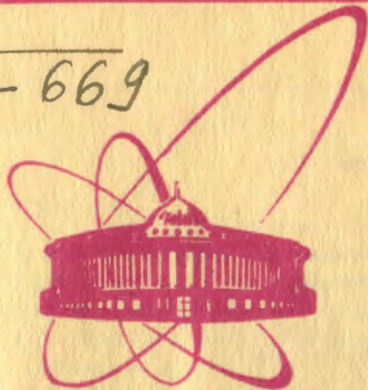


Б-669



объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
дубна

2299 / 2-81

11/5-81

P1-81-30

Г.С.Бицадзе, А.М.Блик, Ю.А.Будагов,  
В.Б.Виноградов, А.Г.Володько, В.Глинка,  
А.Б.Йорданов, А.С.Курилин, В.М.Кутьин,  
Ю.Ф.Ломакин, Н.А.Русакович, С.В.Сергеев,  
А.С.Соловьев, Н.С.Толстой, А.А.Фещенко,  
В.Б.Флягин, Р.В.Ценов, Р.Яник

ШИРОКОАПЕРТУРНЫЙ ГАЗОВЫЙ  
ПОРОГОВЫЙ ЧЕРЕНКОВСКИЙ СЧЕТЧИК

*Направлено в ПТЭ*

1981

## ВВЕДЕНИЕ

В работе описан широкоапертурный газовый пороговой черенковский счетчик, предназначенный для идентификации вторичных заряженных частиц ( $\pi, K$ ) в области импульсов  $5 \div 17$  ГэВ/с.

Для обеспечения требований эксперимента /ГИПЕРОН /1/ / счетчик должен обладать высокой эффективностью регистрации во всей требуемой апертуре, иметь высокое разрешение по скорости при минимальной длине и слабо рассеивать проходящие частицы.

## КОНСТРУКЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СЧЕТЧИКА

Конструкция счетчика, выбранная с учетом данных работ /2,3,4/, показана на рис.1. Корпус счетчика состоит из сменной стальной трубы /1/ с внутренним диаметром  $\phi 500$  мм и головки /2/, внутри которой находится сферическое зеркало /3/, наклоненное под углом  $\phi = 23^\circ 30'$  к оси счетчика.

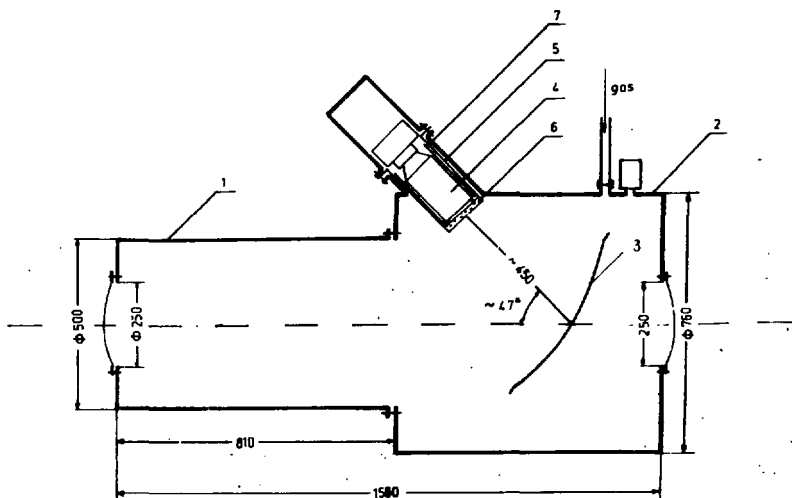


Рис.1. Конструкция счетчика.

Черенковское излучение проходящей через счетчик частицы фокусируется зеркалом на катод фотоумножителя /4/, расположенный в фокальной плоскости зеркала /на расстоянии 450 мм от его центра/.

Окно /6/ из кварцевого стекла КУ-1 толщиной 20 мм отделяет ФЭУ от газового объема счетчика. Фотоумножитель обернут листовым пермаллоем /7/ общей толщиной 4 мм, который вместе с трубкой /5/ и корпусом счетчика экранирует ФЭУ от внешних магнитных полей. При фиксированном угле наклона  $\phi$  зеркало можно двигать вдоль центральной оси счетчика на расстоянии  $\pm 50$  мм. Предусмотрена возможность изменения угла  $\phi$ . Регулировка проводится при вскрытом счетчике.

Фокусирующее зеркало сферической формы диаметром 580 мм, толщиной  $0,125 \text{ г/см}^2$  и радиусом кривизны 900 мм с основой из эпоксидной смолы и отражающим слоем из алюминизированного майлара изготовлено по специально разработанной в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для этой цели технологии/5/. Юстировка зеркала проводилась при помощи лазерного луча, пропускаемого через центр входного окна счетчика. При сканировании этим лучом всей поверхности зеркала на фотокатоде получается изображение сложной формы, которое целиком вписывается в окружность диаметром менее 80 мм.

Для регистрации черенковского излучения используется фотоэлектронный умножитель XP 2041/Q с кварцевым окном/6/, полупрозрачным Sb-K-Cs-фотокатодом с диаметром 110 мм и 14 динодами жалюзийного типа. Квантовый выход в максимуме его спектральной чувствительности /  $\lambda = 401 \text{ нм}$ / достигает 26%.

При подборе делителя питания ФЭУ использовалась схема, обеспечивающая постоянный ток через делитель при изменении потенциалов на динодах ФЭУ. Источником световых вспышек служил светодиод СЛ 102, освещающий равномерно всю поверхность фотокатода. Оптимизация элементов делителя проводилась по максимальной амплитуде выходного сигнала.

При выборе рабочего газа требовалось, чтобы он имел хорошую прозрачность в ультрафиолетовой части спектра и чтобы необходимый показатель преломления получался при давлении ниже 1,7 атм. Требуемыми свойствами обладают газы  $\text{SF}_6$ , фреон-12,  $\text{CO}_2$ .

На рис.2 показаны квантовый выход  $P$  фотоумножителя, некоторые оптические характеристики элементов прибора /2,5,7/ и вычисленная на их основе спектральная чувствительность счетчика  $\Sigma(\lambda)$ , представляющая коэффициент конверсии излученных в радиаторе черенковских квантов в электроны, выбитые с катода ФЭУ.

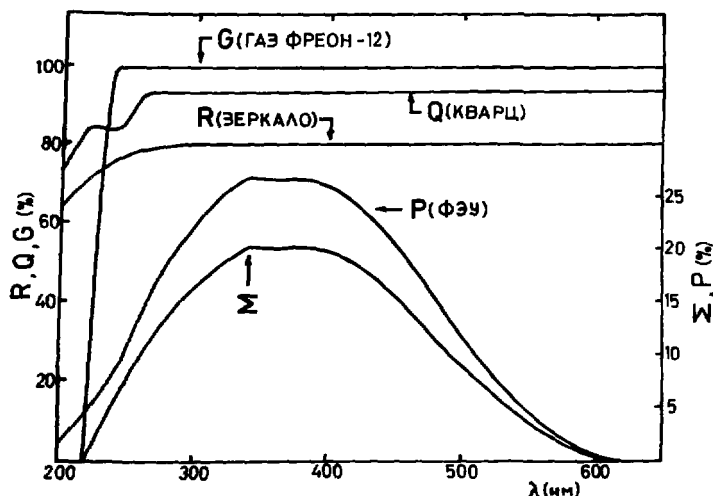


Рис. 2. Спектральная характеристика счетчика. G - коэффициент пропускания газа; Q - коэффициент пропускания кварцевого стекла; R - коэффициент отражения зеркала; P - квантовый выход фотокатода;  $\Sigma = G \cdot Q \cdot R \cdot P$  - спектральная чувствительность счетчика.

Определяя параметр A выражением<sup>/4/</sup>

$$A = \frac{2\pi}{137} \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \Sigma(\lambda) \frac{d\lambda}{\lambda^2}, \quad /1/$$

получаем для разрешения счетчика по скорости

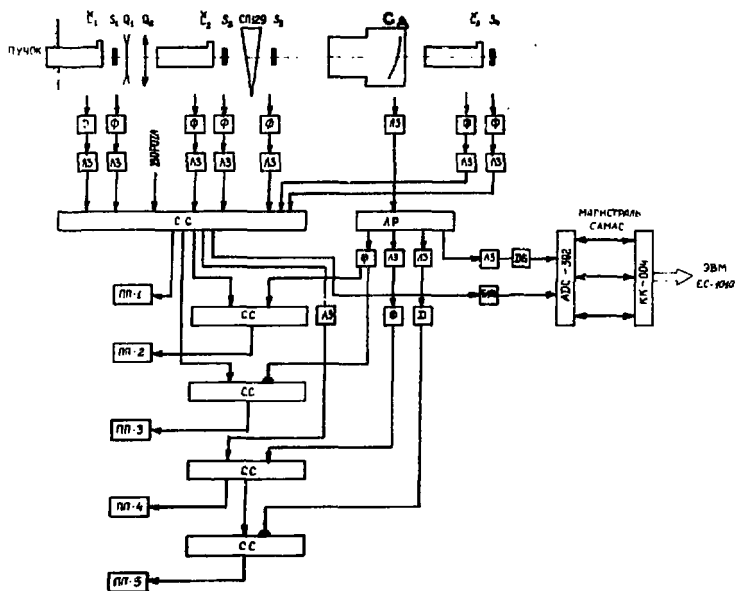
$$\delta\beta = \frac{1}{2AL}, \quad /2/$$

где L - длина радиатора.

При использовании данных рис. 2 для L = 138 см расчеты по /1/ и /2/ дают ожидаемые значения параметров:  $A = 161 \text{ см}^{-1}$  и  $\delta\beta = 2,3 \cdot 10^{-5}$ .

### ИССЛЕДОВАНИЕ СЧЕТЧИКА

Исследование рабочих характеристик счетчика проводилось на пучке положительно заряженных частиц серпуховского ускорителя. Схема расположения аппаратуры приведена на рис. 3.



**Рис. 3.** Схема расположения аппаратуры.  $S_1 \div S_4$  - сцинтилляционные счетчики;  $\check{C}_1 \div \check{C}_3$  - пороговые черенковские счетчики;  $C_A$  - исследуемый счетчик;  $\Phi$  - формирователь; ЛЗ - линия задержки, ЛР - линейный разветвитель; D - дискриминатор; Б 101 - блок задержки; СС - схема совпадений; ПП<sub>1</sub> ÷ ПП<sub>5</sub> - пересчетные приборы; ДБ - аттенюатор; ADC - преобразователь "амплитуда-код"; КК - контроллер.

Пучок  $\pi$ -мезонов выделялся включенными на совпадения сцинтилляционными счетчиками  $S_1 \div S_4$  и пороговыми черенковскими счетчиками  $\check{C}_1 \div \check{C}_3$ .

На рис. 4 показаны экспериментальные пороговые кривые счетчика с радиаторами из фреона-12 и воздуха для импульсов частиц 7 и 11 ГэВ/с. В результате фитирования этих данных зависимость

$$\epsilon = 1 - \exp\left[-\frac{(n-1)(D-D_{II})}{\delta\beta}\right] \quad /3/$$

/  $\epsilon$  - эффективность регистрации, D - давление газа,  $D_{II}$  - пороговое давление газа, n - показатель преломления газа, были

получены следующие значения параметров  $\delta\beta$  и A:

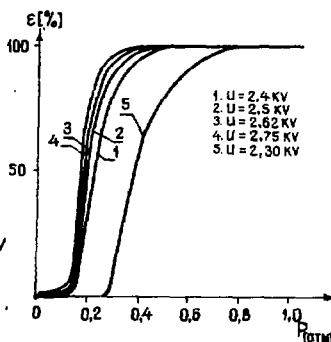
Рис. 4. Пороговые кривые. Кривые 1-4 сняты с радиатором фреон-12 / $P_{\pi} = 7$  ГэВ/с/. Кривая 5 снята с радиатором воздух / $P_{\pi} = 11$  ГэВ/с/.

$$\delta\beta = 4 \cdot 10^{-5} \pm 2,3\%;$$

$$A = 91 \text{ см}^{-1} \text{ для фреона-12 /4/}$$

$$\delta\beta = 3,5 \cdot 10^{-5} \pm 2,6\%;$$

$$A = 104 \text{ см}^{-1} \text{ для воздуха.}$$



Различие между экспериментальными значениями  $\delta\beta$  и  $A$  /4/ и вычисленными по /1/ и /2/ можно объяснить старением отражающего слоя зеркала и разницей между  $P$  /ФЭУ/ - рис. 2, взятым из справочника /6/, и действительным. Подобная разница отмечалась также в работе /8/ при исследовании различных фотоумножителей.

Измеренная с радиатором фреон-12 эффективность счетчика  $\epsilon$  на плато скорости счета  $\pi$ -мезонов с импульсами 7 и 11 ГэВ/с /под порогом  $K$ -мезонов/ была не хуже 99,99%. Вычисленная в этой точке по формуле /3/ неэффективность регистрации  $\pi$ -мезонов / $P_{\pi} = 11$  ГэВ/с/ с использованием экспериментально определенной величины  $\delta\beta = 4 \cdot 10^{-5}$  составила  $1 - \epsilon = 10^{-10}$ .

Для изучения зависимости эффективности регистрации частиц от их угла влета  $\alpha$  по отношению к оси счетчика последний повсрачивался в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через центр входного окна. Приведенные на рис. 5 результаты показывают, что в диапазоне углов  $\alpha = 0^\circ \pm 11^\circ$ , который с резервом перекрывает интересующую нас апертуру,  $\epsilon$  не зависит от  $\alpha$ .

С целью изучения возможности идентификации  $\pi$ - и  $K$ -мезонов /с одинаковыми импульсами/ по амплитуде сигналов на выходе ФЭУ при работе счетчика в дифференциально-пороговом режиме /9/ /ДПР/ были сняты спектры амплитуд от  $\pi$ - и  $K$ -мезонов при импульсе 11 ГэВ/с /радиатор - фреон-12/. Результаты приведены на рис. 6. Перекрывание площадей спектров составляет  $\approx 8\%$ ;  $\pi$ - и  $K$ -мезоны могут быть разделены с вероятностью не менее 96% при введении амплитудной дискриминации, как показано стрелкой на рис. 6.

Таким образом, исследуемый пороговый счетчик может использоваться и как дифференциальный. Улучшение его характеристик в ДПР требует разработки системы стабилизации давления газа и дискриминатора со стабильным порогом.

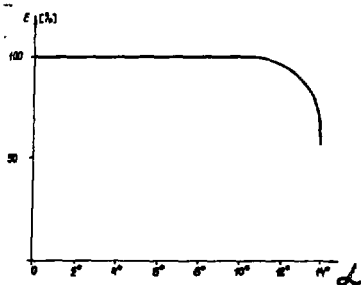


Рис.5. Зависимость эффективности регистрации  $\epsilon$  от угла влета частиц  $\alpha$ .

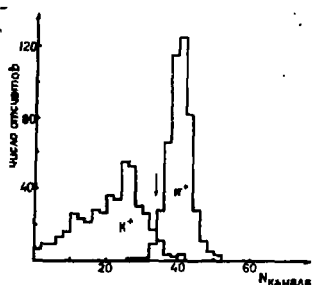


Рис.6. Амплитудные спектры импульсов ФЭУ от  $\pi$ - и  $K$ -мезонов. Рабочий газ - фреон-12, давление - 1,5 атм.,  $p = 11$  ГэВ/с.  
 $\pi, K$

В заключение можно заметить, что созданный черенковский счетчик по достигнутому значению параметра  $A$ , характеризующего интегрально свойства ФЭУ, газа и оптики счетчика, уступает лишь некоторым подобным детекторам<sup>/3,4,10/</sup>, но превосходит их весьма существенно по захватываемой апертуре.

Продолжительная эксплуатация двух счетчиков описываемого типа показала, что они надежны и стабильны в работе.

Мы приносим благодарность В.П.Джелепову, В.П.Зрелову, В.И.Солянику за ценные советы и обсуждения, С.П.Жунину, Н.Н.Кузнецову, Н.П.Мошкову, П.В.Симонову за помощь в работах по монтажу и наладке счетчика на пучке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 1-8948, Дубна, 1975.
2. Будагов Ю.А. и др. ОИЯИ, Б1-1-11178, Дубна, 1977.
3. Yovanovitch D.D. et al. NIM, 1971, 94, p.477.
4. Denisov S.P. et al. NIM, 1970, 85, p.101-107.
5. Йорданов А.Б. и др. ОИЯИ, 13-12752, Дубна, 1979.
6. Philips Data Handbook, Electron Tubes, part 9, June 1980.
7. Garwin E.L., Roder A. NIM, 1971, 93, p.593.
8. Baillon P. et al. NIM, 1975, 126, p.13.
9. Прокошкин Ю.Д. ПТЭ, 1970, №2, с.71.
10. Carlson P.J., Kiesler R. NIM, 1979, 161, p.421-425.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 января 1981 года.