

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

P13-85-642

К. Буссмани,\* И. Вереш, И. А. Голутвин, А. В. Зарубин,  
Ю. Т. Кирюшин, Л. В. Светов, Д. А. Смолин,  
В. С. Хабаров

**ГЕКСАГОНАЛЬНЫЕ  
ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ КАМЕРЫ  
С ЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ ЗОНОЙ  
ДИАМЕТРОМ 1536 ММ**

Направлено в журнал  
"Приборы и техника эксперимента"

\* ЦЕРН, Женева

**1985**

## Введение

При исследовании глубоконеупругого рассеяния мюонов с помощью тороидального спектрометра <sup>1/1</sup> Болокья-ЦЕРН-Дубна-Мюнхен-Сакле (BCDMS) переход от тяжелой углеродной мишени к более лёгким - водороду и дейтерию потребовал расширения кинематической области измерений с одновременным увеличением интенсивности мюонного пучка. Для этой цели был создан фронтальный спектрометр <sup>1/2</sup>, изображенный на рис. I, который регистрирует рассеянные мюоны в диапазоне углов 15 мрад и выше, а доступная кинематическая область существенно расширена в сторону малых значений  $Q^2$ ,  $x$  ( $Q^2$  - квадрат переданного импульса мюона,  $x$  - переменная Бюркена).

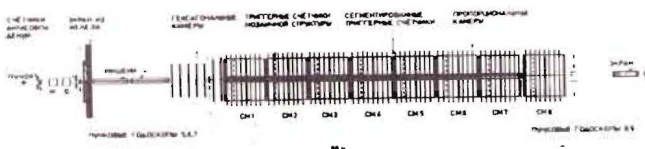
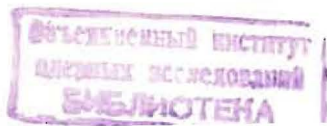


Рис. I. Общий вид экспериментальной установки BCDMS с фронтальным спектрометром.

Основу спектрометра составили гексагональные пропорциональные камеры, разработанные в ОИЯИ. Каждая камера имеет три проволоочные плоскости, ориентированные под углом  $60^\circ$  друг к другу. Количество плоскостей определяется требованием эффективного распознавания треков в условиях большой множественности частиц, сопровождающих акт глубоконеупругого рассеяния. Отличительной особенностью камер



является способность выдерживать падающий пучок мюонов с интенсивностью до  $10^8$  частиц за сброс в центральной области диаметром 100 мм и сохранять высокую эффективность регистрации частиц во всей остальной части камеры.

Конструкция камеры Камеры имеют гексагональную форму с диаметром чувствительной области 1536 мм. Выбор гексагональной формы обусловлен желанием максимально использовать площадь камеры. Основой конструкции камеры служат четыре самоподдерживающиеся панели гексагональной формы, изготовленные фирмой Stesalit<sup>/3/</sup> из соевого материала с трехслойной структурой типа "сэндвич", обладающие необходимой "прозрачностью" для пучка, механической жесткостью и плоскостностью. Толщина наполнителя панели 20 мм, толщина внешних слоёв по 0,25 мм. На стороны панелей, обращённые к сигнальным проволочкам, нанесены слои проводящего покрытия E-cote 3040<sup>/4/</sup> толщиной менее 50 мкм, используемые в качестве высоковольтных электродов. Центральная зона диаметром 10 см каждого электрода электрически изолирована от остальной части промежутком 2 мм с электрической прочностью более 2000 В. Обе части имеют раздельное высоковольтное питание. Сигнальные электроды заключены между панелями и отделены от них изолирующими рамами. Сечение камеры приведено на рис.2.

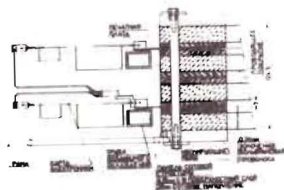


Рис. 2. Сечение гексагональной камеры.

Каждая плоскость имеет 768 проволочек из золочёного вольфрама диаметром 20 мкм, натянутых с шагом 2 мм. Проволочный массив имеет две поддерживающие нити, расположенные на расстояниях  $\pm 300$  мм от центра камеры. Предусмотрена возможность подачи на поддерживающие нити высоковольтного напряжения для выравнивания эффективности камеры в зоне нитей. Высоковольтный зазор камеры выбран равным 7 мм для обеспечения высокой эффективности регистрации частиц с минимальной ионизирующей способностью. В центральной части камеры на окружности диаметром 600 мм с интервалом  $120^\circ$  установлены три разделительных упора, через которые после сборки камеры осуществляется стягивание всех панелей с усилием 60–100 кг, обеспечивая, таким образом, постоянство зазора. Сборка камеры производится с помощью шпилек, равномерно распределённых по периметру камеры. Внутренний объем изолируется тремя уплотнительными кольцами из мягкого резинового шнура диаметром 3 мм, изготовли-

ваемого фирмой Angst-Pfister<sup>/5/</sup>. Вид камеры в изометрии показан на рис. 3. Чётные и нечётные сигнальные проволочки группами по 32 в каждой выходят на противоположные стороны камеры к разъёмам, установленным на печатных платах, к которым непосредственно подсоединяются карты электроники считывания и информации<sup>/6/</sup>.

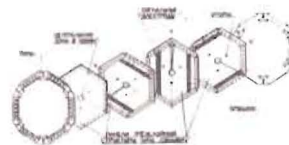


Рис. 3. Вид гексагональной камеры в изометрии.

### Электроника

С каждой стороны гексагональной камеры в два ряда размещены 12 карт электроники считывания и закреплены на внешней алюминиевой раме. На ней же закреплены необходимые элементы системы охлаждения и низковольтного питания. Электроника считывания подробно описана в<sup>/6/,17/</sup>, её главная особенность заключается в том, что каждый канал имеет два одновибратора задержки, которые срабатывают поочередно по входу и объединены по выходу, пропуская первый приходящий импульс через одну задержку, а второй – через другую. Время переключения каналов задержки  $\sim 15$  нс. Наличие двух каналов задержки резко сокращает неэффективность электроники считывания при больших нагрузках на канал. Величина задержки установлена равной 470 нс и определяется временем выработки триггерного сигнала. Суммарный разброс величины задержки для карт электроники всех камер не превышает  $\pm 11$  нс. Вывод информации – последовательный с максимальным числом каналов в одной ветви 1024 и происходит под управлением контроллеров LRS 2700, работающих в мультиплексном режиме<sup>/6/</sup>.

Чувствительность электроники по входу может быть изменена в диапазоне от 2 мкА до 10 мкА и выбрана равной 5 мкА, что позволило избавиться от шумов и влияния земельных контуров. Длительность стробирующего сигнала для электроники установлена равной 100 нс.

### Характеристики камер

Эффективность регистрации гексагональных камер была изучена в мюонном пучке эксперимента ВСДМС. Для продува камер со скоростью (6–8) литров/час использовалась стандартная для эксперимента ВСДМС газовая смесь, которая состоит из следующих компонентов: аргон – 68,7%, изобутан – 28%, метилаль – 3%, фреон – 0,3%.

Кривые эффективности в зависимости от напряжения и кривые задержанных совпадений оказались идентичными для всех плоскостей гексагональных камер, и типичные из них представлены на рис. 4 и 5.

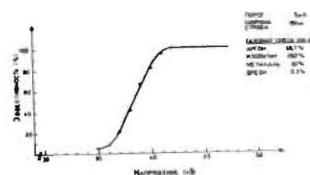


Рис. 4. Эффективность камеры в зависимости от высоковольтного напряжения.

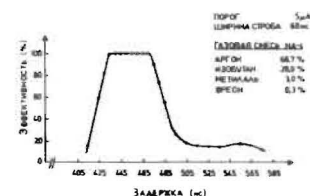


Рис. 5. Кривая задержанных совпадений камеры.

Разброс по началу плато для всех плоскостей не превышает 100 В при ширине плато более 600 В.

Отдельное высоковольтное питание центральной зоны дает возможность управлять эффективностью регистрации в этой зоне. Эффективность меняется более чем в 30 раз при снижении напряжения от  $U = -4,4$  кВ до  $U = -3,7$  кВ. Для иллюстрации этой возможности приведён рис. 6, на котором изображены два пика событий: слева от триггерных мюонов ореола, в центре от случайных мюонов пучка. Число событий в центре легко менять путём изменения напряжения на центральной зоне. Управляемая эффективность в центральной зоне позволяет выбрать режим, когда возможно измерение фазового объёма пучка и координат точки входа первичного мюона в мишень.

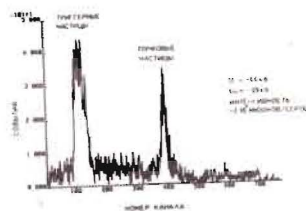


Рис. 6. Два профиля частиц в плоскости камеры, иллюстрирующие работу центральной зоны.

В дальнейшем высоковольтное напряжение для всех камер было выбрано единым и равным - 4,4 кВ, а для центральных зон в случае высокой интенсивности мюонов оно снижалось до величины - 3,7 кВ.

На рис. 7 показана гистограмма разности координат измеренных и интерполированных по остальным камерам точек в одной из плоскостей гексагональной камеры. Полученное пространственное разрешение составило  $\sim 0,9$  мм, что вполне достаточно для эксперимента BCDMS.

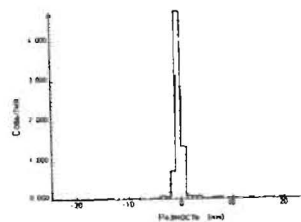


Рис. 7. Разность между координатами, измеренными в плоскости камеры и интерполированными по другим камерам.  $\sigma = 0,9$  мм.

Первые три гексагональные камеры были запущены в составе спектрометра для набора данных в мае 1982 года, а две последующие - в июле 1982 года. На рис. 8 а, б показаны контуры одинаковой геометрической эффективности установки для энергий пучка 100 и 200 ГэВ. Пунктирными линиями изображены контуры для стандартной части экспериментальной установки BCDMS, сплошными линиями показаны контуры для фронтального спектрометра из гексагональных камер.

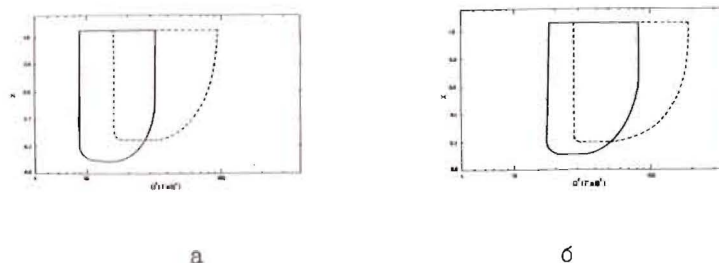


Рис. 8. Контуры одинаковой геометрической эффективности экспериментальной установки BCDMS : фронтального спектрометра (сплошная линия) и стандартной части (штриховая линия) при : а - энергии мюонов  $E_0 = 100$  ГэВ, б - энергии мюонов  $E_0 = 200$  ГэВ.

### Заключение

Гексагональные камеры, основой которых являются панели с сотовым заполнением, имеют малое количество вещества по пучку, технологичны и просты в изготовлении. Высоковольтным электродам легко можно придать требуемую конфигурацию, что особенно важно для камер, предназначенных для работы в интенсивных пучках. Наличие выделенной зоны с управляемой эффективностью регистрации частиц открывает новые возможности применения камер, в частности, возможно независимое измерение характеристик пучка.

Авторы выражают благодарность всем, кто оказал активную помощь в процессе создания камер, особенно Н.Н.Щербакову, В.Н.Евдокимову, И.И.Комарову.

### ЛИТЕРАТУРА

1. D.Bollini et al., Nucl.Instr. and Meth. 204, 1983, 333.
2. D.Bollini et al., Nucl.Instr. and Meth. 226, 1984, 330.
3. Stesalit AG, CH-4249 Zullwil SO, 1982.
4. Acme chemicals and insulation CO., USA, New Haven, Connecticut 06505, 1981.
5. Angst + Pfister, CH-1219 Geneve - Le - Lignon, 1981.
6. PCOS II, Proportional chamber operating system, Le Croy Research Syst. Corp., Spring Valley, New York, 1977.
7. I.Golutvin et al., CERN - Report 31 - 39, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел  
29 августа 1985 года.

## Вниманию организаций и лиц, заинтересованных в получении публикаций Объединенного института ядерных исследований

Принимается подписка на препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований.

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

ИНДЕКС	ТЕМАТИКА	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	10 р. 80 коп.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	17 р. 80 коп.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	4 р. 80 коп.
4.	Теоретическая физика низких энергий	8 р. 80 коп.
5.	Математика	4 р. 80 коп.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	4 р. 80 коп.
7.	Физика тяжелых ионов	2 р. 85 коп.
8.	Криогеника	2 р. 85 коп.
9.	Ускорители	7 р. 80 коп.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	7 р. 80 коп.
11.	Вычислительная математика и техника	6 р. 80 коп.
12.	Химия	1 р. 70 коп.
13.	Техника физического эксперимента	8 р. 80 коп.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	1 р. 70 коп.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	1 р. 50 коп.
16.	Дозиметрия и физика защиты	1 р. 90 коп.
17.	Теория конденсированного состояния	6 р. 80 коп.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	2 р. 35 коп.
19.	Биофизика	1 р. 20 коп.

Подписка может быть оформлена с любого месяца текущего года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79.