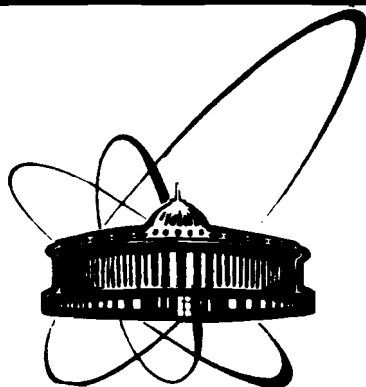


89-673



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Г 7

Д1-89-673

Ю.Н.Готра, Н.И.Зимин, Ал.И.Зинченко,
Э.Н.Цыганов

**АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ АДРОНОВ
ДЛЯ КОМБИНИРОВАННЫХ КАЛОРИМЕТРОВ
УСТАНОВКИ Д Е Л Ф И**

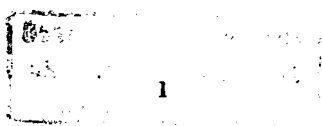
Направлено в журнал "Nuclear Instruments
and Methods"

1989

В последнее время в связи с развитием экспериментов на встречных пучках все большую роль в экспериментальных установках начинает играть калориметрия. Вследствие этого исследования процессов, происходящих в калориметрах, приобретает особую важность. В частности, для установок, в которых одновременно используются электромагнитные и адронные калориметры (ЭМК и АК), возникает задача восстановления энергии адронов по откликам ЭМК и АК. В данной работе сделана попытка решения этой проблемы для установки ДЕЛФИ.

Конфигурация детектора ДЕЛФИ такова, что перед адронным калориметром располагается около 1,2 ядерных длин вещества (0,6- электромагнитный калориметр, 0,6- обмотка и стенки криостата магнита)^{/1/}; из-за этого примерно в 70% случаев адроны будут иметь первичное взаимодействие, приводящее к развитию ядерно - электромагнитного ливня до входа в АК. Реальная ситуация была смоделирована при исследованиях с помощью сцинтилирующего кристалла CsI диаметром 200 мм и толщиной 300 мм (0,8 ядерных длин), помещенного перед прототипом АК. Дополнительная пластина железа толщиной 5 см (0,3 яд. длины) позволяла обеспечить полное количество вещества перед АК, равное реальному.

На рис.1 а приведено двумерное распределение, показывающее зависимость между сигналами с CsI и прототипа АК для протонов с импульсом 6 ГэВ/с ^{/2/}, на рис.1 в приведена такая же зависимость для событий, смоделированных программой GNEISHA (версия 7) ^{/3/}. За сигнал отклика с CsI принята сумма ионизационных потерь в кристалле, с АК- число "хитов", т.е. число точек пересечения заряженных треков каскада с плоскостями чувствительных элементов. На основании вида зависимости можно предложить простейшую



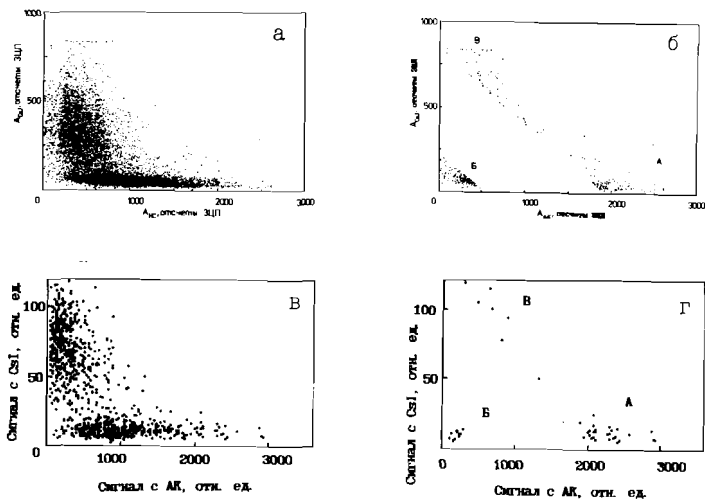


Рис.1. Распределение событий в зависимости от энерговыделения в кристалле CsI и прототипе модуля АК для протонов с импульсом 6 ГэВ/с, а - для реальных событий, б - для реальных событий, в которых восстановленное значение энергии отличается от среднего более, чем на два стандартных отклонения, в,г - для событий, смоделированных программой GNEISHA.

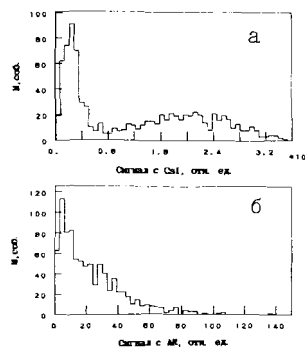


Рис.2. Спектры откликов для протона с импульсом 6 ГэВ/с, а - с кристалла CsI, б - с прототипа АК.

процедуру восстановления энергии по откликам ЭМК и АК:

$$E = \begin{cases} AK + k \text{ ЭМК, если каскад начался в ЭМК,} \\ AK, \text{ если адрон прошел ЭМК без взаимодействия,} \end{cases} \quad (I)$$

где k - масштабный коэффициент, определяемый из условия получения минимального разрешения для данной энергии. В смоделированной нами ситуации события, в которых протон прошел CsI без создания в нем ливня, соответствуют области "ионизационного пика" в спектре сигналов с CsI (рис.2 а). В реальной конфигурации невзаимодействующие адроны могут быть идентифицированы более надежно за счет тонкой сегментации ЭМК. Спектр откликов с прототипа АК для протонов с импульсом 6 ГэВ/с приведен на рис.2 б.

На рис.1 б,г представлены распределения, аналогичные приведенным на рис.1 а,в, для событий, в которых восстановленное значение энергии отличается от среднего более, чем на два стандартных отклонения. Можно видеть 3 области событий, из которых нас будет интересовать только область А - "аномально" большие сигналы с АК. Области Б и В исследовать трудно из-за отсутствия подробных данных о развитии ливня в CsI. Исследование состава смоделированных ливней в АК показывает, что в событиях из области А доля электромагнитной компоненты (γ, e^+, e^-) составляет более 80%, тогда как для событий с энерговыделением, отличающимся от среднего менее, чем на одно стандартное отклонение, доля γ, e^+, e^- составляет около 60% (напомним, что анализируются только частицы, дающие вклад в сигнал отклика, то есть проходящие через чувствительные плоскости). Таким образом, события с большим энерговыделением в АК характеризуются большой долей

электромагнитной компоненты в ливне. Такая ситуация характерна для всех некомпенсированных калориметров, в том числе и АК ДЕЛФИ, у которых отношение сигнала от электронов к сигналу от адронов той же энергии (e/h) больше 1. Следовательно, возникает задача попытаться скомпенсировать флуктуации электромагнитной компоненты.

В работе /4/ была предложена процедура компенсации флуктуаций на основании выражения

$$E^{cor} = \sum_i E_i \left(1 - \frac{\alpha}{\sqrt{E}} E_i\right), \quad (2)$$

где E^{cor} - скорректированное значение энергии, $E = \sum_i E_i$ - нескорректированное значение энергии, E_i - сигнал с единичного чувствительного элемента АК, α - корректирующий параметр. Эта процедура эффективно работает при условии достаточно тонкой продольной сегментации калориметра. В АК ДЕЛФИ толщина пластин радиатора (железо) составляет 5 см, или 2,8 радиационных длин. Однако, учитывая большую величину ядерной длины в железе (16,8 см), можно попытаться использовать процедуру корректировки и в этом случае.

Проверка возможности компенсации флуктуаций электромагнитной компоненты ливня может быть проведена для установки, не содержащей дополнительного вещества перед АК. Диапазон энергий первичных протонов выбирался из условия, что средний импульс заряженных частиц в e^+e^- - взаимодействии при энергии ЛЭП будет 2,7 ГэВ/с и только 5% заряженных частиц будут иметь импульс больше 10 ГэВ/с /5/. Результаты приведены на рис.3 а, где показано разрешение АК в зависимости от энергии (разрешение определяется как отношение стандартного отклонения распределения к его

среднему). Под E_i в формуле (2) следует понимать сигнал с чувствительной плоскости прототипа АК. Из рис.3 а видно, что процедура компенсации дает улучшение разрешения, причем эффект растет с ростом энергии (что отмечалось в /4/).

Применение процедуры коррекции приводит к следующему алгоритму восстановления энергии адронов по откликам ЭМК и АК:

$$E = \begin{cases} AK + k \text{ ЭМК, если каскад начался в ЭМК,} \\ k_1 AK^{cor}, \text{ если каскад начался в АК,} \end{cases} \quad (3)$$

где k , АК, ЭМК - то же, что и в (1), k_1 - масштабный множитель, приводящий к одному масштабу значения восстановленной энергии для событий с разным положением начала каскада, AK^{cor} - скорректированный по формуле (2) отклик АК. Полученные результаты приведены на рис.3 б.

В реальном АК ДЕЛФИ съем информации будет происходить не с плоскостей, а с башен, при этом одна башня суммирует сигнал с 5 последовательных по глубине участков плоскостей размером около 20x20 см (в смоделированной конфигурации - 25x25 см). Однако при этом становится доступной информация о поперечном размере ядерно-электромагнитного каскада, что может также позволить применить процедуру компенсации флуктуаций (см. рис.3 в, где за E_i берется сигнал с башни).

Постоянная α получается отличной от случая съема сигналов с плоскостей. Из рис.3 а и 3 в можно видеть, что эффект использования процедуры практически одинаков для различных схем съема информации. Следовательно, алгоритм восстановления энергии адронов (3) можно применять и для реальной конфигурации установки ДЕЛФИ. Полученные результаты приведены на рис.3 г и в

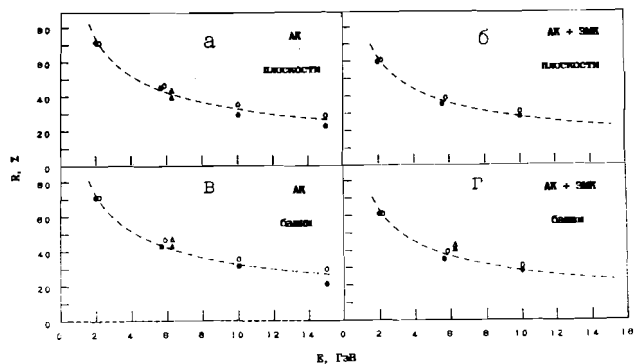


Рис.3. Зависимость разрешения прототипа АК и системы АК и ЭМК от энергии адрона. Треугольниками показаны реальные события, кружками - смоделированные. Незаштрихованные фигуры - без коррекции, заштрихованные - с коррекцией по плоскостям АК (а, б) или по башням (в, г). Штриховая линия - результат фитирования скорректированных данных функцией A/\sqrt{E} . Для случая г $A=89\%$.

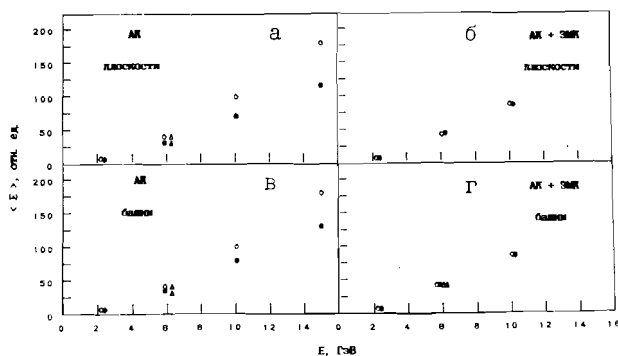


Рис.4. Зависимость среднего отклика прототипа АК и системы АК и ЭМК от энергии налетающего адрона, а, б - с коррекцией по плоскостям, в, г - с коррекцией по башням.

таблице. Энергетическое разрешение при использовании алгоритма улучшилось на 5-7%. Сохранение линейности восстановленной энергии адронов в исследуемом диапазоне энергий при применении алгоритма отражает рис.4.

Таблица. Зависимость корректирующих коэффициентов от энергии адронов

коррект. коэфф.	энергия адрона, ГэВ			
	2 моделир.	6 реальн.**	6 моделир.	10 моделир.
k	0,012 *	0,015	0,018 *	0,022 *
k_1	1,24 *	1,39	1,4 *	1,45 *
α	0,1	0,08	0,1	0,1

* Различие коэффициентов k и k_1 для разных энергий свидетельствует о неточности выделения по ионизационному пику событий, в которых адрон проходит ЭМК без взаимодействия.

** В реальной конфигурации дополнительная пластина железа перед прототипом АК отсутствовала.

Таким образом, предложенный алгоритм восстановления энергии адронов по откликам электромагнитного и адронного калориметров позволяет несколько улучшить энергетическое разрешение по сравнению с простейшим возможным алгоритмом. Следует отметить, что

более детальная информация о развитии ливня в электромагнитном калориметре может обеспечить более эффективное использование выработанной процедуры.

Литература

1. DELPHI progress report, CERN/LEPC/84-16.
2. Filatova N.A. et al. Nucl. Instr. and Meth., A272 (1988), 707.
3. Fesefeldt H. GHEISHA: the simulation of hadronic showers, FN 85/02.
4. Abramowicz H. et al. Nucl. Instr. and Meth., 180 (1981), 429.
5. Physics aims of the DELPHI collaboration, DELPHI 82-2, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 сентября 1989 года.

Готра Ю.Н. и др.

Д1-89-673

Алгоритм восстановления энергии адронов
для комбинированных калориметров установки ДЕЛФИ

Описывается алгоритм восстановления энергии адронов по откликам электромагнитного и адронного калориметров. Исследования проводились на полномасштабном прототипе модуля адронного калориметра, по конструкции аналогичного модулям цилиндрической части адронного калориметра установки ДЕЛФИ. Исследованы возможность компенсации флуктуаций электромагнитной компоненты адронного ливня, их влияние на энергетическое разрешение калориметров. Предложенный алгоритм позволяет улучшить энергетическое разрешение на 5-7% при сохранении линейности восстановленной энергии адронов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Gotra Yu.N. et al.

D1-89-673

Algorithm of Hadron Energy Reconstruction
for Combined Calorimeters in the DELPHI Detector

The algorithm of hadron energy reconstruction from responses of electromagnetic and hadron calorimeters is described. The investigations have been carried out using the full-scale prototype of the hadron calorimeter module which is identical to the DELPHI hadron calorimeter barrel modules. The possibility of compensating electromagnetic fluctuations of a hadron shower and their influence on the energy resolution of calorimeters have been studied. The supposed algorithm allows one to improve energy resolution by 5-7% with conserving the linearity of reconstructed hadron energy.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989