

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



6/1-78

1 - 11082

A-91  
660/2-78

Р.Г.Аствацатуров, В.И.Иванов, В.А.Крамаренко,  
А.И.Малахов, П.В.Мойсенз, Е.Н.Матвеева,  
Т.Н.Пилипенко, А.Е.Сеннер, М.Н.Хачатурян

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ГОДОСКОП  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЧАСТИЦ

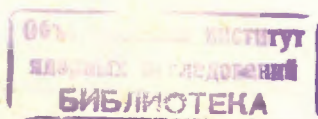
1977

1 - 11082

Р.Г.Аствацатуров, В.И.Иванов, В.А.Крамаренко,  
А.И.Малахов, П.В.Мойсенз, Е.Н.Матвеева,  
Т.Н.Пилипенко, А.Е.Сеннер, М.Н.Хачатурян

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ГОДОСКОП  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ИОНИЗАЦИОННЫХ ПОТЕРЬ  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЧАСТИЦ

*Направлено в ПТЭ*



Аствацатуров Р.Г.

I - 11082

Сцинтилляционный годоскоп для измерения ионизационных потерь релятивистских частиц

Исследованы характеристики двадцати сцинтилляционных счетчиков, работающих в режиме измерения ионизационных потерь релятивистских частиц. Основные характеристики счетчиков:

1. Размеры -  $1000 \times 100 \times 20$  мм<sup>3</sup>.
2. Среднее значение амплитудного разрешения - 30,4%.
3. Коэффициент неравномерности распределения амплитуд импульсов вдоль счетчиков - 8,7%.
4. Фактор разделения двух заряженных частиц от одиночных - 100 (при эффективности регистрации одиночных частиц 90%).

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

При идентификации  $e^+e^-$ -пар, образующихся в результате взаимодействия частиц высоких энергий с веществом, приходится учитывать один из основных источников фона - конверсионные  $e^+e^-$ -пары, генерируемые  $\gamma$ -квантами. Последние имеют малую пространственную расходимость и с большой вероятностью симулируют одиночный электрон.

Одним из эффективных способов подавления конверсионного фона является измерение и учет ионизационных потерь электронов и  $e^+e^-$ -пар в сцинтилляционном счетчике.

В данной работе дается описание сцинтилляционного годоскопа из 20 элементов с суммарной площадью  $2 \text{ м}^2$ , предназначенного для разделения одной, двух и более заряженных релятивистских частиц. Годоскоп является частью 90-канального черенковского масс-спектрометра, состоящего из пропорциональных и искровых камер, сцинтилляционных счетчиков различного назначения, черенковских  $\gamma$ -спектрометров полного поглощения и др. Установка работает на линии с ЭВМ НР-2116 В. Основные трудности, возникающие при создании сцинтилляционного годоскопа большой площади, работающего в режиме измерения ионизационных потерь, связаны с требованиями

а) высокого амплитудного разрешения детекторов ( $\leq 30\%$ ),

б) минимальной зависимости амплитуды сигнала от места прохождения заряженной частицы через сцинтилляционный счетчик.

## ОПИСАНИЕ ГОДОСКОПА

Сцинтилляционный годоскоп состоит из 20 счетчиков, имеющих сцинтилляторы размерами  $1000 \times 100 \times 20 \text{ мм}^3$  каждый. В счетчиках применены сплошные концентрирующие световоды длиной 250 мм, которые соединены со сцинтиллятором и ФЭУ клеем МБК-1 (показатель преломления  $K=1,48$ ).

Световоды и сцинтиллятор покрыты комбинированным отражателем для улучшения однородности светосбора /1/. Сцинтилляторы для счетчиков изготовлялись на основе полистирола (ГОСТ 10003-67) с добавлением 2% партерфенила и 0,025% тетрафенилбутадиена (ТФБ). Одна партия сцинтилляторов (11 штук) была изготовлена из стирола 1-го сорта, и при полимеризации в атмосфере азота газ дополнительно очищался от остаточного кислорода. Вторая партия - 9 сцинтилляторов - изготовлялась из стирола 2-го сорта (с примесями этилбензола, 0,25%) и без дополнительной очистки азота при полимеризации.

В счетчике использованы временные фотоумножители типа ФЭУ-30. Делитель для распределения питания ФЭУ выбран с учетом совмещения временного и спектрметрического режимов работы фотоумножителя в счетчике (рис. 1). Линейность световой характеристики ФЭУ, соответствующая динамическому диапазону рабочих сигналов, проверялась с помощью светового диода и калиброванных фильтров, позволяющих ослаблять количество света, подаваемого на катод ФЭУ (диапазон ослабления 30 дБ).

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЧЕТЧИКОВ

Амплитудные характеристики двадцати счетчиков были измерены в пучке отрицательных пионов с импульсом 3,2 ГэВ/с и интенсивностью  $0,2 \cdot 10^6$  частиц/с синхрофазотрона Объединенного института ядерных исследований. Схема эксперимента приводится на рис. 2.

Сигналы с исследуемого счетчика поступают на амплитудный и временной анализы. В первом случае измеряется заряд с последнего диода фотоумножителя, а

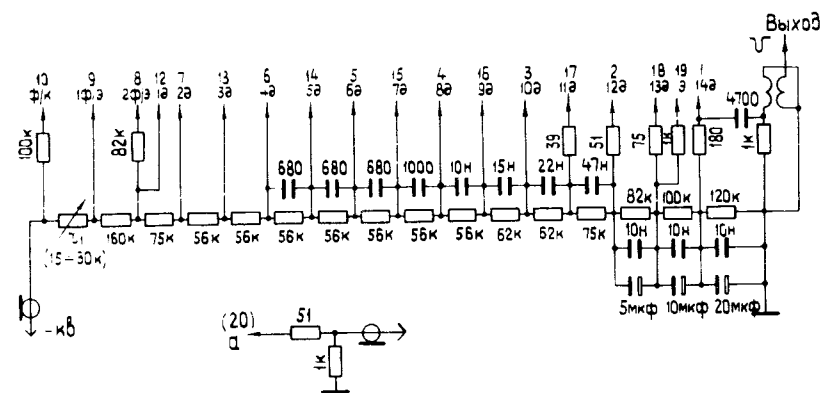


Рис. 1. Высоковольтный делитель диодных потенциалов на ФЭУ.

во втором - с анодов ФЭУ. Для спектрметрического анализа использован 256-канальный зарядово-цифровой преобразователь /2/, информация с которого выводится на ЭВМ.

Амплитудные измерения проводились в пяти точках вдоль сцинтиллятора каждого счетчика. Перед измерениями амплитудных характеристик счетчики настраивались таким образом, чтобы сигналы на выходе каждого ФЭУ (точка 3, рис. 3) по заряду были равны. При выравнивании амплитуд, которое производилось изменением напряжения питания ФЭУ и пассивным аттенуатором, учитывался динамический диапазон преобразователя.

Зависимость наиболее вероятного значения амплитуды импульсов от места прохождения частиц через счетчик, представлена на рис. 3а. Величины амплитудного разрешения (полная ширина на половине высоты) для 20 счетчиков в центральной точке сцинтиллятора представлены на рис. 3б. Распределения на рис. 3в

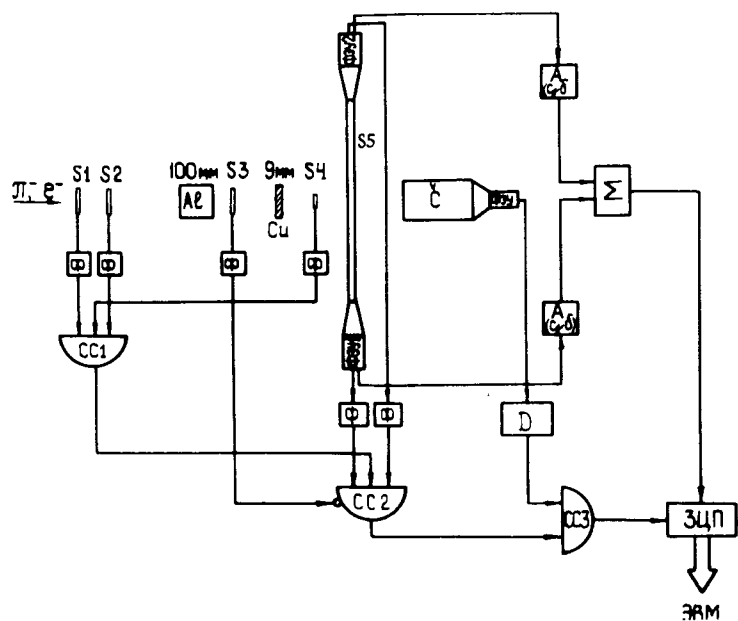


Рис. 2. Блок-схема аппаратуры для исследования счетчиков.

характеризуют амплитудную неоднородность сигналов в зависимости от места прохождения частиц через счетчик. Штриховкой на гистограммах выделены 9 счетчиков, сцинтилляторы которых изготовлены из стирола 2-го сорта. На рис. 4 представлен амплитудный спектр для одного из 20 детекторов, измеренный в центральной точке.

На одном из счетчиков была исследована возможность разделения амплитуд импульсов, соответствующих одновременному (50 нс) прохождению двух и более частиц, и импульсов от одиночных заряженных частиц. Схема эксперимента приводится на рис. 2. На пучке  $\pi^-$

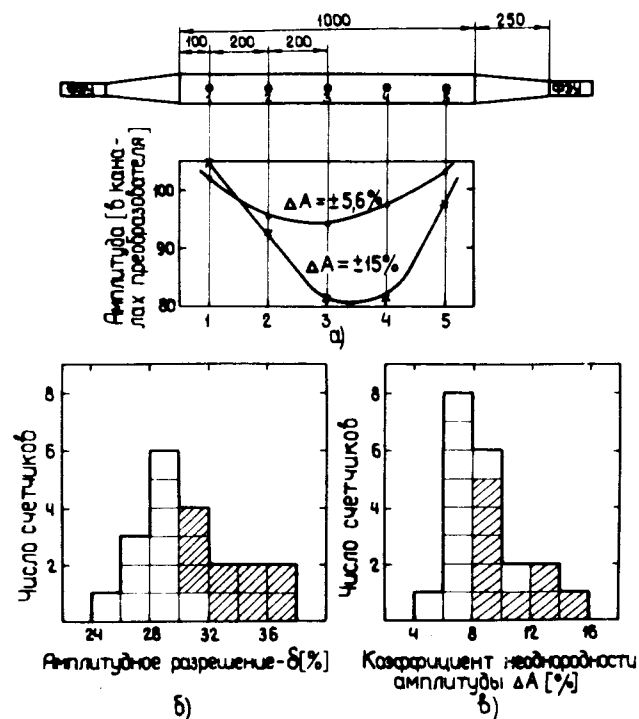


Рис. 3. а) Зависимость амплитуд импульсов от места попадания частиц в счетчик (для двух счетчиков).  
 б) Распределение величин амплитудных разрешений.  
 в) Распределение коэффициента неравномерности счетчиков по амплитуде.

мезонов перед исследуемым счетчиком устанавливается алюминиевая мишень длиной 10 см, которая является генератором гамма-квантов, и счетчик  $S_3$ , включенный на антисовпадения (рис. 2). В медной пластине толщи-

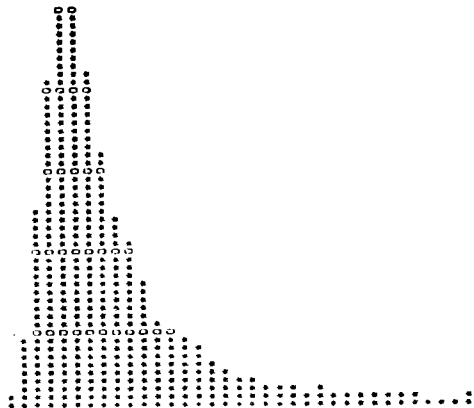


Рис. 4. Амплитудный спектр от  $\pi^-$ -мезонов для счетчика, на котором проводились исследования по подавлению многозарядных частиц.

ной 0,9 см, расположенной непосредственно перед детектором, происходит конверсия гамма-квантов на  $e^+e^-$  пары. Для дополнительного подавления заряженных частиц пучка и лучшего выделения конверсионных пар используется черенковский  $\gamma$ -спектрометр из свинцового стекла. Коэффициент подавления адронов  $\gamma$ -спектрометром равен  $3 \cdot 10^{-4} / 3$ . Экспериментальное распределение амплитуд импульсов в исследуемом счетчике для одной, двух, трех и так далее заряженных частиц, одно-

временно ( $t_{\text{ворот}} = 50$  нс) проходящих через детектор, иллюстрирует рис. 5. Возможность разделения по

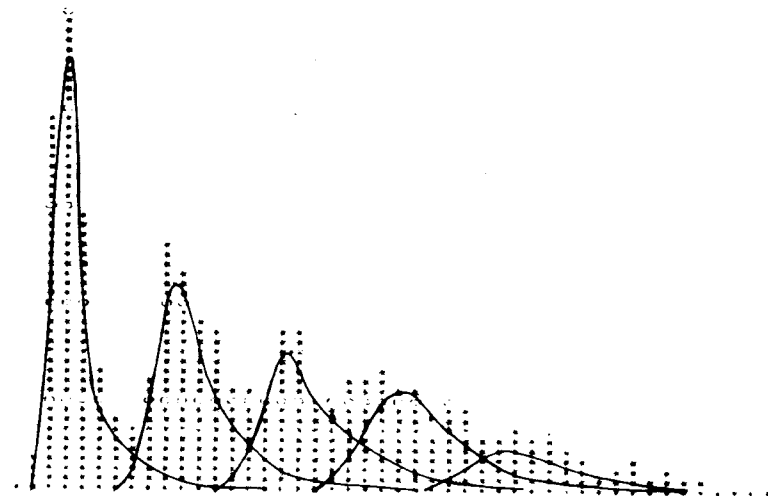


Рис. 5. Спектр амплитуд при прохождении через счетчик одной или одновременно нескольких заряженных частиц.

амплитуде событий, когда через счетчик проходит одна или две заряженные частицы (два первых пика на рис.5), представлена в виде графика на рис. 6.

#### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Наиболее важными характеристиками сцинтилляционного счетчика больших размеров ( $L \geq 1$  м), работающего в режиме измерения ионизационных потерь, являются:

- 1) амплитудное разрешение,
- 2) равномерность сбора света на фотокатод ФЭУ со всех точек сцинтиллятора.

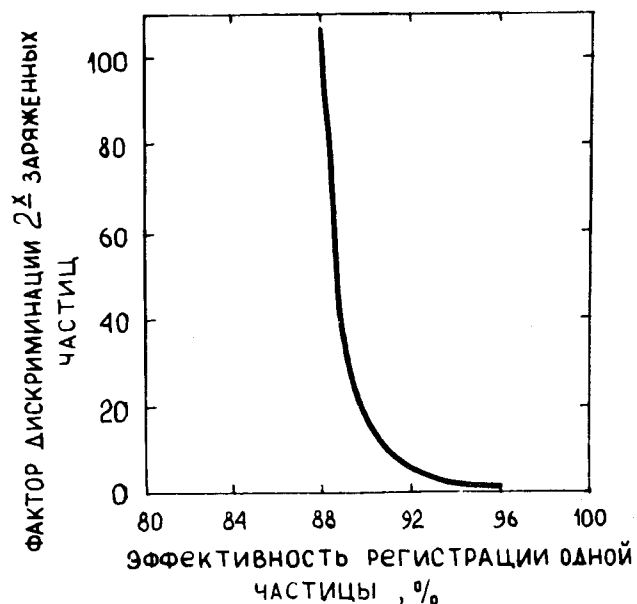


Рис. 6. Зависимость фактора разделения конверсионных  $e^+e^-$ -пар сцинтилляционным счетчиком от эффективности регистрации одной заряженной частицы.

Амплитудное разрешение ограничивается флуктуациями ионизационных потерь частиц в радиаторе счетчика.

Теоретическое распределение потерь энергии частиц на ионизацию в сцинтилляторе толщиной 2 см для  $\pi^-$ -мезонов с энергией 3 ГэВ оценивалось по методу, предложенному в работе <sup>4/</sup>. Полная ширина на полувысоте полученного распределения составляет ( -7, +14% ). Экспериментальное распределение амплитуд представляет сверку теоретического распределения ионизационных потерь с функцией аппаратного разрешения. Измерения с помощью

светового диода, вмонтированного в центре радиатора, показали, что эта функция близка к гауссовой и имеет  $\sigma = \pm 9,5\%$ . Основной вклад в аппаратное разрешение вносят флуктуации в сборе света ( $\pm 9,1\%$ ). Флуктуации числа фотоэлектронов в ФЭУ составляют величину, равную  $\pm 2,5\%$ .

Результаты исследования показали, что неравномерность сбора света на фотокатод ФЭУ в зависимости от места прохождения частицы через сцинтиллятор колеблется в пределах ( $\pm 5,8\%; \pm 11,6\%$ ) и в основном определяется прозрачностью сцинтиллятора. Коэффициент неравномерности распределения амплитуды  $A$  вдоль сцинтиллятора определяется по формуле  $\Delta A = \pm (A_{\text{макс}} - A_{\text{мин}}) / (A_{\text{макс}} + A_{\text{мин}}) \%$  и равен  $\pm 8,7\%$  (для 20 исследованных счетчиков).

Важной характеристикой счетчиков, работающих в режиме измерения ионизационных потерь, является фактор дискриминации двух и более заряженных частиц, прошедших через счетчик одновременно, от одной заряженной частицы. Зависимость фактора дискриминации двух заряженных частиц от эффективности регистрации одной заряженной частицы представлена на рис. 6. Как видно из рис. 6, при регистрации одиночных заряженных частиц с эффективностью регистрации 88%, фон от двух и более заряженных частиц можно ослаблять примерно в 100 раз.

Из результатов, полученных в настоящей работе, видно, что улучшение характеристик сцинтиллятора и ФЭУ не приведет к существенному увеличению фактора дискриминации при данной эффективности регистрации одиночной заряженной частицы.

Одним из возможных способов дискриминации фона конверсионных пар при регистрации электронов может быть система последовательно расположенных счетчиков, работающих в режиме измерения ионизационных потерь <sup>5/</sup>.

Авторы выражают благодарность В.С.Ставинскому, М.Д.Шафранову за содействие в работе; Л.С.Бойцовой, А.Ф.Елишеву, Е.Кнапику за помощь при изготовлении счетчиков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аствацатуров Р.Г. и др. ПТЭ, 1977, № 4, 72.
2. Базиладзе С.Г. и др. ПТЭ, 1972, № 2, 82.
3. Аствацатуров Р.Г. и др. НИИ, 1973, 107, 105.
4. Вавилов П.В. ЖЭТФ, 1957, т.32, 920.
5. Агасян Э.О. и др. ПТЭ, 1977, № 4, 46.

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 ноября 1977 года.