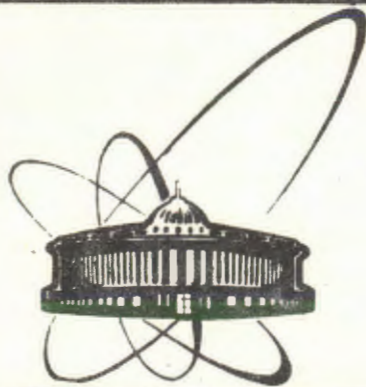


90-227



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Г-125

P1-90-227

О.П.Гаврищук, В.С.Дацко*, Р.В.Еремеев,
М.Г.Кадыков, И.Г.Косарев, В.В.Кухтин,
Д.В.Пешехонов, В.К.Семенов*, А.Б.Шалыгин

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ
РАЗРЕШЕНИЕ АДРОННОГО КАЛОРИМЕТРА
ТИПА СТАЛЬ-СЦИНТИЛЛЯТОР С 15-СМ ЯЧЕЙКОЙ

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

*Институт физики высоких энергий, Серпухов

1990

Введение

В последние годы как в коллайдерных экспериментах, так и в экспериментах с фиксированной мишенью широкое распространение получила техника калориметрии, позволяющая создавать электромагнитные и адронные детекторы полного поглощения практически любых конфигураций.

В рамках осуществления К-мезонной физической программы на создаваемом в ИФВЭ (Протвино) комплексе "Меченые нейтрино"/I/ также предусмотрено создание широкоапертурного годоскопического калориметра АК-600, позволяющего с высокой точностью определять энергию и координаты продуктов безнейтринных распадов заряженных К-мезонов. Конструкция калориметра и предварительные результаты измерения его характеристик рассмотрены в работах/2,3/. Ниже описана процедура определения энергетического и пространственного разрешения I6 -модульного прототипа АК-600 на пучке π^- -мезонов с энергией 37,5 ГэВ.

Процедура определения энергетического и пространственного разрешения.

Схема проведения измерений представлена на рис. 1. Пучок отрицательных π^- -мезонов проходит через счетчики S1, S2, годоскопические счетчики Nх, Ну и попадает на сборку из шестнадцати модулей адронного калориметра. Непровзаимодействовавшие π^- -мезоны и непоглощенные в калориметре частицы ливня регистрируются сцинтилляционной стенкой S3. В случае

прохождения мюона счетчик S_M , расположенный за железным мюонным фильтром, вырабатывает мюонную метку.

Для калибровки калориметра во время off-line анализа использовались мюонные события, которые набирались в отдельных экспозициях. Для каждого модуля определялись калибровочные коэффициенты k_i таким образом, чтобы удовлетворялись условия:

$$k_i (a_{\mu i} - \Pi_i) = \text{const}, \quad (1)$$

где i принимает значения от I до I6,

Π_i - пьедестал в i -м модуле,

$a_{\mu i}$ - мюонный сигнал в i -м модуле.

Точность определения коэффициентов составляла примерно 5%. После определения калибровочных коэффициентов амплитуда адронного сигнала определялась как:

$$A = \sum_{i=1}^{16} A_i, \quad A_i = k_i (a_i - \Pi_i), \quad (2)$$

где a_i - адронный сигнал в i -м модуле,

A_i - адронный сигнал в i -м модуле с учетом калибровочного коэффициента.

Распределение по амплитуде адронного сигнала A при попадании пучка в один из центральных модулей показано на рис. 2. Величина A вычислялась по формулам (1) и (2). Экспериментальное распределение аппроксимировалось функцией вида

$$Y = P_0 + P_1 A + P_2 A^2 + P_3 \exp \left[- \frac{(A - P_4)^2}{2 P_5} \right], \quad (3)$$

где P_i - искомые параметры, A - амплитуда сигнала.

Энергетическое разрешение определялось как отношение P_5/P_4 . В результате аппроксимации получено разрешение $R = 13,7\%$. Нижняя

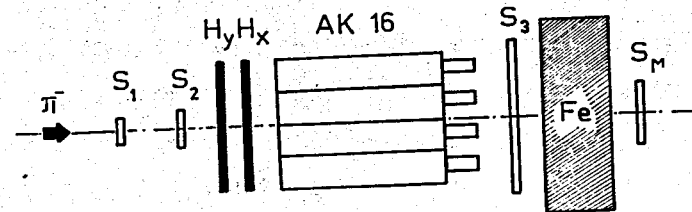


Рис.1. Схема проведения измерений характеристик адронного калориметра:

- S_1, S_2 - сцинтилляционные счетчики,
- H_x, H_y - годоскопические счетчики,
- AK - сборка из 16 модулей адронного калориметра,
- S_3 - сцинтилляционная стенка,
- Fe - мюонная защита,
- S_M - мюонный счетчик.

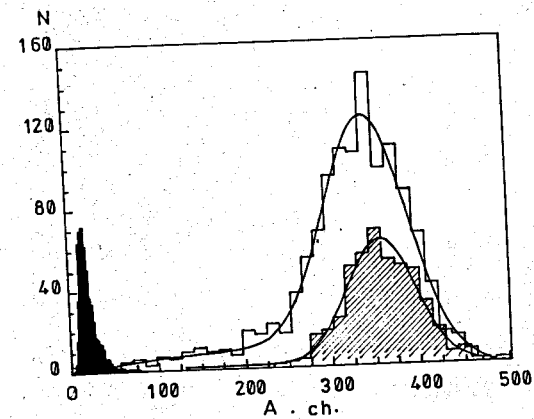


Рис.2. Амплитудные спектры сигналов с адронного калориметра: незаштрихованная гистограмма - спектр π -мезонов, заштрихованная гистограмма - спектр π -мезонов при значительном увеличении порога счетчика S_3 , сплошная - штриховка - мюонный спектр.

кривая показывает амплитудный спектр при значительном увеличении порога дискриминации счетчика S_3 . При этом происходит падение статистики примерно на 40% и улучшение разрешения до 10,1%. Это связано с тем, что увеличивается выборка ливней с первой точкой взаимодействия в начале калориметра. На рисунке также приведен мюонный спектр.

Была исследована зависимость разрешения и средней амплитуды (параметр R_3) от точки попадания частицы в калориметр. Результаты приведены на рис. 3 и 4. Точка отсчета проходит через стык модулей. Наблюдается рост амплитуды от центра к краю модуля с небольшим уменьшением в районе границы модулей (рис. 4). Изменения амплитуды являются незначительными (в пределах 3% от среднего значения). Разрешение ухудшается к краю модуля с 13 до 18%.

Координаты частицы, инициировавшей ливень, определялись по формулам:

$$X_R = \frac{\sum A_i X_i^C}{\sum A_i}, \quad Y_R = \frac{\sum A_i Y_i^C}{\sum A_i}, \quad (4)$$

где X_i^C и Y_i^C — геометрические координаты центра i -го модуля.

A_i — адронный сигнал с i -го модуля калориметра.

Истинные координаты частицы определялись с помощью годоскопических счетчиков/4/ с точностью не хуже чем 3 мм. Определенные по формулам (4) координаты частицы X_R и Y_R являются смещенными величинами истинных координат X и $Y/5/$. Для определения этих величин расстояние между центрами двух соседних модулей разбивалось на 30 интервалов. Для каждого интервала строились распределения по величинам X_R , Y_R и оценивались среднее значение и дисперсия этих распределений. Среднее значение характеризует

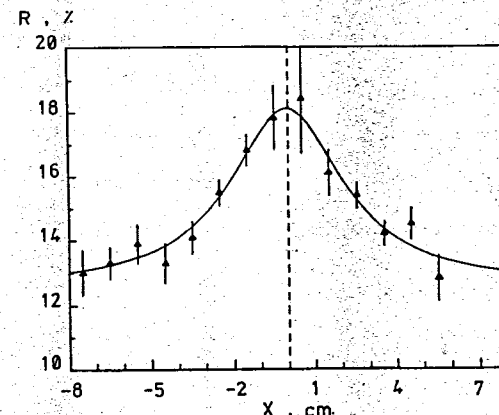


Рис.3. Зависимость энергетического разрешения калориметра от координаты регистрируемой частицы.

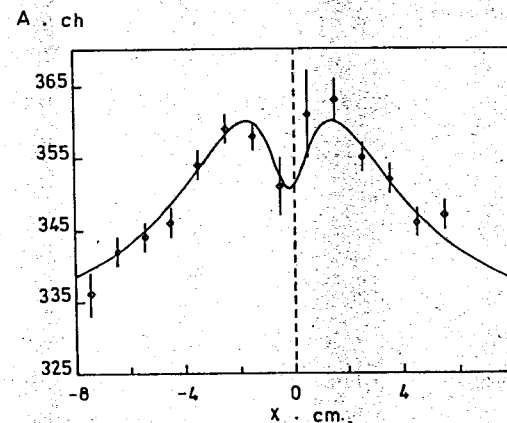


Рис.4. Зависимость амплитуды адронного сигнала от координаты попадания π^- -мезона в калориметр.

величину отклонения координаты (X_k), измеренной калориметром от истинной (X), а дисперсия - погрешность этого измерения. Полученные результаты представлены на рис.5,6. Символами (\square) на рис.5 показаны средние значения координат, определенные с помощью калориметра, в зависимости от известных значений истинных координат попадания частицы в калориметр. Эта зависимость хорошо описывается функцией вида:

$$X_k = f^{-1}(X), \quad (5)$$

где $f^{-1}(X)$ является обратной функцией к функции

$$f(X) = \frac{l \operatorname{sh} \frac{\delta X}{l}}{2 \operatorname{sh} \delta},$$

где l - ширина ячейки модуля калориметра в см.

Величина δ определялась аппроксимацией приведенного выше распределения этой функцией. Она равна $2,767 \pm 0,032$. Символами (\triangle) показаны откорректированные помощью $f(X)$ данные. Аппроксимация этих данных линейной функцией

$$Y = P_0 X \quad (6)$$

дает значение параметра $P_0 = 0,999 \pm 0,004$.

На рис.6 представлена зависимость координатного разрешения калориметра от места попадания частицы для двух случаев: в первом - коррекция координат после их вычисления по центру тяжести ливня не производится, во втором - производится коррекция согласно функции (5). Усредненное значение величины координатного разрешения составило 1,7 см.

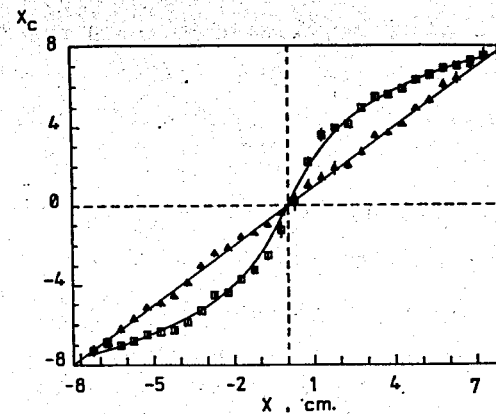


Рис.5. Зависимость измеренной координаты ливня X_0 от координаты попадания π -мезона в калориметр.

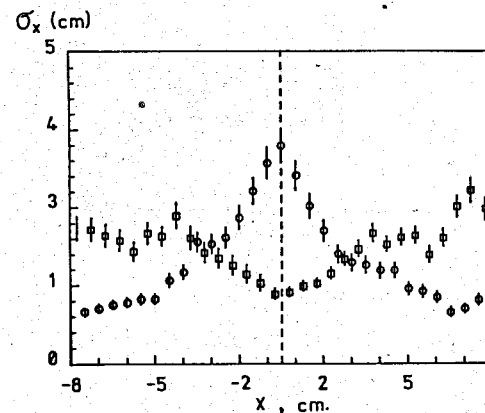


Рис.6. Зависимость координатной точности σ_x от координаты попадания π -мезона в калориметр.

Профиль ливня

Годоскопическая структура калориметра позволяет получить информацию о профиле адронного ливня/6/.

Энерговыведение в ливне описывается функцией вида:

$$\Gamma(y)dy = \left(A_1 \exp\left(-\frac{y}{t_1}\right) + (1-A_1) \exp\left(-\frac{y}{t_2}\right) \right) dy,$$

где y — расстояние от оси ливня, t_1, t_2 — параметры наклона экспонент, A_1 — вклад в функцию профиля первой экспоненты.

Относительный вклад группы из четырех вертикально расположенных модулей (рис.7) в амплитуду адронного сигнала

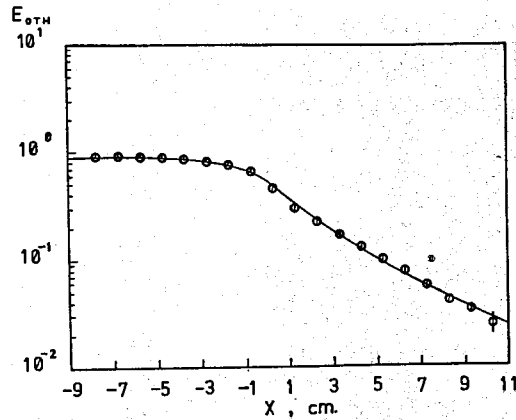


Рис.7. Относительное энерговыведение в 4 вертикально расположенных модулях в зависимости от координаты попадания π -мезона в калориметр.

является интегралом функции $\Gamma(y)$ по ширине модуля. Непрерывной линией на рисунке показан результат фитирования экспериментального распределения. Получены следующие параметры:

$$A_1 = 0,80 \pm 0,05, \quad t_1 = 1,9 \pm 0,2, \quad t_2 = 5,1 \pm 0,2.$$

На рис.8 показана зависимость квадратного корня из дисперсии ливня от координаты пучка. Дисперсия определялась согласно работе [7]. Линией показана расчетная дисперсия с параметрами ливня, полученными выше.

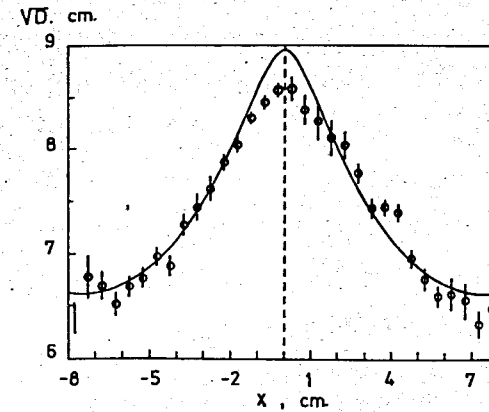


Рис.8. Зависимость квадратного корня из дисперсии ливня от места попадания π -мезона в калориметр. Сплошной линией показано расчетное значение.

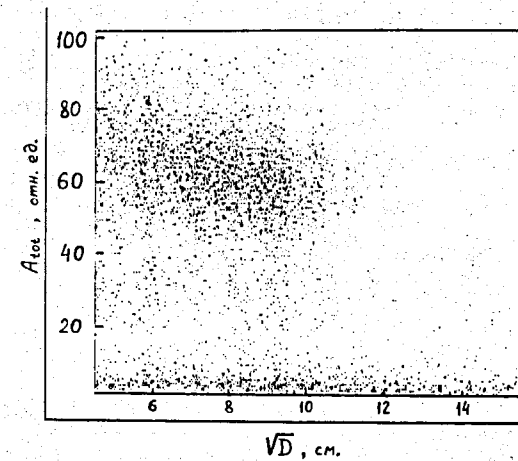


Рис.9. Двумерное распределение амплитуда сигнала с калориметра — корень квадратный из дисперсии ливня.

На рис.9 представлено двумерное распределение полного сигнала с детектора и квадратного корня из дисперсии ливня. Из рисунка видна корреляция между этими величинами, которая описывается следующей функцией:

$$A \sim I - (0,43 \pm 0,07) \sqrt{D},$$

где A - положение максимума амплитудного спектра при данном значении дисперсии ливня D , измеренной в единицах ширины ячейки калориметра. Коррекция амплитуды на эту функцию приводит к относительному улучшению энергетического разрешения калориметра в среднем на 20%. Если принять, что малые значения дисперсии ливня соответствуют преобладанию электромагнитной компоненты в ливне, то отношение e/h будет равно примерно 1,2.

Заключение

В настоящей работе приведены характеристики 16-модульного прототипа адронного калориметра АК-600 комплекса "Меченые нейтрино". Описана процедура определения энергетического и пространственного разрешения детектора и профиля адронного ливня. Полученные данные ($\sigma/E \approx 13,7\%$ и $\sigma_x \approx 1,7$ см) позволяют сделать вывод о высокой перспективности применения калориметра данной конструкции для изучения безнейтринных распадов заряженных К-мезонов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Денисов С.П. - Пучки меченых нейтрино - новый шаг в методике нейтринных исследований. М.: Издательство МИФИ, 1987.
2. Алеев А.Н. и др. - Препринт ОИЯИ Р1-89-434, Дубна, 1989.
3. Кадьков М.Г. и др. - Препринт ОИЯИ Р1-89-769, Дубна, 1989.
4. Горин А.М. и др. - Препринт ИФВЭ 87-137, Серпухов, 1987.
5. Бинон Ф. и др. - Препринт ИФВЭ 79-128, Серпухов, 1979.
6. Бинон Ф. и др. - Препринт ИФВЭ 82-115, Серпухов, 1972.
7. Алди Д. и др. - Препринт ИФВЭ 87-130, Серпухов, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 марта 1990 года.