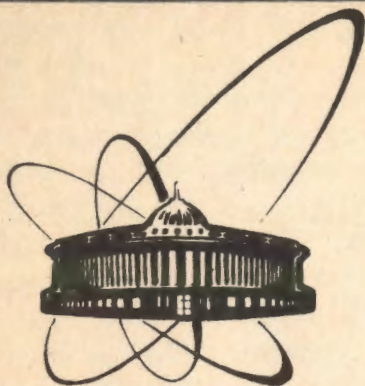


91-537



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-91-537

О.П.Гаврищук, Р.В.Еремеев, М.Г.Кадыков,
И.Г.Косарев, В.И.Кочетков*, В.В.Кухтин,
В.К.Семенов*, А.Б.Шалыгин, А.Н.Юкаев

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АДРОННОГО
СЭМПЛИНГ-КАЛОРИМЕТРА АК-600

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

*Институт физики высоких энергий, Протвино

1991

В предыдущих работах /1-3/ были представлены характеристики модульного адронного калориметра с сэмплинг-структурой 20 мм стали и 5 мм сцинтиллятора /4/ (размер ячейки 150×150 мм). Такого типа калориметр создается для экспериментов на комплексе "Меченые нейтрино" (КМН) ускорителя У-70 (ИФВЭ, Протвино). Калориметр содержит 600 автономных модулей, собранных в матричную сборку диаметром 4 метра. Каждый модуль калориметра состоит из 40 слоев (сталь+сцинтиллятор) общей длиной 100 см, что соответствует примерно 4,7 ядерным длинам.

Схема КМН такова /5/, что непрореагировавший с мишенью пучок частиц проходит по центру установки, а калориметр располагается радиально вокруг пучка. Центральная часть калориметра подвержена высокой нагрузке от вторичных и пучковых частиц. Поэтому с целью улучшения пространственного и временного разрешения детектора при высокой нагрузке в центральной его части предполагается использовать модули размером 75×75 мм.

Конструкция модуля с размером 75×75 мм и технология изготовления его элементов аналогичны описанным в работе /1/ для ячейки 150×150 мм. Размер сцинтиллятора, используемого в модуле, 72×68 мм, размер световода-смещителя спектра (WLS) 1200×70×3 мм.

В настоящей работе приводятся характеристики центральной части адронного калориметра КМН с размером модуля 75×75 мм, экспериментально измеренные в пучках π -мезонов и электронов с энергиями, соответственно, 40 и 26,6 ГэВ, выведенных в канал 2А ускорителя У-70. Исследования проведены на матричной сборке 6×6 модулей. Получены значения энергетического и пространственного (будет опубликовано) разрешений калориметра, определено отношение энерговыделений e/h электронов и адронов (степень компенсации). Аналогичные данные были получены /1,2/ при исследовании сборки из 16 модулей размером 150×150 мм с использованием сцинтилляционных годоскопов с ячейкой 3 мм. В настоящей работе измерение координат проводилось с помощью прецизионных пропорциональных камер с шагом 1,0 мм /6/.

Калибровка калориметра проводилась в π -мезонном пучке методом равномерной засветки всех ячеек. В результате математической обработки, используя критерий - минимум дисперсии суммарного энерговыделения от адронов, были получены коэффициенты для выравнивания амплитуд сигналов каждого модуля.

Однородность отклика $\langle A \rangle$ и энергетического разрешения σ_E/E калориметра изучались при перемещении его в двух направлениях (x, y) относительно оси пучка с шагом 1,5 см. Более подробно зависимости $\langle A \rangle$ и σ_E/E от координат x и y изучались с использованием пропорциональных камер.

На рис.1 показан характерный спектр сигналов от адронов, проходящих через центральную часть модуля. Спектры фитировались распределением Гаусса при наличии фона. Результаты фитирования спектров использовались для построения рисунков 2 и 3.

Величина отклика калориметра (средней суммарной амплитуды сигналов $\langle A \rangle$) практически не зависит от точки попадания пучка в ячейку за исключением области $\pm 1,5$ см относительно WLS, где неоднородность составляет $\approx 13\%$ (рис.2, а, б).

Энергетическое разрешение σ_E/E в зависимости от точки попадания пионного пучка в ячейку показано на рис.3(а, б). Из рисунков видно, что на стыке двух модулей, где нет световода, разрешение практически не меняется и равно в среднем 12%, а на стыке, содержащем световод, разрешение ухудшается примерно в 1,5-2 раза.

Существует метод улучшения энергетического разрешения адронных калориметров, основанный на анализе флуктуаций энерговыделений в продольном /15/ и поперечном /16/ направлениях развития адронного ливня. В этом методе используется тот факт, что большие сигналы в адронном калориметре образуются в событиях, в которых за счёт флуктуаций числа частиц значительно увеличена доля энергии, приходящаяся на π^0 -мезоны. Этот эффект присущ адронным калориметрам, в которых сигналы от электронов (e) и адронов (h) одной и той же энергии не равны. Величина отношения e/h служит мерой компенсированности в адронных калориметрах /7/.

В адронных калориметрах матричного типа наблюдается корреляция между суммарным энерговыделением и шириной ливня /1,16/. Введение коррекции на эту корреляцию улучшает энергетическое разрешение на 40% при энергии 200 ГэВ /17/ и на 20% при энергии 37,5 ГэВ /1/. В настоящей работе в пределах точности измерений не наблюдалось подобной корреляции. Возможно, степень корреляции при фиксированной энергии характеризует величину e/h

/1/. Если это так, то в настоящей работе по сравнению с /1,16,17/ она несколько лучше. По-видимому, это было достигнуто специальными мерами по компенсации продольных утечек ливня /10/ и (или) благодаря использованию ячейки меньшего размера в исследуемом калориметре.

Степень компенсированности нашего калориметра специально исследовалась на пучке электронов, впервые выведенных на установку МИС-ИТЭФ. На рис.4 показан спектр сигналов от электронов, попадающих в центральный модуль матричной сборки. Форма спектра свидетельствует о чистоте используемого электронного пучка, т.е. о практически полном отсутствии адронного фона. Разрешение для электронов составило 7,5% для 26,6 ГэВ. Отношение амплитуд сигналов от электронов и адронов $e/h=1,14$, что подтверждает наше предположение, изложенное выше.

Энергетическая зависимость разрешения калориметра представлена на рис.5. Экспериментальные данные при энергиях 5 и 10 ГэВ были получены нами в опытах с калориметром /1/ на канале высокоинтенсивного положительного пучка установки ГИПЕРОН /8/, где также были проведены измерения с целью определения влияния на энергетическое разрешение инверсного положения калориметра относительно пучка /9/.

Следуя результатам работ /10,11/, энергетическую зависимость разрешения можно представить в виде:

$$\sigma_E/E = \sqrt{\delta_E^2 + \delta_{WLS}^2 + \delta_{утеч.}^2} \quad (1)$$

где $\delta_E = 0,6/\sqrt{E}$, $\delta_{WLS} = 0,06$ и характеризует влияние длины затухания световода ($\lambda_{WLS} = 2,5$ м) /10/, а значение $\delta_{утеч.} = 0,06$ объясняется влиянием на энергетическое разрешение радиальных утечек ливня (из-за конечной апертуры матричной сборки) /12/.

Наши экспериментальные данные аппроксимируются следующей зависимостью от энергии (E):

$$\sigma_E/E = (0,031 \pm 0,013) + (0,530 \pm 0,056)/\sqrt{E} \quad (2)$$

которая хорошо описывает наши результаты (при $E < 40$ ГэВ, рис.5). Для калориметра с аналогичной структурой (25 мм стали, 5 мм сцинтиллятора и полной толщиной 6 ядерных длин) /13/ энергетическая зависимость разрешения дается соотношением:

$$\sigma_E/E = (0,026 \pm 0,006) + (0,553 \pm 0,034)/\sqrt{E} \quad (3)$$

которое мало отличается от нашего (см. рис.5).

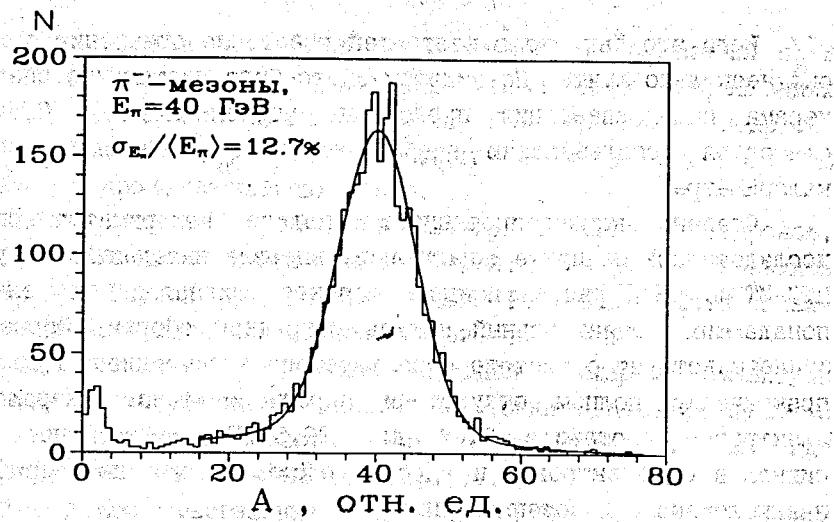


Рис.1. Амплитудный спектр сигналов A (сумма по всем модулям) от π^- -мезонов с энергией $E=40$ ГэВ. Сплошная кривая соответствует фитированию амплитудного спектра. В начале шкалы виден спектр от мюонов и непроизводивших адронов.

Как видно из рис.5, наш калориметр обладает довольно хорошим разрешением по энергии для электромагнитных ливней:

$$\sigma_E/E = (0,350 \pm 0,006) / \sqrt{E} \quad (4)$$

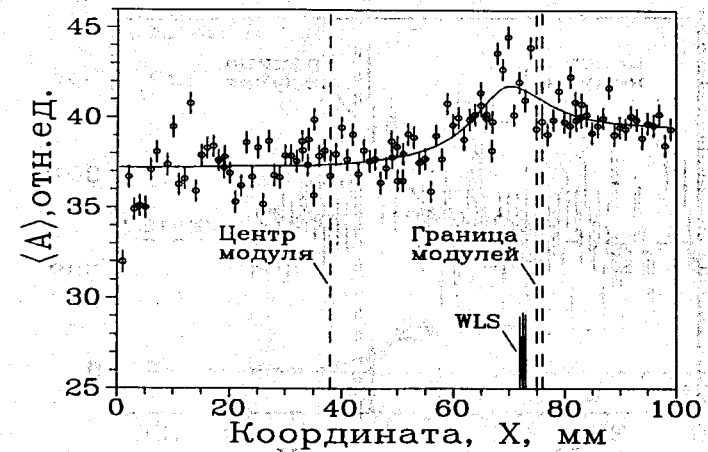
Так, энергетическое разрешение электромагнитного калориметра с сэмплинг-структурой 1 см стали и 1 см сцинтиллятора /18/:

$$\sigma_E/E = (0,230 \pm 0,019) / \sqrt{E} \quad (5)$$

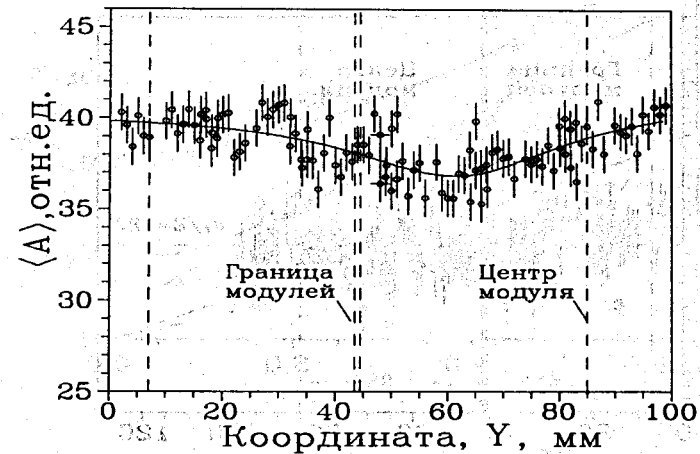
(зависимость 5, рис.5).

Отсутствие постоянного члена в (4) по сравнению с (2) объясняется значительно меньшими флуктуациями точки конверсии электромагнитного ливня в продольном направлении ($\delta_{WLS} \approx 0$ в (1)) и полным поглощением ливня в поперечном направлении ($\delta_{утеч.} = 0$).

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам установок ММС ИТЭФ (в том числе Лисину В.И. за помощь в обработке) и ГИПЕРОН ИФВЭ за предоставление аппаратуры для измерений и времени на пучке частиц, а также Ю.И.Мусиенко (установка ИСТРА) за предоставление пропкам и помощь при их использовании, В.П.Маишееву за помощь при выводе электронного пучка, сотруднику ЛВЭ ОИЯИ А.Б.Иванову за предоставление контроллера связи с ПЭВМ, сотрудникам ЛСВЭ ОИЯИ за инженерно-техническую поддержку работ.

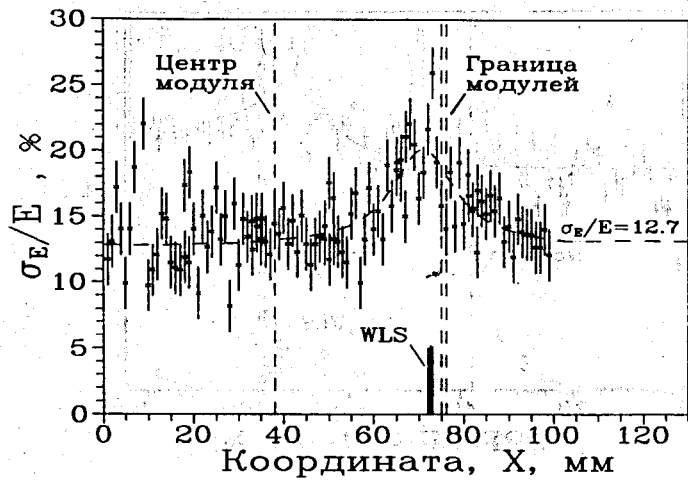


a

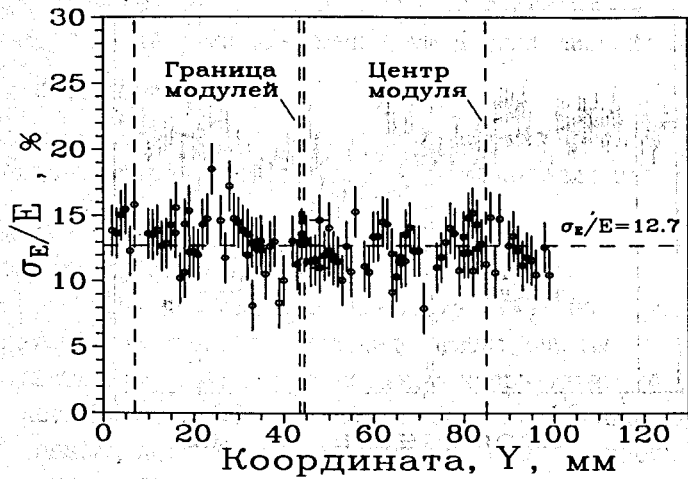


b

Рис.2. Зависимость амплитуды $\langle A \rangle$ среднего суммарного энерговыделения от точки попадания пучка в ячейку.



а



б

Рис.3. Зависимость энергетического разрешения σ_E/E калориметра от точки попадания пучка в ячейку.

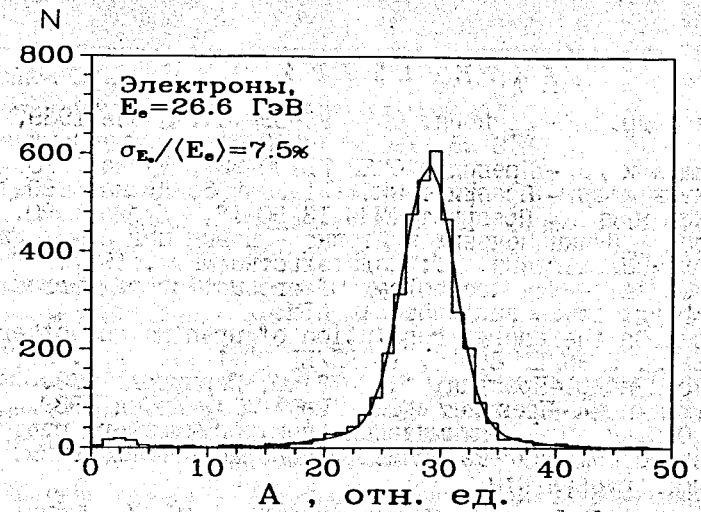


Рис.4. Амплитудный спектр сигналов A (сумма по всем модулям) от электронов с энергией $E=26,6$ ГэВ. Сплошная кривая соответствует фитированию амплитудного спектра.

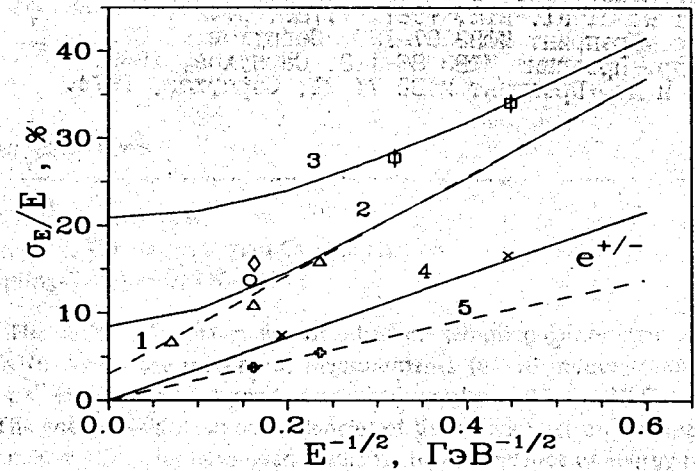


Рис.5. Зависимость разрешения калориметра σ_E/E от энергии E (ГэВ). Экспериментальные точки - π -мезоны: \circ -настоящая работа, $\langle \rangle$ -/I4/ ($\lambda_{WLS}=12$ м) и Δ -/13/; \square - $\pi^+\pi^-$ -мезоны: ($\lambda_{WLS}=1.1$ м, инверсное положение калориметра), e^+e^- - \times -настоящая работа, $+/-$ /I3/. Кривые - зависимости: 1-см.(3); 2-см.(2), нормальное положение калориметра ($\delta_{WLS}=0,06$ /I0/); 3-см.(1), инверсное положение калориметра ($\delta_{WLS}=0,2$ /I0/); 4-см.(4); 5-см.(5).

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Н.Алеев и др. - Препринт ОИЯИ Р1-89-434, Дубна 1989, ПТЭ №5, 1990, с.60.
2. О.П.Гавришук и др. - Препринт ОИЯИ Р1-90-227, Дубна 1990.
3. О.П.Гавришук и др. - Препринт ОИЯИ Р1-90-295, Дубна 1990.
4. М.Г.Кадьков и др. - Препринт ОИЯИ I3-90-16, Дубна 1990.
5. С.П.Денисов - Пучки меченых нейтрино - новый шаг в методике нейтринных исследований. М.: Издательство МИФИ, 1987.
6. H.Kalmor et. al. - The technology of production of narrow gap wire chambers. To be publ shed in NIM.
7. R.Wigmans - On the energy resolution of uranium and other hadrons calorimeters. CERN/EP 86-18, (CERN/EP 86-141), Sept. 26, 1986.
8. В.И.Белоусов и др. - Препринт ИФВЭ 73-90, Серпухов 1973.
9. М.Г.Кадьков и др. - Препринт ОИЯИ Р1-89-769, Дубна 1989.
10. Гавришук О.П. и др. - Оптимизация спектросмещающего световода для адронного сэмплинг-калориметра неполного поглощения. Направлено в журнал NIM.
11. М.Г.Кадьков, В.К.Семенов. - Препринт ОИЯИ Р1-91-36, Дубна, 1991.
12. D.Acosta et al. - Results of prototyp studies for a Spaghetti calorimeter. CERN/EP 90-37, March 23, 1990.
13. Дашко В.С. и др. - Препринт ИФВЭ 87-85, Серпухов 1987.
14. Aleev A.N. et al. - Proceedings of the III-rd Instr. Symp. HEXAM-89, Prague, 1989, p.65.
15. Abramowicz H. et al. - NIM, 1981, v.180, p.429.
16. Д.Алди и др. - Препринт ИФВЭ 87-130, Серпухов, 1987.
17. Ф.Бинон и др. - Препринт ИФВЭ 86-113, Серпухов, 1986.
18. Ю.Б.Бушнин и др. - Препринт ИФВЭ 74-21, Серпухов, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел

5 декабря 1991 года.