C}_{ад})} / [W_{(\check{C}_0 + \check{C}_{ад})}(D=0)]$. Последняя зависимость приведена также и для импульса 4 ГэВ/с /взята из работы /4/ /. В пределах ошибок измерения она совпадает с аналогичной зависимостью при импульсе 2 ГэВ/с.

Измерения, выполненные со счетчиком $\check{C}_{ад1}$, были повторены со счетчиком $\check{C}_{ад2}$. Результаты этих измерений в пределах ошибок измерений совпадают.



б/

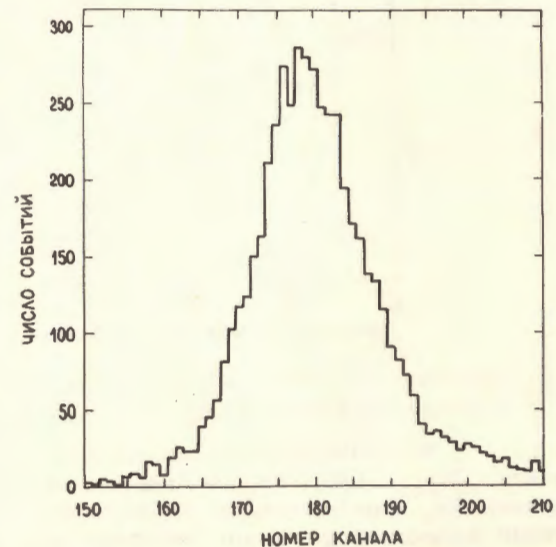


Рис. 5. Амплитудный спектр от электронов, полученный в "адронном" счетчике $\check{C}_{ад1}$ /дискриминация в "адронном" канале отсутствует/-/а/ и суммарный амплитудный спектр системы двух счетчиков ($\check{C}_0 + \check{C}_{ад1}$) -/б/.

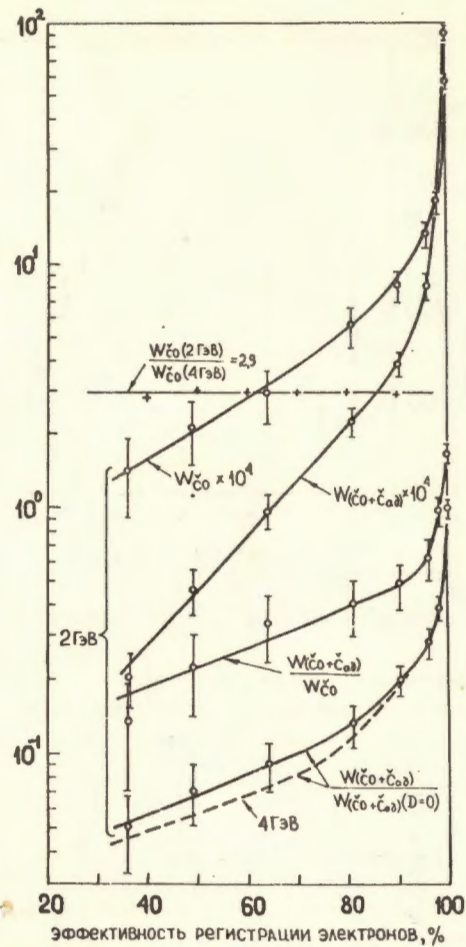


Рис. 6. Зависимости от эффективности регистрации электронов:

$\frac{W_{C_0}(2 \text{ ГэВ})}{W_{C_0}(4 \text{ ГэВ})}$ - величины подавления адронов счетчиком C_0 ;

$W_{(C_0+C_{ад})}$ - величины подавления адронов системой двух счетчиков; $\frac{W_{C_0}(2 \text{ ГэВ})}{W_{C_0}(4 \text{ ГэВ})}$ - отношения величин подавлений W_{C_0} при импульсах 2 ГэВ/с и 4 ГэВ/с; $\frac{W_{(C_0+C_{ад})}}{W_{C_0}}$ - отношения величин подавления системой двух счетчиков к подавлению счетчиком C_0 ; $\frac{W_{(C_0+C_{ад})}}{[W_{(C_0+C_{ад})}(D=0)]}$ - отношения величины подавления системой двух счетчиков к величине подавления системой двух счетчиков без введения дискриминации в "адронном" канале для импульсов 2 ГэВ/с и 4 ГэВ/с /пунктирная линия, работа /4/ /.

В заключение авторы выражают благодарность профессору А.М.Балдину за содействие и интерес к работе, профессору М.Н.Хачатуряну за постановку задачи, Е.Власову, М.С.Хвастуну и В.И.Иванову за помощь в проведении измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аствацатуров Р.Г. и др. Nucleonika, 1974, т.19, №6, с.575.
2. Аверичев С.А. и др. ОИЯИ, 1-11482, Дубна, 1978.
3. Нго Куок Быу и др. ПТЭ, 1974, №6, с.163.
4. Astvatsaturov R.G. et al, Nucl.Instr. and Meth., 1973, 107, p.105.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 апреля 1979 года.