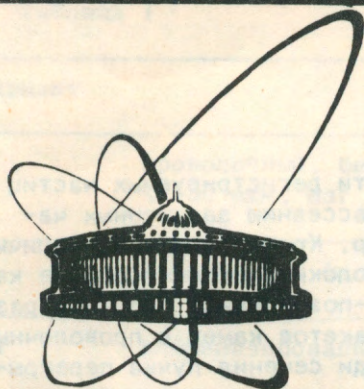


89-278



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

И 20

P13-89-278

М.А.Иванов, В.В.Карпухин, В.И.Комаров,  
В.М.Кудрявцев

ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ КАМЕРЫ  
С МАЛЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ВЕЩЕСТВА  
В РАБОЧЕМ ОБЪЕМЕ

Направлено в журнал "Приборы и техника  
эксперимента"

1989

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Установка проволочных камер на пути регистрируемых частиц неизбежно приводит к многократному рассеянию заряженных частиц в конструктивных элементах камер. Кроме того, при наличии в пучке частиц потока  $\gamma$ -квантов проволоки в рабочем объеме камеры служат источником фона электрон-позитронных пар. При размещении последовательно нескольких пакетов камер с проволочными катодами значительная часть площади сечения пучка перекрывается проволоками. Замена проволочных катодов катодами из алюминиевой фольги сохраняет на пути частиц заметный слой вещества с высоким атомным зарядом. Поэтому в экспериментах, требующих высокого координатного разрешения и низкого фона электрон-позитронных пар, желателен уменьшение слоя алюминия в катодах и снижение толщины лавсановых окон.

Сравним три варианта пропорциональных камер /ПК/, различающихся конструкцией катодов и толщиной окон /табл. 1/. Газовое наполнение составляет аргон с толщиной слоя 2,8 см. В табл. 2 для этих вариантов приведена суммарная толщина  $\sum L_i$  слоев

вещества в пакете из 6 последовательно расположенных камер. Величина  $L_{R1}$  в сумме  $\sum (L_i/L_{R1})$  означает радиационную длину веще-

ства в  $i$ -том слое материала камеры. В таблице приведены также значения среднеквадратичного угла  $\theta$  многократного рассеяния заряженных частиц /пионов с импульсом 1 ГэВ/с/ в пакете. Для варианта с проволочными катодами сделано усреднение по случаям прохождения частиц мимо проволок, через 1, ..., 5 проволок.

Видно, что в камерах с лавсановыми катодами и тонкими окнами /вариант 3/ можно заметно снизить как радиационную толщину пакета, так и многократное рассеяние в нем по сравнению с камерами стандартной конструкции.

В настоящей работе описываются конструкция и результаты стендовых испытаний ПК с катодами из алюминизированного лавсана и тонкими окнами. Камеры предназначены для использования в экспериментах по поиску димезоатомов<sup>1/</sup> во вторичном пучке частиц, генерируемых в мишени под углом  $8,4^\circ$  к протонному пучку с энергией 70 ГэВ на канале, описанном в работе<sup>2/</sup>. Камеры такой конструкции могут быть использованы и в других экспериментах, требующих малую толщину трековых детекторов в потоке частиц  $\gamma, e, \pi, K, p$  с энергией выше  $\sim 1$  ГэВ.

Таблица 1

Вариант	Катод	Лавсановые окна
1	проволочный, бериллиевая бронза $\varnothing 100$ мкм, шаг 1 мм	40 мкм
2	алюминиевая фольга 16 мкм	40 мкм
3а	алюминизированный лавсан 12 мкм	40 мкм
3б	алюминизированный лавсан 12 мкм	12 мкм

Таблица 2

Вариант	$\sum L_i, \text{ мг/см}^2$	$\sum (L_i/L_{R1}) \times 10^3$	$\theta, \text{ мрад}$
1	180	9,7	1,09
2	147	5,3	0,77
3а	117	3,7	0,63
3б	70	2,5	0,51

## 2. КОНСТРУКЦИЯ ПК

На рис. 1 схематично показано поперечное сечение двухкоординатного модуля ПК /однокоординатный модуль аналогичен/. Рабочая площадь ПК  $384 \times 384$  мм<sup>2</sup>. Камера разборная и имеет в общем газовом объеме две сигнальные плоскости X и Y. Она состоит из 6 рамок P1-P6, стягиваемых болтами /Б/. Рамки P2-P5 отлиты из эпоксидной смолы с наполнителем из окиси алюминия по технологии, предложенной в<sup>3/</sup>. Арматура рамок, заливаемая смолой, набиралась из стеклотекстолитовых полос.

Рамки P2 и P5 несут катоды /К/ и сигнальные плоскости /А/, а рамки P3 и P4 - только катоды. Межэлектродный зазор  $L = 7$  мм. Винты /В/ служат для поджима внешних катодов к рамкам через стеклотекстолитовые полоски /СП/. Внутренние катоды поджима-

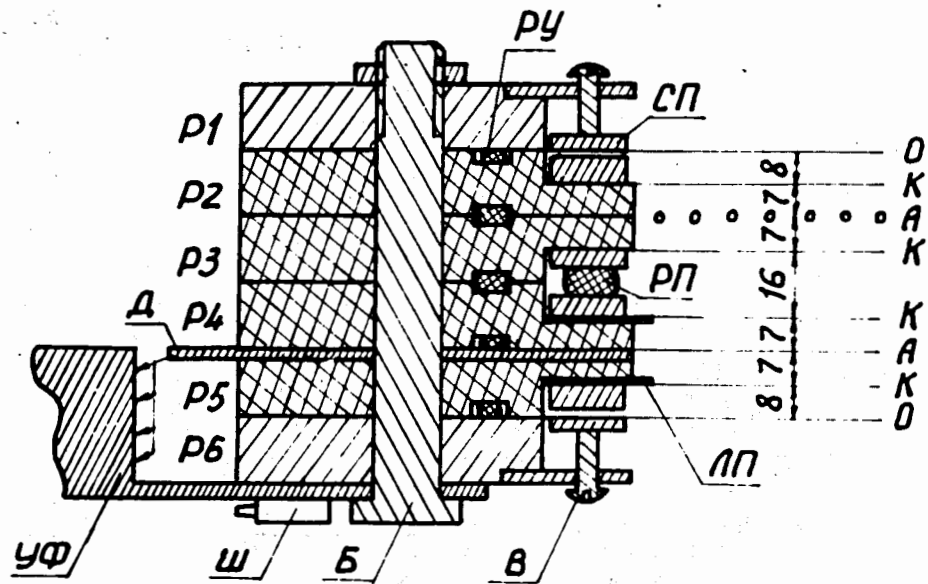


Рис. 1. Схематическое поперечное сечение пропорциональной камеры.

ются к своим рамкам резиновыми прокладками /РП/ также через стеклотекстолитовые полоски, наклеенные на рамки катодов. Газовым уплотнением служит резиновый шнур /РУ/, прокладываемый в пазы рамок.

В рамках P2-P5 имеются высоковольтные вводы, подклеиваемые проводящим клеем к катодам и поджимаемые резиновыми прокладками. Лавсановые полоски /ЛП/ толщиной 100 мкм служат для уменьшения шумовых разрядов на краях камеры. Катодные плоскости выполнены из алюминизированного лавсана толщиной 12 мкм, приклеенного к стеклотекстолитовым рамкам /при натяжении 110 Г/см/. Использовался лавсан промышленного изготовления без дополнительного напыления после растяжки на рамках. После сборки катодных плоскостей проводилось их нагревание, что приводило к дополнительному натяжению лавсана.

Алюминизированный лавсан в качестве материала катода использовался в недавно опубликованных работах<sup>/8,9/</sup>. В<sup>/8/</sup> применялся лавсан толщиной 100 мкм для изготовления камер размером 960x448 мм<sup>2</sup>, в<sup>/9/</sup> - толщиной 40 мкм для камер размером 1000x600 мм<sup>2</sup>, в<sup>/10/</sup> - полиэтилентерефталатовая пленка толщиной 20 мкм с проводящим покрытием /сажа + смола ТФ-60 толщиной 14 мкм/ для камер размером 1840x880 мм<sup>2</sup>.

Окна камеры выполнены из 40 мкм лавсана /вариант 3а/. В опытном образце использовались также и окна из лавсана толщиной 12 мкм с алюминиевым напылением /вариант 3б/.

Рамки P2 и P5 имеют клеенные печатные электроды /Д/, выполненные на фольгированном стеклотекстолите. Сигнальные плоскости образованы вольфрамовой золоченой проволокой  $\varnothing 20$  мкм с шагом 2 мм при натяжении 45 Г. Проволоки распаяны с двух сторон на печатные электроды. Каждая плоскость имеет 192 сигнальных проволоки и на каждом краю по три потенциальных проволоки из бериллиевой бронзы  $\varnothing 75$  мкм с натяжением 100 Г.

Непосредственно на камере закреплены две корзины с платами усилителей-формирователей /УФ/. Через штуцеры /Ш/ на камеру подавалась газовая смесь:  $Ag + 30\% CO_2 + 0,2\% CF_3Br$ /см.<sup>4/</sup>.

Существенным качеством конструкции камеры является ее разборность, позволяющая при необходимости заменять катодные или сигнальные плоскости.

Электростатический прогиб тонких катодов может давать существенную неоднородность эффективности камеры по площади. Расчетные оценки прогиба проводились по формуле  $d_T = 2,2 \cdot 10^{-4} \times U^2 R^2 / (L^2 T)$ , где R /см/ - радиус катода /для простоты расчетов катод считался круглым/, U /кВ/ - катодное напряжение, L /см/ - межэлектродный зазор, T /Г/см/ - натяжение катода. При R = 20 см U = 4,2 кВ, L = 0,7 см, T = 110 Г/см расчетная величина прогиба  $d_T = 0,29$  мм.

Экспериментально величина прогиба определялась на макете по изменению емкости между исследуемым катодом и вспомогательным электродом при подаче на электроды напряжения. При U = 4,2 кВ и L = 0,7 см экспериментальная величина прогиба  $d_э = 0,25 \pm \pm 0,02$  мм, что близко к расчетной оценке. Используемое натяжение находится в области упругой деформации лавсана.

Максимально допустимый прогиб  $d_M$  оценивался из соотношения  $d_M / L < \Delta U / U$ , где  $\Delta U = 200$  В - сдвиг счетных характеристик камеры при измерениях в центре и на краю камеры. Для U = 4 кВ и L = 0,7 см  $d_M < 0,35$  мм. Таким образом, лавсановый катод толщиной 12 мкм удовлетворяет предъявляемым требованиям.

### 3. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД

Стендовые испытания с  $\beta$ -источником проведены по типичной схеме /рис. 2/. Коллимированный  $\beta$ -источник <sup>90</sup>Sr обеспечивает в зависимости от степени коллимации загрузку на проволоку от  $10^3$  до  $10^5$  част./с. Диаметр поперечного сечения пучка при одномиллиметровом коллиматоре в районе сигнальной плоскости равен 1,4 мм. Монитором электронов служит телескоп из трех сцинтилляционных счетчиков: два счетчика совпадений площадью 55x50 мм<sup>2</sup> и толщиной по пучку 1 мм /С1/ и 10 мм /С2/ и счетчик антисовпадений /С3/ площадью 130x80 мм<sup>2</sup> и толщиной по пучку

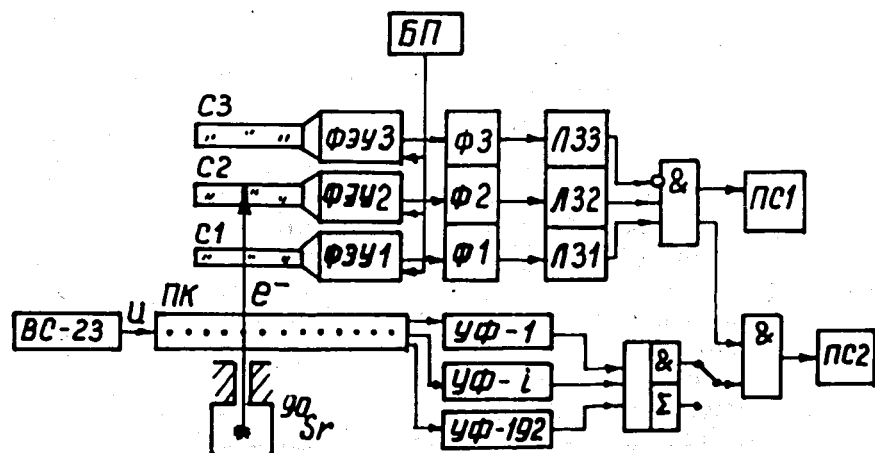


Рис. 2. Блок-схема установки. БП - блоки питания счетчиков, С1, С2, С3 - сцинтилляционные счетчики, ЛЗ - линии задержки, УФ - усилители-формирователи, ПС - пересчетные схемы, ПК - пропорциональная камера, ВС-23 - блок питания ПК.

10 мм. Счетчик антисовпадений служит для снижения уровня запусков заряженными частицами космического излучения. Электронная схема собрана из блоков наносекундной электроники ЛЯП ОИЯИ<sup>15-7/</sup>. В качестве усилителей сигналов с ПК использованы усилители-формирователи, разработанные для этих камер. Входное сопротивление усилителей 300 Ом, порог чувствительности электроники 1 мкА, фронт усилителя 10 нс, длительность выходных сигналов 50-200 нс.

Сигнал с телескопа включался на совпадения с различным числом сигналов от ПК, объединенных по схеме И/ИЛИ в зависимости от снимаемых характеристик. Газосмесительный пульт обеспечивал достаточный для нормальной работы продув со скоростью ~ 25 см<sup>3</sup>/мин.

#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Ниже приведены характеристики ПК, позволяющие выяснить работоспособность камер с тонкими /12 мкм/ лавсановыми катодами и тонкими /40 и 12 мкм/ лавсановыми окнами.

Эффективность -  $\epsilon(U)$ , шумы -  $N_{ш}(U)$  в зависимости от катодного напряжения  $U$ , длина плато эффективности камеры -  $\Delta U$ . Плато определялось разностью  $\Delta U = U_{к} - U_{н}$ , где  $U_{к}$  - конечное ка-

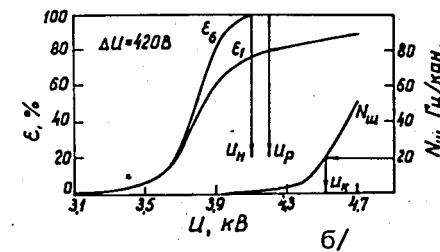
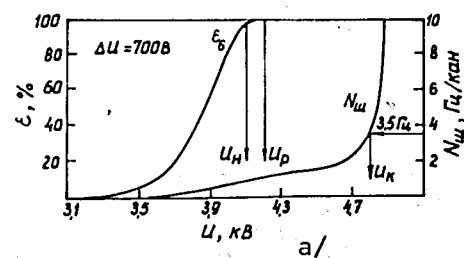


Рис. 3. а/ Эффективность и уровень шумов ПК в начале испытаний. б/ Эффективность и уровень шумов ПК, проработавшей более года.

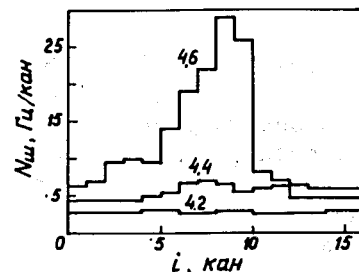


Рис. 4. Шумы 16 соседних каналов /провода каналов 6-10 проработали более года, а каналов 1-5, 11-16 в начале испытаний/ для разных напряжений.

тодное напряжение /при  $N_{ш} = 20$  Гц/кан./,  $U_{н}$  - начальное катодное напряжение /при  $\epsilon \geq 99\%$ /. На рис. 3а представлены эффективность и уровень шумов 6 соседних проволок ПК в начале испытаний. Здесь величина плато  $\Delta U = 700$  В / $U_{к} = 4,8$  кВ при  $N_{ш} = 3,5$  Гц/кан./ . На рис.3б приведены те же характеристики для камеры, проработавшей в течение года при стендовых испытаниях. Здесь  $U_{к} = 4,52$  кВ, так что  $\Delta U = 420$  В. Как видно из рис. 3, сужение плато за несколько месяцев работы под напряжением еще не приводит к потере работоспособности камеры. Значение эффективности камеры на плато составило  $99,4 \pm 0,5\%$ .

На рис. 4 показаны шумы 16 соседних каналов /при разных напряжениях  $U$ /, причем каналы 6-10 работали более года в пучке  $\beta$ -частиц, а каналы 1-5, 11-16 находились в пучке только во время снятия данной зависимости /в остальное время они были заземлены/. При  $U = 4,6$  кВ видно, что именно каналы 6-10 дали большие значения шумов.

Введем систему координат так, чтобы ось  $Y$  проходила через потенциальную проволоку, а нормальная к ней ось  $X$  - через середину сигнальной плоскости. Тогда  $X$ -координаты сигнальных проволок:  $X_1 = 2$  мм,  $X_2 = 4$  мм, ...,  $X_{192} = 384$  мм.

Эффективность 1, 2, 3, 5 проволок ПК при перемещении  $\beta$ -источника с одномиллиметровым коллиматором по  $X$ -координате приведена на рис. 5. Эффективность одной проволоки  $\epsilon_1 = 80\%$ , двух -  $\epsilon_2 = 95\%$ , трех /и более/ -  $\epsilon_3 \geq 99\%$ .

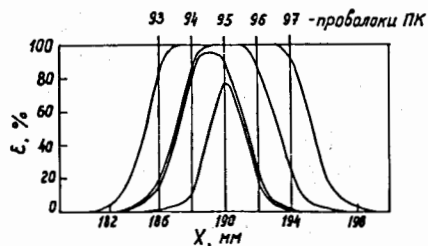


Рис. 5. Суммарная эффективность 1, 2, 3, 5 проволок ПК при прохождении источника по X-координате.

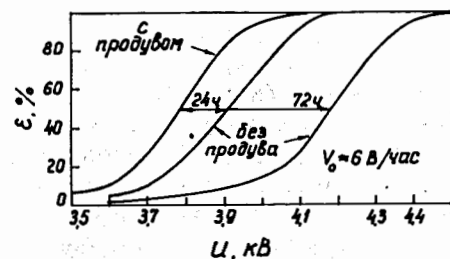


Рис. 7. Сдвиг счетной характеристики в отсутствие продува /скорость натекания воздуха в камеру/.

Электростатический прогиб катодов при работающей камере контролировался при  $X = 192$  мм при перемещении источника по Y-координате /вдоль сигнальной проволоки/. Для этого снималась зависимость  $\epsilon(U)$  при  $U = 3,6 - 4,0$  кВ /где подъем счетной характеристики наиболее крутой/ для нескольких положений источника по Y-координате. На рис. 6 показана зависимость величины  $\Delta U_{0,5}(Y) = U_1(50\%) - U_{\min}(50\%)$ , где  $U_1(50\%)$  - катодное напряжение при  $\epsilon = 50\%$  в точке  $Y_1$ ,  $U_{\min}(50\%)$  - катодное напряжение, определенное в точке  $Y = -4$  см. Характер кривой свидетельствует о наличии электростатического прогиба, так как счетные характеристики камеры сдвинуты к меньшим значениям напряжений в центре камеры /смещение минимума на 4 см от центра камеры может объясняться небольшой непараллельностью электродов в испытуемом экземпляре камер, либо неоднородностью натяжения лавсана/. Однако вызванное этим сужение плато эффективности камеры /по всей ее площади/ на  $\sim 60$  В еще вполне допустимо.

Наблюдаемый сдвиг счетных характеристик при перемещении источника от центра камеры к ее краям позволяет оценить величину электростатического прогиба катода в работающей камере.

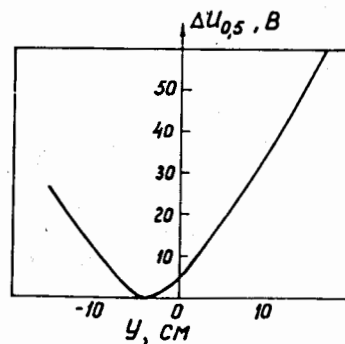


Рис. 6. Изменение катодного напряжения при прохождении источника по Y-координате при 50% эффективности ПК /наличие электростатического прогиба катода/.

Легко убедиться, что для напряжения  $U(50\%) = 3800$  В на краю камеры и для  $U(50\%) = 3740$  В в центре прогиб  $d = 0,11$  мм, а для рабочего напряжения  $4200$  В  $d = 0,14$  мм. Это значение заметно меньше значений  $d_1$  и  $d_2$ , указанных в п.2, что связано с увеличением натяжения лавсана при нагревании  $/T > 110$  Г/см/. Измерение прогиба проводилось с катодами в камерах, находившихся на испытаниях в течение нескольких месяцев, что свидетельствует об устойчивости лавсановых катодов в рабочих условиях. Таким образом, прогиб катодов не препятствует использованию лавсана толщиной  $12$  мкм в качестве материала катодов в камерах с размером рабочей области  $384 \times 384$  мм<sup>2</sup>.

Герметичность камеры проверялась прекращением продува газовой смеси и снятием счетной характеристики последовательно в течение нескольких суток после прекращения продува. Натекание воздуха в камеру контролировалось по сдвигу счетной характеристики на уровне  $\epsilon = 50\%$  от исходной рабочей характеристики с нормальным продувом /см. рис. 7/. Скорость сдвига характеристики составила  $\sim 6$  В/ч.

Для уменьшения количества вещества на пути пучка камера испытывалась с более тонкими окнами /вариант 3б табл./ из алюминизированного лавсана толщиной  $12$  мкм. Измерения показали, что камера работоспособна и с такими окнами, так как заметно увеличение натекания воздуха не было обнаружено.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты свидетельствуют о работоспособности пропорциональных камер с катодами из алюминизированного лавсана и тонкими окнами. Такие исследованные нами характеристики камер как эффективность, количество кластеров, разрешающая способность по времени практически соответствуют известным параметрам камер /см., например, работы <sup>8-12/</sup>.

В заключение авторы благодарят Ю.В.Заневского, И.Ф.Колпакова за содействие в разработке камер, В.П.Пугачевича - за многочисленные полезные консультации, Н.А.Владимирову - за активное участие в изготовлении камер, а также А.В.Верди и Т.С.Григоряна, принимавших участие в измерениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Неменов Л.Л. - ЯФ, 1985, т.41, с.980.
2. Губриенко К.И. и др. - ПТЭ, 1987, №1, с.26.
3. Пугачевич В.П. - А.с. /СССР/ №231019. Опубликовано в ОИ, 1968, №35, с.66.



4. Ажгирей Л.С. и др. - ОИЯИ, 13-84-652, Дубна, 1984.
5. Борейко В.Ф. и др. - ОИЯИ, 13-6396, Дубна, 1972.
6. Борейко В.Ф. и др. - ОИЯИ, P13-80-241, Дубна, 1980.
7. Антюхов В.А. и др. - ОИЯИ, P10-87-928, Дубна, 1987.
8. Викторов В.А. и др. - В кн.: Труды Международного симпозиума по координатным детекторам в физике высоких энергий. Дубна, 1988, с.214.
9. Андреев В.А. и др. - Пропорциональные камеры с высокой однородностью коэффициента газового усиления для детектора переходного излучения. См. /8/, с. 189.
10. Алексеев А.Н. и др. - Многопроволочные пропорциональные камеры для широкоапертурного магнитного спектрометра. См. /8/, с.217.
11. Пехешонов В.Д. - ЭЧАЯ, 1986, т.17, вып.5, с.1030.
12. Заневский Ю.В. - Проволочные детекторы элементарных частиц. М.: АЭ, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 апреля 1989 года.