

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

В 624

Д13-88-614

А.С.Водопьянов, Ю.Н.Готра*, Н.И.Зимин,
А.И.Зинченко, Р.Б.Кадыров, В.Н.Поздняков,
В.Н.Рыжов, А.Б.Садовский, Ц.Спасов,
В.Г.Тимофеев, И.А.Тяпкин, Н.А.Филатова,
Э.Н.Цыганов

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЯ
АДРОННОГО КАЛОРИМЕТРА ДЕЛФИ
С ДЕТЕКТОРАМИ,
РАБОТАЮЩИМИ В ПРОПОРЦИОНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ

Направлено в журнал "Nuclear Instruments
and Methods in Physics Research"

*Московский государственный университет
им. М.В.Ломоносова

1988

Считывающая электроника адронного калориметра АК^{/1/} установки ДЕЛФИ^{/2/} разрабатывалась для условий работы детекторов АК в стримерном режиме. При этом предполагалось, что величина наведенного на внешний электрод сигнала от прохождения частицы с минимальной ионизацией будет составлять приблизительно 20 пКл. Позже было найдено, что в этом режиме трудно добиться стабильной работы детекторов, поэтому чувствительность электроники была повышена, без существенных изменений в схеме, до 10 пКл/канал ADC.

В работах^{/3,4/} было показано, что основной причиной отказов пластиковых трубок с резистивным покрытием катода при их работе в самогасящемся стримерном режиме является сильноточный характер режима, приводящий к возникновению самоподдерживающегося темнового тока. Незначительное снижение рабочего напряжения детекторов, при соответствующем увеличении чувствительности считывающей электроники, не может обеспечить требуемой надежности прибора. Этого можно достигнуть лишь существенным уменьшением (в 50-100 раз) коэффициента газового усиления (переход из стримерной области в область насыщенного пропорционального режима). При этом основные характеристики АК не ухудшаются^{/5/}.

Целью проведенных исследований было изучение возможности использования уже созданной считывающей электроники совместно со специально разработанным предусилителем, что позволяет перейти в насыщенный пропорциональный режим работы детекторов АК. Было также изучено отношение сигнал-шум, которым определяется возможность использования АК для выработки мюонного запуска установки.

Совместная работа нескольких плат предусилителей с аналоговыми картами и карт-контроллером^{/1/} была исследована на полномасштабной модели модуля АК (рис.1), по конструкции, аналогичной модулям цилиндрической части АК ДЕЛФИ^{/2/}. Модуль

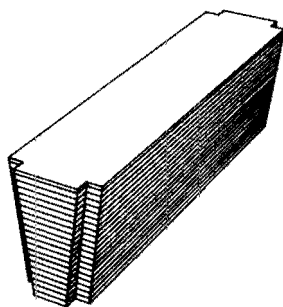


Рис.1. Внешний вид модуля адронного калориметра.

был оснащен стандартными детекторами, изготовленными для АК в ОИЯИ. Съем сигнала осуществлялся с помощью считывающих электродов, разбитых на считывающие площадки той же формы и

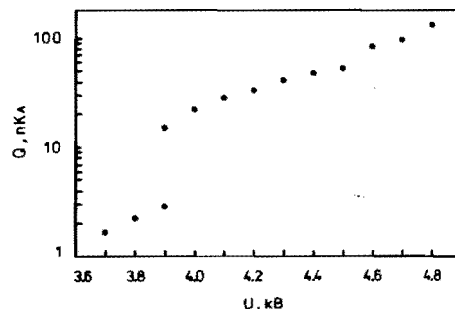


Рис.2. Зависимость наиболее вероятной амплитуды сигнала с анода пластиковой трубки от напряжения при прохождении протона с импульсом 6 ГэВ/с.

размера, что и в реальном АК. Пять последовательных по глубине площадок объединялись в башню и считывались одним каналом электроники. Шестнадцать соседних башен (супербашня) считывались одной аналоговой картой. При исследовании работы модуля АК от космических мюонов использовались два типа запусков. Внешний запуск вырабатывался при совпадении сигналов от двух внешних плоскостей, собранных из детекторов АК размером 1 м^2 и выделял мюоны, проходящие через четыре

последовательные по глубине супербашни (гипербашню). Внутренний запуск вырабатывался триггерной картой^{/1/} при совпадении сигналов от трех из четырех супербашен одной гипербашни и позволял исследовать любую из супербашен.

Для детекторов АК, в качестве рабочей, использовалась газовая смесь $\text{Ar}:\text{CO}_2:\text{Isb}$ в соотношении 1:6:3. На рис.2 приведена зависимость наиболее вероятной амплитуды сигнала с анода пластиковой трубки от прохождения протона с импульсом 6 ГэВ/с. На рис.3 показана счетная характеристика детектора, полученная при пороге регистрации 10 пКл. Видно, что для

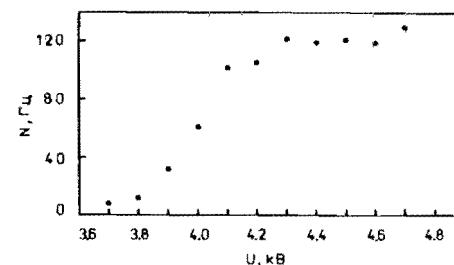


Рис.3. Счетная характеристика детектора.

данной газовой смеси начало плато соответствует напряжению 4,2-4,3 кВ, что для значительной части исследованных детекторов близко к границе устойчивой работы.

Для обеспечения возможности работы АК ДЕЛФИ в пропорциональном режиме с использованием уже созданных аналоговых карт было необходимо включить в считывающий тракт предусилитель. Схемы, используемые для аналогичных целей^{/6-10/}, не удовлетворяли предъявляемым к ним требованиям (положительный неинвертируемый входной сигнал, необходимый динамический диапазон, заданное питание). Поэтому был разработан и изготовлен предусилитель электрически и механически совместимый с изготовленными аналоговыми картами и позволяющий увеличить чувствительность считывающей электроники до 0,1 пКл/канал ADC.

Конструктивно одна плата предусилителя содержит 16 каналов, что соответствует количеству каналов одной аналоговой

карты. Аналоговая карта и плата предусилителя коммутируются между собой через разъем, предназначенный для соединения аналоговой карты со считывающими электродами, которые в этом случае подключаются к предусилителю через такой же разъем. Питание для предусилителя берется из аналоговой карты по двум свободным контактам разъема. Такой способ включения предусилителей позволил избежать изменений в аналоговых картах.

На рис.4 представлена принципиальная электрическая схема одного канала предусилителя. В качестве схемы включения выбрана схема с общим эмиттером с параллельной обратной связью по току и эмиттерным повторителем на выходе. Расчет предусилителя был

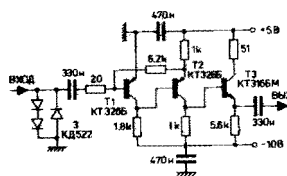


Рис.4. Принципиальная электрическая схема предусилителя.

произведен по методике, описанной в работе^{/11/}. Коэффициент передачи для данной схемы равен 5 В/мА (при этом коэффициент усиления по току до аналоговой карты получается ≈ 100).

Частотные характеристики схемы полностью удовлетворяют поставленным условиям работы в качестве предварительного

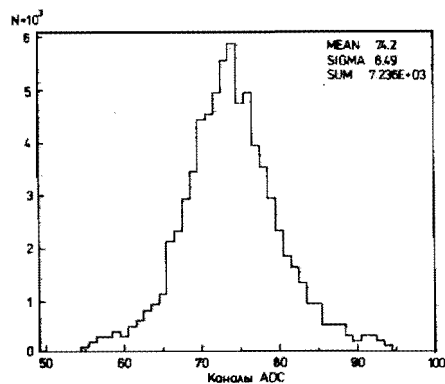


Рис.5. Спектр собственных шумов предусилителя.

усилителя между считывающим электродом и интегратором на входе аналоговой карты. Связь между ними осуществляется по переменному току, что позволяет иметь некоторые постоянные потенциалы на базе Т1 и Т3 и ограничивает низкочастотные наводки со считывающего электрода.

На рис.5 представлено распределение шумов предусилителя при ширине ворот ADC 1 мкс. Для оцифровки выходного сигнала использовался ADC-2249W фирмы LeCroy, с ценой канала 0,25 пКл. Среднеквадратичное отклонение распределения составляет 6,5 канала, что соответствует приблизительно 1,6 пКл (в пересчете ко входу шум равен $1,6 \cdot 10^{-2}$ пКл).

Характеристики предусилителя были также исследованы при его работе с аналоговыми картами и карт-контроллером.

Полученные при использовании ADC-2249W и ADC карт-контроллера результаты измерения зависимости выходного сигнала предусилителя от входного аппроксимировались прямой

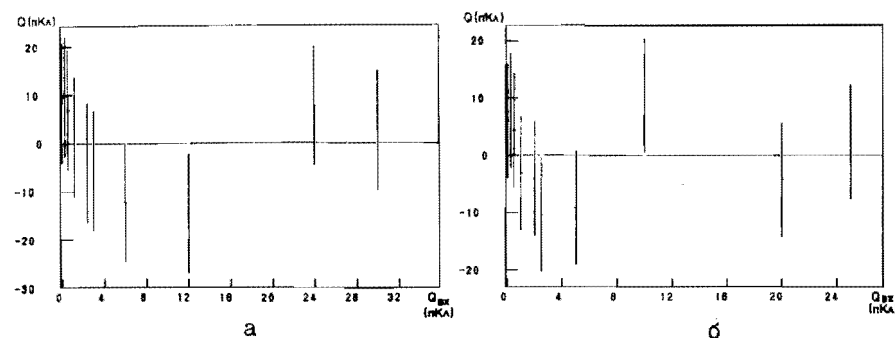


Рис.6. График, иллюстрирующий зависимость амплитуды выходного сигнала предусилителя от входного. Прямая линия получена с помощью аппроксимирования экспериментальных точек методом наименьших квадратов (коэффициент усиления ≈ 100). Точками показаны отклонения измеренных значений от этой прямой. (а) - при использовании для оцифровки сигнала ADC-2249W, (б) - при использовании ADC карт-контроллера.

линией с помощью метода наименьших квадратов. На рис.6 показаны отклонения измеренных точек от полученных прямых, ошибки на графиках составляют 0,4 %.

Краткая характеристика схемы:
 динамический диапазон (отношение
 максимального сигнала к уровню шумов) - $2,0 \cdot 10^4$;
 интегральная нелинейность - менее 0,4 %;
 потребляемый ток - 7,5 мА (+5В), 11,2 мА (-10В).

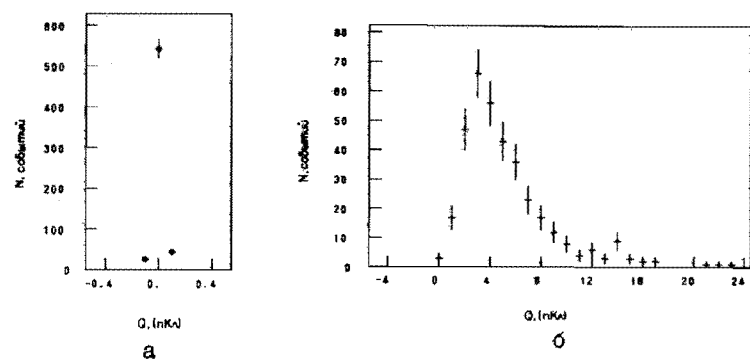


Рис.7. Спектр шумов отдельной башни - (а), распределение сигналов от космических мюонов для этой же башни - (б).

Модуль АК работал в режиме регистрации космических мюонов. Для его исследования и изучения нового варианта считывающей электроники было выбрано анодное напряжение детекторов 3,7 кВ, при котором наиболее вероятный сигнал со считывающей площадки от прохождения космического мюона составляет около 1 пКл. При этом детекторы работали в насыщенном пропорциональном режиме (см. рис.2).

На рис.7(а) представлено распределение шумов сигнального тракта одной башни модуля. Среднеквадратичное отклонение составляет 0,03 пКл. Спектр сигналов от космических мюонов для этой же башни показан на рис.7(б), цена канала этой гистограммы в десять раз больше, чем на рис.7(а).

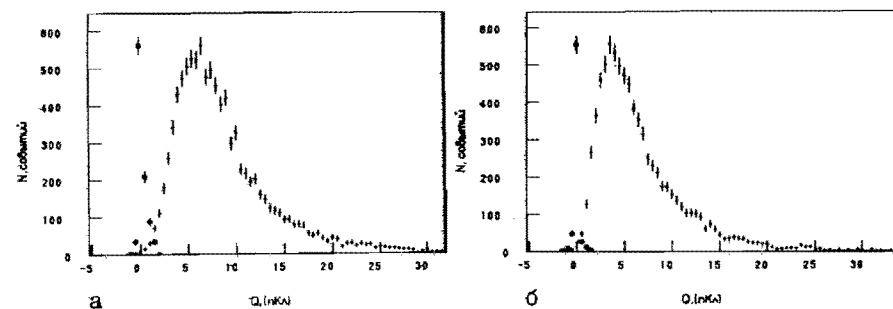


Рис.8. Спектры сигналов с супербашен от космических мюонов, (а) - при внешнем триггере, (б) - при внутреннем. Точками на графиках показаны пьедесталы.

На рис.8 представлены распределения нулевых отсчетов (пьедестал) и спектры сигналов от мюонов для супербашни при внешнем и внутреннем триггере. Для шумов среднеквадратичное отклонение не превышает 0,5 пКл. Тот факт, что амплитуды сигналов при внешнем триггере несколько больше, объясняется следующим. При внутреннем триггере ворота считывающей электроники открываются генератором, а разрешение на считывание вырабатывается при достижении сигналом определенной амплитуды. Поэтому могут оцифровываться сигналы, не полностью попавшие в ворота интеграторов на входах аналоговых карт. На рис.9 показаны пьедестал и спектр сигналов от мюонов для гипербашни.

Все распределения получены при ширине ворот считывающей электроники 1 мкс.

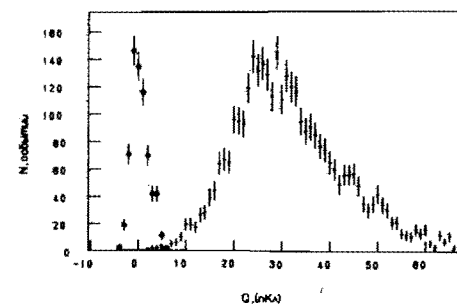


Рис.9. Распределение сигналов с гипербашни от космических мюонов (точки - пьедестал).

Из этих распределений видно, что, несмотря на высокую чувствительность считывающей электроники, наводки на сигнальный тракт являются достаточно малыми и не могут сказаться на работе калориметра.

Топология события, получающегося от прохождения через АК космического мюона, показана на рис.10. Особенности топологии мюонных событий позволяют выработать дополнительные критерии отбора таких событий и восстанавливать характеристики треков прошедших через калориметр частиц.

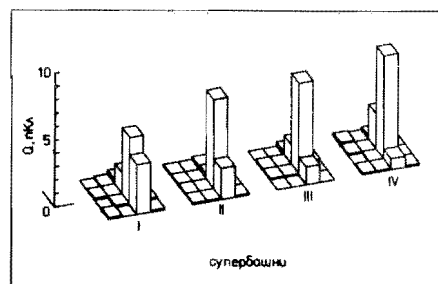


Рис.10. Топология типичного события прохождения через модуль АК космического мюона.

Анализ сигналов, аналогичных приведенным на рис.8, для других супербашен позволяет сделать вывод о чистоте и эффективности мюонного запуска, который вырабатывается АК, оснащенным данным предусилителем и работающим в предложенном режиме. На рис.11 приведены зависимости, характеризующие эффективность триггера, вырабатываемого при превышении сигнала с двух и трех супербашен порога, выраженного в стандартных отклонениях шумового сигнала. На этом же рисунке показаны зависимости числа случайных запусков от величины порога. Очевидно, что запуск, вырабатываемый при установке порога в диапазоне два-три стандартных отклонения шумового распределения, отличается высокой эффективностью и малой долей случайных совпадений.

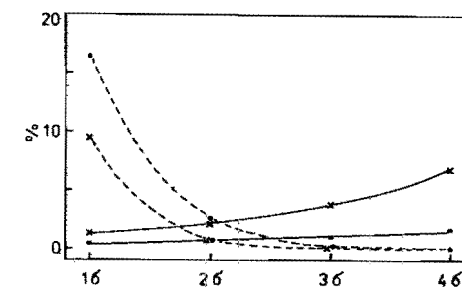


Рис.11. Кривые, характеризующие эффективность мюонного запуска. Сплошные линии - неэффективность внутреннего запуска относительно внешнего запуска установки, штриховые линии - относительное число случайных запусков; точки - данные для триггера вырабатываемого при превышении сигналов с двух супербашен порога, выраженного в стандартных отклонениях шумового сигнала, крестики - для трех.

Приведенные выше данные еще раз подтверждают возможность использования АК ДЕЛФИ с детекторами, работающими в условиях насыщенного пропорционального режима, для выделения мюонных событий и их использования для запуска установки. Описанный предусилитель является приемлемым вариантом увеличения чувствительности уже созданной считывающей электроники АК, позволяющим уменьшить коэффициент газового усиления детекторов и перейти в область пропорционального режима, что не ухудшает основные характеристики АК и существенно повышает надежность его детекторов.

Авторы считают приятным долгом выразить признательность Иванову А.Б. за консультации.

Литература

1. Gygi E., Schneider F., CERN/EP/0023, 1986.
2. DELPHI technical proposal. CERN/LEPC/83-3, 1983.
3. Filatova N.A. et al., Nucl.Instr.& Meth., A243, 1986, p.91.

4. Filatova N.A. et al., Nucl.Instr. & Meth., A261, 1987, p.81.
5. Водопьянов А.С. и др. ОИЯИ, ДИ-88-83, Дубна, 1988.
6. Willis W.J. & Radeka V., Nucl.Instr. & Meth. 120, 1974, p.221.
7. Suekane F. et al. IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1986, NS-33, No.1, p.73.
8. Bernstein D. & Hutchinson D., IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1982., NS-29., No.1, p.294.
9. Landis D.A. et al. IEEE Trans. on Nucl. Sci., 1982., NS-29, No.1, p.573.
- Ю. Akopdjanov G.A., Sorokin G.I., IHEP, Preprint 87-49, Serpukhov, 1987.
- II. Степаненко И.П., Основы теории транзисторных схем, М.; Энергия, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 августа 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д11,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д11,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.