



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

96-50
На правах рукописи

Останков Александр Павлович

**СОЗДАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КАЛОРИМЕТРОВ
ЯЧЕИСТОГО ТИПА И ИССЛЕДОВАНИЕ
РЕДКИХ РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДОВ
ЛЁГКИХ МЕЗОНОВ**

01.04.23 - физика высоких энергий

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Протвино 1996

Работа выполнена в Институте физики высоких энергий (г.Протвино).

Научный руководитель – доктор физико-математических наук А.М. Зайцев.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук А.А Деревщиков,
кандидат физико-математических наук В.Н. Ноздрачёв.

Ведущая организация – Институт ядерных исследований (г.Троицк).

Защита диссертации состоится “_____” _____ 1996 г. в
_____ часов на заседании диссертационного совета Д-034.02.01 при Институте
физики высоких энергий (142284, г. Протвино Московской обл.).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИФВЭ.

Автореферат разослан “_____” _____ 1996 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д-034.02.01

Ю.Г.Рябов

© Государственный научный центр
Российской Федерации
Институт физики высоких энергий, 1996

Актуальность проблемы. Поиск и исследование радиационных распадов мезонов — одна из актуальных задач адронной спектроскопии в настоящее время. Изучение редких радиационных распадов предоставляет уникальную информацию о характере различных кварковых конфигураций в адронах, механизмах смешивания, электромагнитной структуре сильновзаимодействующих частиц и т.д. Изучению теоретических аспектов этих вопросов посвящено большое количество работ. Экспериментальная информация о радиационных распадах, особенно о E1-переходах, менее обширна, что связано как с малостью брэнчингов большинства таких распадов, так и с экспериментальными трудностями их поиска, вызванными, в первую очередь, большим количеством фона от распада $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ с одним потерянным γ -квантом. Важнейшим детектором установки, определяющим возможность проведения на ней подобного рода экспериментов, является электромагнитный калориметр. Установка ВЕС ИФВЭ, предназначенная для проведения исследований в области мезонной спектроскопии, предоставляет возможность для изучения редких процессов с одиночными γ -квантами в конечном состоянии.

В то же время развитие электромагнитных калориметрических детекторов, способных удовлетворить жёстким условиям работы в будущих экспериментах, особенно на планируемом коллайдере LHC, представляет важное направление проводимых методических разработок.

Цель диссертационной работы:

— экспериментальное изучение распадов

$$f_1(1285) \rightarrow \rho^0(770)\gamma \quad (1)$$

$$f_1(1285) \rightarrow \phi(1020)\gamma, \quad \phi(1020) \rightarrow K^+K^-; \quad (2)$$

— разработка и исследование электромагнитных калориметров для экспериментов на ускорителях сверхвысоких энергий.

Автор защищает:

1. Разработку и создание электромагнитного калориметра установки ВЕС.

2. Результаты исследования распадов $f_1(1285) \rightarrow \rho^0(770)\gamma$ и $f_1(1285) \rightarrow \phi(1020)\gamma$ в экспериментальных данных, полученных на установке ВЕС.
3. Результаты изучения характеристик электромагнитного калориметра типа ”шашлык” в сочетании с активным конвертором.

Научная новизна и практическая ценность. В реакции $\pi^- N \rightarrow \pi^- f_1(1285)N$ при импульсе $P_{\pi^-} = 37$ ГэВ/с изучен редкий радиационный распад (1). Статистика, использованная для анализа данной реакции, существенно превосходит мировую, что позволило получить наиболее точное в настоящее время значение относительной вероятности этого распада. Путём анализа угловых распределений для событий с распадом (1) впервые экспериментально определено отношение элементов матрицы плотности ρ^0 -мезона. На той же статистике получено ограничение на относительную вероятность распада (2). Определён верхний предел для угла смешивания нонета аксиальных мезонов $\alpha = |\theta_{ideal} - \theta_{axial}|$.

Разработана конструкция и измерены характеристики сцинтилляционного электромагнитного калориметра с переизлучающими волокнами в качестве системы светосбора (известный в настоящее время как калориметр типа ”шашлык”). Показана способность этого прибора удовлетворить требованиям экспериментов при сверхвысоких энергиях.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано семь печатных работ.

Апробация работы. Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в отечественных и зарубежных журналах [1,2,3,4,5,6,7], докладывались на семинарах ИФВЭ и международных конференциях.

Структура диссертации. Работа изложена на 80 страницах, состоит из введения, четырёх глав и заключения, содержит 33 рисунка, 5 таблиц и список цитируемой литературы, включающий 48 наименований.

Содержание работы

В первой главе кратко описаны установка ВЕС и условия измерений. Измерения выполнены на вторичном пучке отрицательных пионов ускорителя У-70 с энергией 37 ГэВ. Результаты изучения радиационных распадов, изложенные в диссертации, получены на статистике сеанса 1990 года.

Установка ВЕС — это широкоапертурный спектрометр (см. рис.1), предназначенный для изучения процессов типа

$$\pi^- N \rightarrow n\pi^\pm mK^\pm k\gamma N'. \quad (3)$$

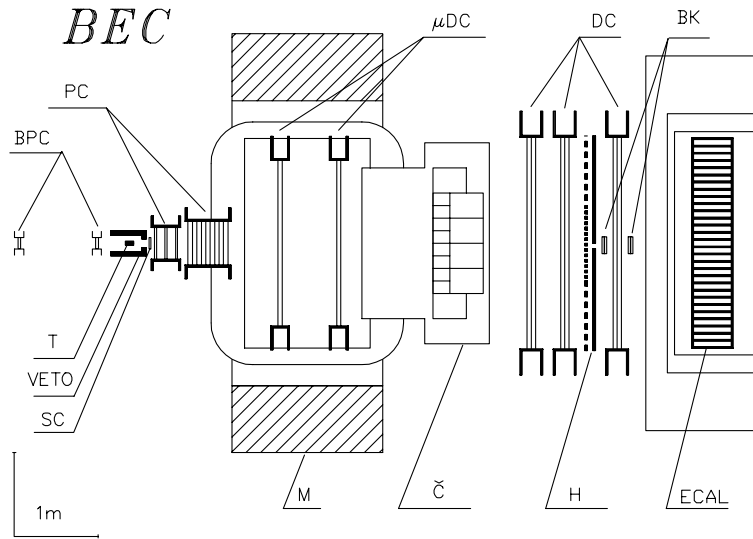


Рис. 1. Схема установки ВЕС.

Установка содержит следующие основные элементы:

- пучковую часть: телескоп сцинтилляционных счетчиков $S_1 \div S_4$, газовые пороговые черенковские счётчики $\check{C}_1 \div \check{C}_3$ (на рисунке не показаны) и пучковые камеры BPC ;
- бериллиевую мишень T с охранной системой $VETO$;
- группу головных пропорциональных камер PC ;
- магнит M (размер полюсов $2.5 \times 1.5 \text{ м}^2$, расстояние между полюсами 1 м, поперечный импульс 0.7 ГэВ);
- микродрейфовые пропорциональные камеры в зазоре магнита μDC ;
- многоканальный пороговый черенковский счетчик \check{C} для идентификации вторичных частиц;
- микродрейфовые СГС камеры DC ;
- триггерный сцинтилляционный годоскоп H ;
- счётчики антисовпадений BK для подавления событий с непротиводействовавшей пучковой частицей;
- электромагнитный калориметр из свинцового стекла $ECAL$, размером $2.5 \times 1.9 \text{ м}^2$.

Установка ВЕС имеет высокоскоростную систему сбора данных, выполненную на основе стандарта МИСС. За цикл ускорителя система способна принимать до ~ 4000 событий, что составляет ~ 4 Мбайт. Статистика данного сеанса составляет примерно $6 \cdot 10^7$ реконструированных событий типа (3), это соответствует интегральной светимости около $1 \cdot 10^2 \text{ нбн}^{-1}$.

Во второй главе дано подробное описание электромагнитного калориметра установки. Он представляет собой сборку блоков свинцового стекла марки Ф8-00.

Центральная часть выполнена в виде матрицы 38×32 отдельных счётчиков с поперечными размерами 43×43 мм² (32 счётчика — по вертикали), периферия состоит из счётчиков двойного размера 86×86 мм². Полный размер активной области детектора составляет 2.5×1.9 м². Общее количество счётчиков — 1550. В качестве фотодетекторов используются ФЭУ-84-3 для центральной части детектора и ФЭУ-110 — для его периферии. Для приёма информации используются выполненные в стандарте МИСС 12-бит АЦП. Временное разрешение прибора (ворота АЦП) составляет 80 нс.

Использование γ -детектора в составе широкоапертурного магнитного спектрометра ВЕС накладывает целый ряд требований, специфичных для конкретной постановки физического эксперимента. В данной главе при описании γ -детектора особое внимание уделяется как его конструктивным особенностям, так и специфике эксплуатации прибора в составе установки. К ним, в частности, относятся:

1. Использование двух типов размеров ячеек. Удвоение поперечного размера периферической ячейки позволяет существенно уменьшить количество каналов, не приводя к заметному ухудшению характеристик прибора — периферическая часть детектора обеспечивает равноточные измерения углов и импульсов вторичных γ -квантов.

2. Наличие рассеянного магнитного поля в районе размещения фотоумножителей, которое приводит к необходимости использования многослойных защитных экранов.

3. Необходимость работы в высокоинтенсивных пучках частиц. Это обстоятельство предъявляет повышенные требования к кратковременной (внутри сброса) стабильности коэффициентов усиления ФЭУ. В диссертации подробно описана отработанная процедура паспортизации и отбора фотоумножителей.

4. Использование высокоскоростной системы сбора данных в установке ВЕС приводит к необходимости максимально разгрузить базовый компьютер от процедур тестирования, медленного контроля, управления режимами работы электроники, перемещения γ -детектора при калибровке на электронном пучке, управления и установки высоковольтного напряжения на счётчиках и т.д. Решение этих задач при разработке системы сбора данных было возложено на аппаратные ЭВМ "Электроника-60", которыми укомплектована каждая подсистема детекторов установки. В диссертации изложен комплекс задач, решаемых аппаратным компьютером электромагнитного калориметра, показаны его роль и назначение в общей структуре системы сбора данных установки ВЕС.

Электромагнитный калориметр при работе в составе спектрометра ВЕС имеет следующие характеристики:

- Интегральное по поверхности прибора энергетическое разрешение может быть описано зависимостью вида

$$\frac{\sigma_E}{E} [\%] = \frac{6}{\sqrt{E}} + 2 \quad [E] = \text{ГэВ}.$$

- Усреднённое по ячейке координатное разрешение следует зависимости

$$\sigma_x[\text{мм}] = \frac{5.5}{\sqrt{E}} + 1.2 \quad [E] = \text{ГэВ}$$

для центральной области детектора и

$$\sigma_x[\text{мм}] = \frac{9.5}{\sqrt{E}} + 3 \quad [E] = \text{ГэВ}$$

для крупных ячеек периферийной части.

- Возможности электромагнитного калориметра как спектрометра масс частиц иллюстрирует рис.2, где показан спектр эффективных масс пары зарегистрированных γ -квантов, полученный при изучении реакции $\pi^- N \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma \gamma N'$. Точности восстановления масс π^0 - и η -мезонов по их распадам на 2 γ -кванта составляют $\sigma_{\pi^0} = 8.8$ МэВ и $\sigma_{\eta} = 31.7$ МэВ.

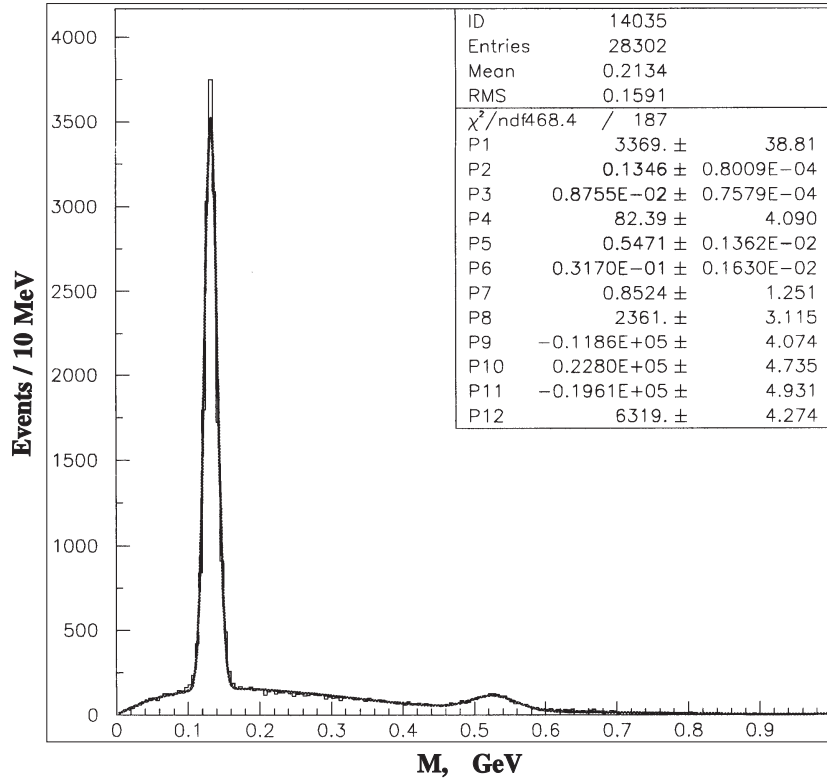


Рис. 2. Спектр эффективных масс пары γ -квантов, полученный при изучении реакции $\pi^- N \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma \gamma N'$.

Третья глава посвящена изучению радиационных распадов (1) и (2) [1,2,3]. В качестве источника f_1 -мезонов использовалась эксклюзивная реакция

$$\pi^- N \rightarrow \pi^- f_1(1285)N, \quad (4)$$

а его моды распада $f_1(1285) \rightarrow \pi^+\pi^-\eta$ ($\eta \rightarrow \gamma\gamma$) (рис.3а) и $f_1(1285) \rightarrow K^+K^-\pi^0$ ($\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$) (рис.6а) были использованы для нормировки.

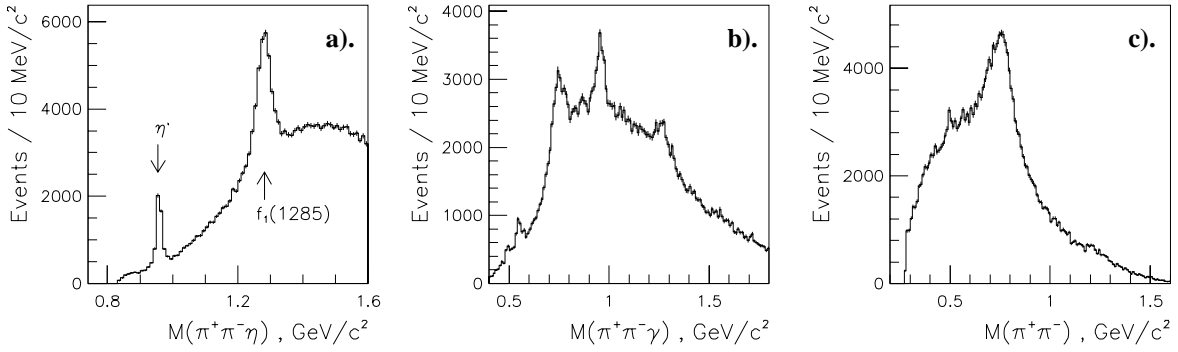
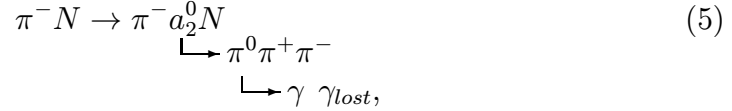


Рис. 3. Спектры эффективных масс систем: (а) $\pi^+\pi^-\eta$ для событий реакции $\pi^-N \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^-\eta N$, (б) $\pi^+\pi^-\pi^-\gamma$ и (с) $\pi^+\pi^-$ для событий реакции $\pi^-N \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^-\gamma N$.

Спектры эффективных масс системы $\pi^+\pi^-\gamma$ и подсистемы $\pi^+\pi^-$ с наименее энергичным π^- из двух возможных показаны на рис.3б,с. Пик в области $M_{\pi^+\pi^-\gamma} \sim 1.27$ ГэВ интерпретируется в основном как сигнал от распада (1) и некоторый фон от процесса



дающий вклад в ту же область эффективных масс.

Основываясь на результатах парциально-волнового анализа системы $f_1(1285)\pi^-$ ($f_1 \rightarrow \pi^+\pi^-\eta$), для усиления вклада f_1 -мезона в спектр эффективных масс $\pi^+\pi^-\gamma$ на отобранные события были наложены следующие кинематические обрезания:

- Косинус угла Готтфрида–Джексона системы $\pi^+\pi^-\pi^-\gamma$ лежит в области $-0.8 < \cos \theta_{GJ} < 0.4$ ("GJ-Cut").
Распределение угла Готтфрида–Джексона f_1 -мезона указывает на его "центральное" рождение.
- Полная эффективная масса всех частиц конечного состояния удовлетворяет требованию $1.4 < M_{\pi^+\pi^-\pi^-\gamma} < 2.4$ ГэВ ("M-Cut").
Рождение системы $f_1\pi^-$ наиболее интенсивно в этой области полных масс.
- Квадрат переданного импульса $-t' < 0.05$ ГэВ² ("T-Cut").
Дифракционное рождение системы $f_1\pi^-$.
- Эффективная масса пары $\pi^+\pi^-$ лежит в области ρ -мезона $0.6 < M_{\pi^+\pi^-} < 0.9$ ГэВ ("Rho-Cut").

Рис.4 демонстрирует эффективность этих обрезаний.

Применение перечисленных обрезаний улучшает отношение сигнал/фон в массовом спектре $\pi^+\pi^-\gamma$ и уменьшает ширину изучаемого пика благодаря подавлению

фона от событий (5), которые без дополнительных отборов дают вклад на уровне 40 % в наблюдаемый сигнал.

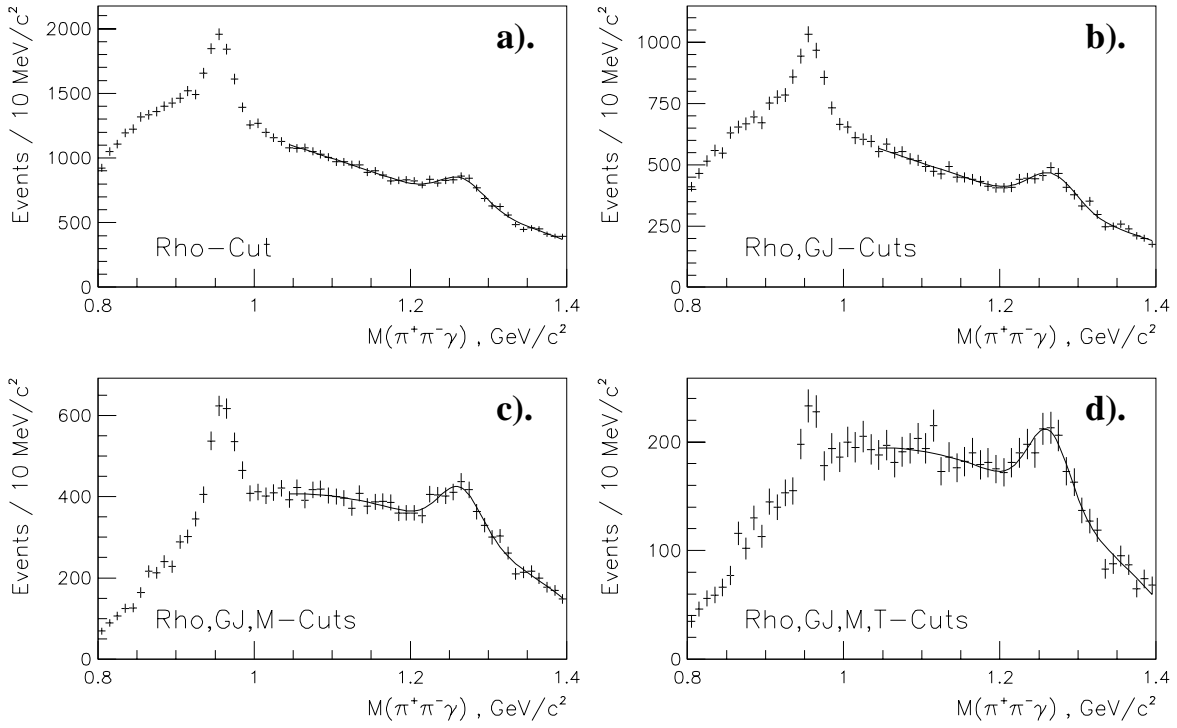


Рис. 4. Влияние кинематических обрезаний на спектр эффективных масс системы $\pi^+\pi^-\gamma$.

Угловые распределения распада (1) определяются отношением ρ_{00}/ρ_{11} элементов матрицы плотности ρ^0 -мезона в его системе покоя. В частности, распределение θ_{int} , где θ_{int} — угол между π^+ и γ в системе покоя ρ^0 , записывается в виде

$$dN/\theta_{int} \propto \rho_{11} \cdot \sin^2\theta_{int} + \rho_{00} \cdot \cos^2\theta_{int}.$$

Обычно экспериментальные угловые распределения, как и общее количество полезного сигнала, искажены наличием фоновых событий. Для определения соответствующего влияния фоновых процессов (5) был проведён анализ реакции $\pi^- N \rightarrow \pi^- a_2^0 N$ и полученные результаты использованы для вычисления угловых распределений фона.

Экспериментальные угловые распределения дифракционного рождения системы $f_1\pi^-$ с последующим распадом $f_1(1285)$ фитировались методом максимального правдоподобия функцией вида

$$f(\Omega) = X_{f_1} \cdot f_{f_1}(\rho_{00}/\rho_{11}, \Omega) + X_{bkg} \cdot f_{bkg}(\Omega).$$

Здесь f_{f_1} описывает рождение и последующий распад системы $f_1\pi^-$, используя известную матрицу плотности f_1 -мезона, а f_{bkg} описывает угловые распределения фоновых событий (5). Обе функции поправлены на аксептанс с учётом применения всех описанных выше кинематических обрезаний. Ω представляет собой набор

углов, который фиксирует топологию события. "Гладкий" фон, не имеющий выраженного пика вблизи 1.27 ГэВ, был вычтен в минимизируемой функции с использованием событий из лево- и правосторонних прилегающих к интересующей нас области массовых интервалов. Фитирующая процедура позволила определить три параметра:

X_{f_1} — количество f_1 -мезонов;

X_{bkg} — количество фоновых событий от распада a_2^0 ;

ρ_{00}/ρ_{11} — отношение элементов матрицы плотности ρ^0 -мезона в системе его покоя.

В результате получено хорошее описание всех угловых распределений. В качестве примера на рис.5а показан результат фитирования распределения по углу θ_{int} для экспериментальных событий из области масс f_1 -мезона после проведения вычитания "гладкого" фона. Соответствующие вклады в результат фита от распада f_1 и от фонового распада a_2^0 , который имеет специфичную форму, показаны отдельно на рис.5б. При "слабых" кинематических обрезаниях на экспериментальных распределениях отчётливо выражен пик от фоновых a_2^0 -событий вблизи $\cos\theta_{int}=0$. Этот пик существенно уменьшается после применения "сильных" (т.е. всех, перечисленных выше) обрезаний.

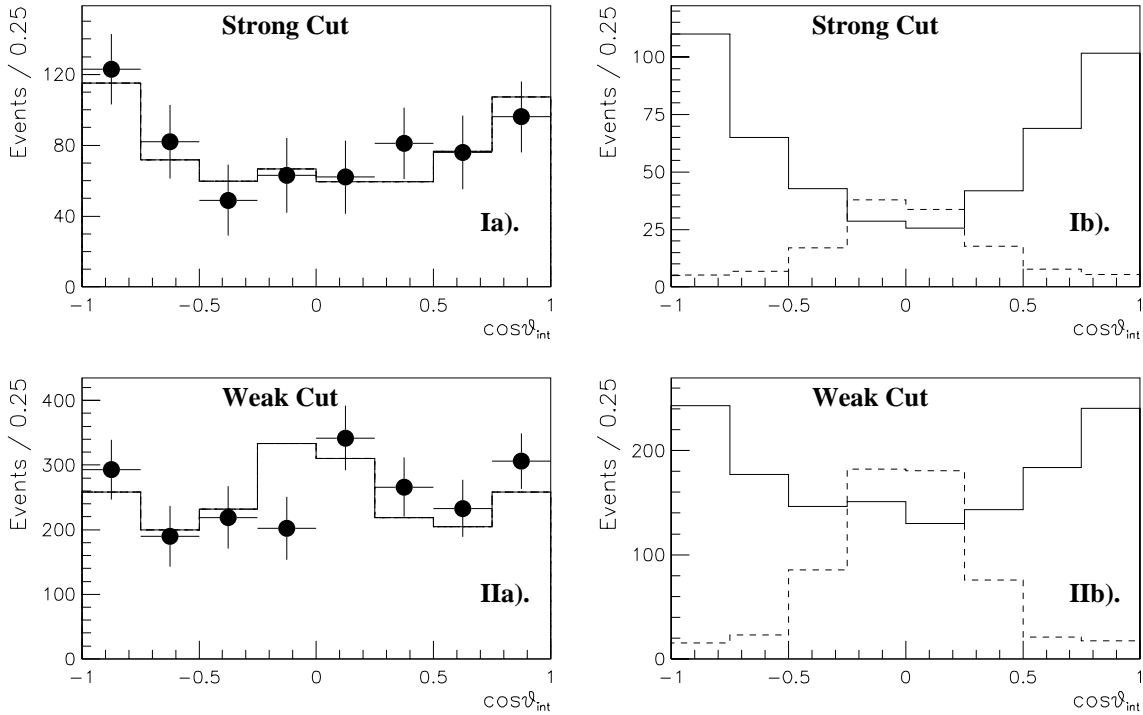


Рис. 5. I,II(a) Результат фитирования экспериментальных угловых распределений для событий с эффективной массой системы $\pi^+\pi^-\gamma$ из области $f_1(1285)$ -мезона для "сильного" и "слабого" кинематических обрезаний. I,II(b) Вклад в полученную в результате фитирования функцию от событий с распадом f_1 -мезона (сплошная линия) и фоновых событий с a_2^0 -мезоном (пунктирная линия).

Распределение по углу θ_{int} для событий с распадом f_1 демонстрирует отчётливую зависимость вида $\cos^2\theta_{int}$, что указывает на доминантную роль матричного элемента ρ_{00} . Найденное отношение элементов ρ -матрицы ρ^0 -мезона составляет

$$\rho_{00}/\rho_{11} = 3.9 \pm 0.9(stat) \pm 1.0(syst).$$

В рамках модели векторной доминантности с учётом теоремы Ландау–Янга наблюдаемое подавление ρ_{11} соответствует ожидаемому для аксиально-векторной частицы, распадающейся на ρ -мезон и γ -квант.

Найденная относительная вероятность распада $f_1(1285)$ составляет:

$$Br(f_1(1285) \rightarrow \rho^0(770)\gamma) = (2.8 \pm 0.7(stat) \pm 0.6(syst)) \cdot 10^{-2}.$$

Поиск распада (2) производился с использованием того же набора данных при аналогичных описанным выше кинематическим обрезаниям для усиления вклада f_1 -мезона. Для идентификации вторичных частиц использовалась информация от многоканального порогового черенковского счётчика.

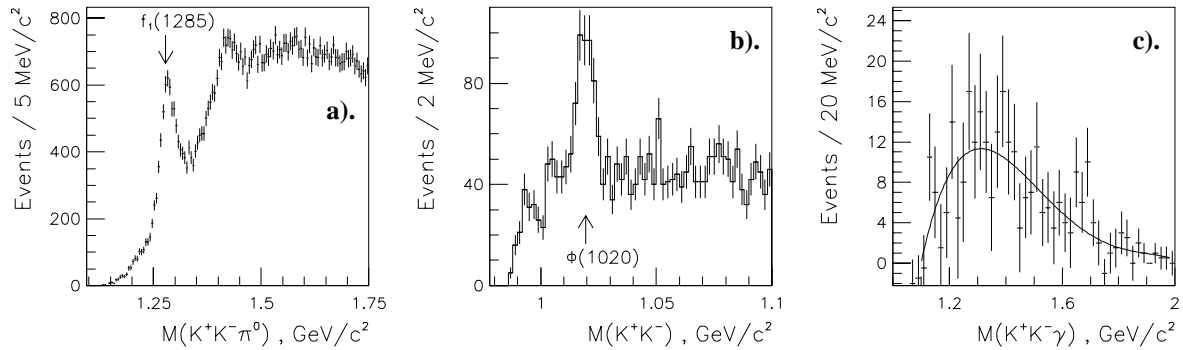


Рис. 6. Спектр эффективных масс системы $K^+K^-\pi^0$: (а) для событий реакции $\pi^-N \rightarrow K^+K^-\pi^-\pi^0N$ и систем K^+K^- (b), $K^+K^-\gamma$ (c) для событий реакции $\pi^-N \rightarrow K^+K^-\pi^-\gamma N$.

Спектр масс системы K^+K^- для конечного состояния $K^+K^-\pi^-\gamma$ (рис.6b) демонстрирует ясный пик, соответствующий $\phi(1020)$ -мезону. В окончательном массовом спектре $K^+K^-\gamma$ для событий из области ϕ -мезона, полученном с вычитанием фона от прилегающих к ϕ интервалов масс (рис.6c), сигнал от распада (2) отсутствует. Полученный верхний предел его относительной вероятности составляет

$$Br(f_1(1285) \rightarrow \phi(1020)\gamma) < 0.9 \cdot 10^{-3}, \quad CL=95\%.$$

В рамках простой кварковой модели можно показать:

$$\frac{Br(f_1 \rightarrow \phi\gamma)}{Br(f_1 \rightarrow \rho\gamma)} \approx \frac{4}{9} \cdot \left(\frac{P_{f_1 \rightarrow \phi\gamma}}{P_{f_1 \rightarrow \rho\gamma}} \right)^3 \cdot tg^2\alpha,$$

где $P_{f_1 \rightarrow \rho \gamma}$ и $P_{f_1 \rightarrow \phi \gamma}$ — импульсы фотонов для соответствующих распадов в системе покоя f_1 -мезона. Тогда, используя экспериментально найденные здесь величины, можно определить верхний предел для угла смешивания нонета аксиальных мезонов $\alpha = |\theta_{ideal} - \theta_{axial}|$:

$$\alpha < 32^\circ, \quad CL=95\%.$$

Все полученные экспериментальные данные находятся в согласии с оценками вероятности E1-переходов в рамках кварковой модели.

Четвёртая глава представляет результаты исследований скинтилляционного электромагнитного калориметра типа “шашлык” (рис.7) в сочетании с активным конвертором, выполненных в рамках совместного методического эксперимента R&D-36 (CERN) для установки CMS на LHC [4,5,6,7]. Требования, предъявляемые к электромагнитному калориметру для работы в составе CMS, в наиболее полной степени отражают условия проведения измерений в экспериментах на будущем ускорителе LHC. К ним относятся:

- хорошее энергетическое и пространственное разрешение, продиктованное желанием наблюдать распад $H \rightarrow \gamma\gamma$;
- высокие быстродействие и загроузоустойчивость;
- способность работать в сильном магнитном поле;
- хорошее угловое разрешение для уточнения вершины первичного взаимодействия вдоль направления сталкивающихся пучков;
- требование хорошей π^0 -режекции до возможно более высоких энергий.

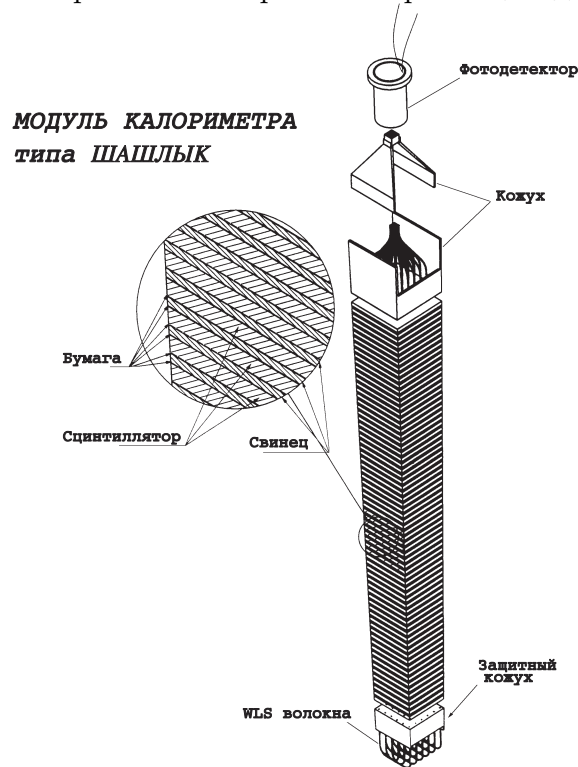


Рис. 7. Общий вид модуля электромагнитного калориметра типа “шашлык”.

Измерения были выполнены на тестовых пучках SPS в CERN для нескольких вариантов прототипов калориметра, в том числе и для проективных модулей, отвечающих геометрическим требованиям коллайдерной установки. В большинстве измерений в качестве фотодетекторов использовались не подверженные влиянию сильных магнитных полей кремниевые фотодиоды, оснащённые низкошумящими усилителями (передний фронт $\tau_{RC-CR} = 10$ нс, полная длительность — 40 нс, собственный шум $ENC = 1100e^-$). Активный конвертор, использованный в части экспозиций, представлял собой две плоскости кремниевых детекторов с взаимно ортогональным направлением стрипов (ширина стрипа — 2 мм), расположенные соответственно после $2X_0$ и $2X_0 + 1X_0$ свинцового поглотителя.

Измеренное энергетическое разрешение может быть параметризовано в виде

$$\frac{\sigma}{E}(\%) = \frac{(8.1 \pm 0.1)}{\sqrt{E}} \oplus (0.8 \pm 0.1), \quad [E] = \text{ГэВ}.$$

Стохастический член определяется в основном саплинг-структурой (2 мм Pb + 4 мм сцинтиллятор). Световой выход, усреднённый по модулям, составляет $20(\pm 10\%)$ фотонов/МэВ, при этом вклад шумов электроники в разрешение при использовании фотодиодов не превосходит 80 МэВ на канал. Особое внимание в измерениях было уделено факторам, влияющим на постоянный, не зависящий от энергии, член в параметризации разрешения, поскольку при высоких энергиях именно он определяет характеристики прибора. В этой связи изучена продольная неоднородность модулей калориметра и показано, что незначительный поворот модулей калориметра относительно направления падающих частиц $\theta_z \sim 3^\circ$ позволяет практически полностью устранить локальную поперечную неоднородность, вызванную наличием "горячих" зон вокруг спектросмещающих волокон; продемонстрирована возможность использования координатной информации от калориметра для коррекции глобальной поперечной неоднородности, вызванной краевыми эффектами модулей, что существенным образом уменьшает вклад постоянного члена в энергетическое разрешение.

Из данных, полученных при работе калориметра совместно с активным конвертором, следует, что влияние конвертора на поведение энергетического разрешения комбинированного прибора может быть описано зависимостью $\sigma/E \sim 4.6\%/\sqrt{E}$ ($[E]=\text{ГэВ}$) и существенно только в области низких энергий. Измеренное координатное разрешение для электронов на кремниевом детекторе, расположенном после $3X_0$ -поглотителя, составляет $\sigma_x(\text{мм}) \approx 1.5/\sqrt{E} + 0.1$ ($[E]=\text{ГэВ}$). Достижимое угловое разрешение комбинированного прибора ограничивается собственным координатным разрешением калориметра и для поперечного размера модуля равного $42 \times 42 \text{ мм}^2$ в предположении геометрии установки CMS показано на рис.8. Кривые на рисунке демонстрируют поведение зависимостей вида $70 \text{ мрад}/\sqrt{E}$ и $60 \text{ мрад}/\sqrt{E}$.

При измерениях в магнитном поле до 3 Т не было обнаружено заметного его влияния как на профиль электромагнитного ливня в калориметре, так и на энергетическое разрешение прибора. К числу наблюдаемых эффектов магнитного поля

следует отнести некоторое увеличение световыхода сцинтиллятора и существенное уменьшение правых негауссовых хвостов в амплитудных спектрах при работе с кремниевыми фотодиодами, вызванных продольными утечками ливней.

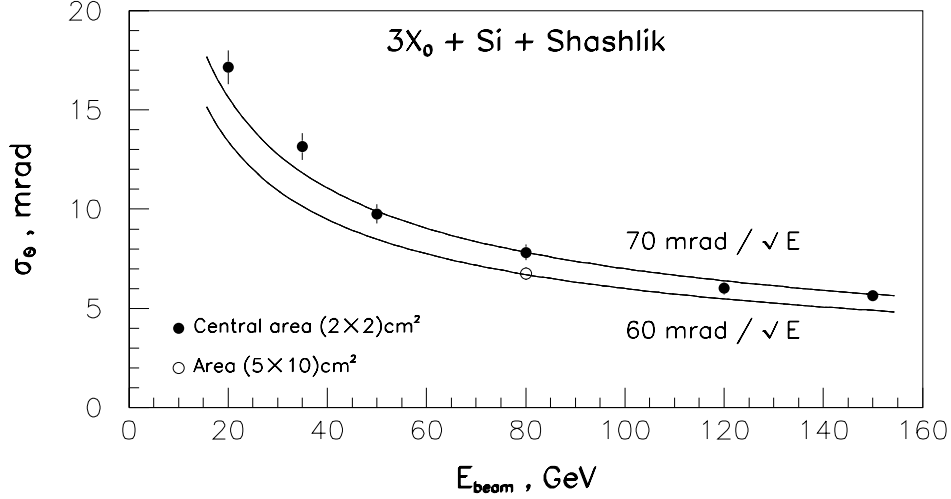


Рис. 8. Угловое разрешение комбинированного ("шашлык" + кремниевый конвертор) детектора как функция энергии регистрируемых электронов.

В заключении кратко сформулированы основные результаты диссертации:

1. Разработан и создан электромагнитный калориметр, удовлетворяющий требованиям физического эксперимента, проводимого на установке ВЕС.

2. В данных установки ВЕС в реакции $\pi^- N \rightarrow \pi^- f_1(1285)N$ при импульсе $P_{\pi^-} = 37$ ГэВ/с изучен распад $f_1(1285) \rightarrow \rho^0(770)\gamma$. Определена относительная вероятность этого распада:

$$Br(f_1(1285) \rightarrow \rho^0(770)\gamma) = (2.8 \pm 0.7(stat) \pm 0.6(syst)) \cdot 10^{-2}.$$

Эта величина находится в согласии с оценками вероятности E1-переходов в рамках кварковой модели.

Путём анализа угловых распределений определено отношение элементов матрицы плотности ρ^0 -мезона в системе его покоя:

$$\rho_{00}/\rho_{11} = 3.9 \pm 0.9(stat) \pm 1.0(syst).$$

Получено ограничение на относительную вероятность распада $f_1(1285) \rightarrow \phi(1020)\gamma$:

$$Br(f_1(1285) \rightarrow \phi(1020)\gamma) < 0.9 \cdot 10^{-3}, \quad CL=95\%.$$

Определён верхний предел для угла смешивания нонета аксиальных мезонов:

$$\alpha = |\theta_{ideal} - \theta_{axial}| < 32^\circ, \quad CL=95\%.$$

3. Разработана конструкция сцинтилляционного электромагнитного калориметра с переизлучающими волокнами в качестве системы светосбора (калориметр “шашлык”). Измерены его энергетическое, пространственное и угловое разрешения, в том числе в присутствии сильного магнитного поля и в сочетании с активным конвертором. Рассмотрено влияние факторов, определяющих характеристики прибора при сверхвысоких энергиях. Показана способность калориметра удовлетворить условиям проведения экспериментов на ускорителе LHC.

Список литературы

- [1] Amelin D.V., Berdnikov E.B., Bitjukov S.I., Borisov G.V., Dorofeev V.A., Dzhelyadin R.I., Gouz Yu.P., Ivanyushenkov Yu.M., Kachaev I.A., Karyukhin A.N., Khokhlov Yu.A., Klyuchnikov G.A., Konstantinov V.F., Kopikov S.V., Kostrikov M.E., Kostyukhin V.V., Kriushin A.A., Lomtadze T.A., Matveyev V.D., Mestvirishvili A.S., Ostankov A.P., Ryabchikov D.I., Solovyanov O.V., Starchenko E.A., Tskhadadze E.G., Vishnevsky N.K., Vlasov E.V., Zaitsev A.M. Study of the Decay $f_1(1285) \rightarrow \rho^0(770)\gamma$: Zeitschrift für Physik C. 1995, v.C66, p.71-76; preprint IHEP 94-91, Protvino, 1994.
- [2] Amelin D.V., Berdnikov E.B., Bitjukov S.I., Borisov G.V., Dorofeev V.A., Dzhelyadin R.I., Gouz Yu.P., Ivanyushenkov Yu.M., Kachaev I.A., Karyukhin A.N., Khokhlov Yu.A., Llyuchnikov G.A., Konstantinov V.F., Kopikov S.V., Kostrikov M.E., Kostyukhin V.V., Kriushin A.A., Lomtadze T.A., Matveyev V.D., Mestvirishvili A.S., Ostankov A.P., Ryabchikov D.I., Sehniaidze G., Solovyanov O.V., Starchenko E.A., Tskhadadze E.G., Vlasov E.V., Zaitsev A.M. Study of Resonance Production in π^-N Diffractive Reactions at 37 GeV/c. – In: Proceed. International Conference on High Energy Physics, Glasgow, 1994.
- [3] Beladidze G.M., Berdnikov E.B., Bitjukov S.I., Borisov G.V., Dzhelyadin R.I., Gouz Yu.P., Ekimov A.V., Ivanyushenkov Yu.M., Kachaev I.A., Karyukhin A.N., Khokhlov Yu.A., Klyuchnikov G.A., Konstantinov V.F., Kostrikov M.E., Kostyukhin V.V., Kriushin A.A., Lomtadze T.A., Matveyev V.D., Mestvirishvili A.S., Ostankov A.P., Ryabchikov D.I., Sen'ko V.A., Soldatov M.M., Starchenko E.A., Tskhadadze E.G., Vishnevsky N.K., Vlasov E.V., Zaitsev A.M. Latest Results from the VES Experiment. – In: Proceed. Vth International Conference on Hadron Spectroscopy, Como, Italy, 21-25 June, 1993.

- [4] R&D-36 Collaboration.¹ Beam Test Results of Shashlik Calorimeter in High Magnetic Field: Preprint CERN-PPE/95-152, 1995 (to be published in NIM).
- [5] R&D-36 Collaboration. Energy and Spatial Resolution of a Shashlik Calorimeter and a Silicon Preshower Detector: Preprint CERN-PPE/95-151, 1995 (to be published in NIM).
- [6] Bityukov S.I., Obraztsov V.F., Ostankov A.P. On the Energy Resolution of the Projective Prototype of the "Shashlik" Electromagnetic Calorimeter: Preprint IHEP 94-107, Protvino, 1994.
- [7] Badier J., Bityukov S., Bordalo P., Busson Ph., Charlot C., Dobrzynski L., Gninenko S., Guschin E., Issakov V., Mussienko Y., Obraztsov V., Ostankov A., Ramos S., Semenjuk I., Tanaka R., Zaitchenko A. Shashlik Calorimeter: Beam Test Results: Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, 1994, v. A348, p. 74-86.

Рукопись поступила 24 июня 1996 г.

¹P.Aspel, S.Bates, J.Badier, S.Bityukov, Ph.Bloch, P.Bordalo, J.Bourotte, A.Busata, Ph.Busson, S.R.Chendvankar, I.Cheremukhin, C.Charlot, E.Clayton, D.J.A.Cockerill, J.Connolly, L.Denton, R.Djilkibaev, L.Dobrzynski, A.Egorov, O.Ferreira, S.N.Ganguli, S.Gninenko, N.Godinovic, I.Golutvin, R.Grabit, Ch.Gregory, S.K.Gupta, A.Gurtu, E.Guschin, P.Jarron, A.Karar, Y.Kozlov, F.Lemeilleur, R.Loos, M.Maity, G.Majumder, P.Manigot, A.Marchioro, K.Mazumdar, D.Miller, P.Moissenz, T.Moulik, Y.Musienko, V.Obraztsov, A.Ostankov, V.Popov, Yu.Protopopov, I.Puljak, S.Ramos, E.Rosso, V.Rykalin, C.Seez, I.Semenyuk, A.Sidorov, A.Skasyrskaya, P.Spiridonov, I.Soric, V.Soushkov, R.Tanaka, J.Ch.Vanel, J.Varela, V.Vasil'chenko, T.S.Virdee, N.Zamiatin, E.Zubarev.

А.П.Останков.

Создание и изучение электромагнитных калориметров ячеистого типа и исследование редких радиационных распадов легких мезонов.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы \LaTeX .

Редактор М.Л.Фоломешкина.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 25.06.96. Формат $60 \times 84/8$. Офсетная печать.

Печ.л. 1,75. Уч.-изд.л. 1,34. Тираж 100. Заказ 711. Индекс 3649.

ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

