

## МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ И ПОДБОРА ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК | СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СЧЕТЧИКОВ И ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

И. В. ГЛАВНАКОВ, В. И. КРЫШКИН, В. Н. СТИБУНОВ, Н. П. ФЕДОРОВ

(Представлена научно-техническим семинаром лаборатории  
высоких энергий НИИ ЯФ)

Важнейшим требованием к регистрирующим системам (набор сцинтилляционных, черенковских и др. счетчиков и электронных схем) является высокая эффективность регистрации частиц исследуемого процесса. Это требование в условиях больших фоновых загрузок приводит к необходимости иметь минимальное временное разрешение элементов системы регистрации. В этой работе описывается методика измерения и подбора оптимальных характеристик счетчиков и электронных схем для получения высокой эффективности регистрации. Методика использовалась при настройке системы регистрации, состоящей из двух телескопов (5 сцинтилляционных и черенковского счетчиков).

### 1. Подбор и измерение характеристик счетчиков

Поскольку временное разрешение счетчиков определяется характеристиками используемых фотоэлектронных умножителей (ф. э. у.) (при малых размерах пластического сцинтиллятора), то производился подбор режима питания ф. э. у. по обычной методике [1] с использованием GaP — светодиода. Окончательный подбор ф. э. у. и режима его питания осуществлялся в следующих условиях: непосредственно на торцы пластического сцинтиллятора диаметром 5 см и толщиной 1,5 см, облучаемого радиоактивным источником  $\text{Co}^{60}$ , устанавливались два ф. э. у. Импульсы с анодов ф. э. у. формировались и подавались на время-амплитудный конвертор (в. а. к.) без дополнительной селекции импульсов по амплитуде в «боковых» каналах. При этом уровни дискриминации формирователей имели величину, соответствующую регистрации электронов с энергией 0,1—0,2 МэВ. Временное разрешение лучших экземпляров ФЭУ-30, измеренное в таких условиях, составляло  $2\tau = 0,65—0,7$  нс. Измерение временного разрешения производилось на расходящемся пучке релятивистских электронов, обеспечивающем равномерное облучение всей площади сцинтилляторов. В табл. 1 приведены результаты этих измерений. В качестве «базового» использовался счетчик с размерами сцинтиллятора  $10 \times 8 \times 0,7$  см<sup>3</sup>. Измерения для счетчика № 4 проводились с использованием двух в. а. к. для компенсации изменения задержки импульса ф. э. у. в зависимости от места прохождения электрона через сцинтиллятор [2].

Таблица 1

№ п.п.	Тип счетчика и размеры	Тип ф.э.у. и шт.	Временное разрешение, нс
1	Сцинтилляционный 13×10×0,8 (см <sup>3</sup> )	ФЭУ-30 — 1	1,4
2	Сцинтилляционный 25×1 (см)	»	2,9—3
3	»	»	»
4	Сцинтилляционный 26×1 (см)	ФЭУ-30 — 2	1,8—2
5	Черенковский 35×30 (см)	ФЭУ-36 — 2 ФЭУ-49 — 1	5 10

## 2. Установление уровней дискриминации формирователей

Импульсы с ф.э.у. подавались на формирователи с компенсацией амплитудной зависимости, основанной на известном принципе «следящего порога». Схемное решение этого метода аналогично предложенному в работе [3], то есть сложение инвертированного и «обрезанного» на определенном уровне сигнала ф.э.у. с неинвертированным, но задержанным на длительность фронта сигналом ф.э.у. Величина задержки неинвертированного сигнала подбиралась для каждого типа ф.э.у. Изменение задержки сигналов с амплитудой, превышающей  $3U_{\text{п}}$  ( $U_{\text{п}}$  — уровень порога формирования) на выходе формирователя не превышает 0,1 нс.

При измерениях временного разрешения счетчиков подбиралось напряжение питания, обеспечивающее минимальные временные флуктуации. После этого проводился контроль аппаратурной эффективности регистрации счетчика при выбранном напряжении. Блок-схема измерения аппаратурной эффективности счетчика с формирователем приведена на рис. 1. Сигнал с анода ф.э.у. разветвляется на линейном

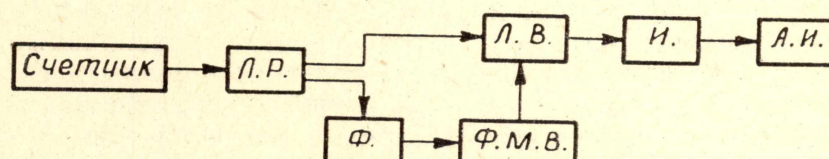


Рис. 1. Блок-схема установки уровней дискриминации формирователей.

разветвителе (ЛР) на два сигнала, один из которых поступает на вход линейных ворот (ЛВ), а другой — на исследуемый формирователь (Ф), управляющий наносекундными линейными воротами. Во избежание частотных перегрузок спектрометрического усилителя и амплитудного анализатора (АА) управление линейных ворот производилось формирователем «мертвого» времени (МВ) ( $\tau_{\text{мерт}} = 50 \div 100$  мкс). Сигнал с выхода линейных ворот удлинялся без искажения амплитуды и поступал на амплитудный анализатор «АИ-256». Анализатор при этом регистрирует только те импульсы, амплитуда которых превышает уровень дискриминации формирователя. Эффективность счетчика с формирователем легко определяется из вида амплитудного распределения. Эти измерения позволяют обойтись без изучения счетных характеристик.

Все схемы спектрометрического тракта и их характеристики описаны в работе [4].

### 3. Измерение и подбор характеристик телескопа

Обычно измерения аппаратурной эффективности телескопа, числа случайных совпадений, выделения частиц с определенной скоростью и временное согласование элементов телескопа производится методом задержанных совпадений [5] последовательно для каждой из схем. Такие измерения требуют мониторинга интенсивности и знания «временной» структуры пучка, проходящего через телескоп. При подстройках характеристик элементов телескопа измерения повторяются и требуют больших затрат времени.

В данной работе измерение и временное согласование элементов телескопа и телескопов осуществляется с помощью время-амплитудного конвертора [6] на основе предложенной в работе [7] методики измерения кривых случайных совпадений и антисовпадений. Принцип пояснен на простом примере элемента телескопа, состоящего из двух счетчиков и схемы совпадений. Блок-схема измерений представлена на рис. 2. На рис. 3, а показан время-пролетный спектр от этих счетчиков, когда импульсы подавались непосредственно на в. а. к. без схемы совпадений. Пик связан с релятивистскими частицами с  $\beta \approx 1$  (электроны и т. д.).

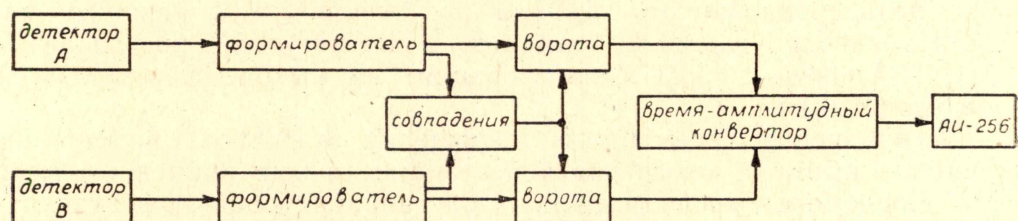
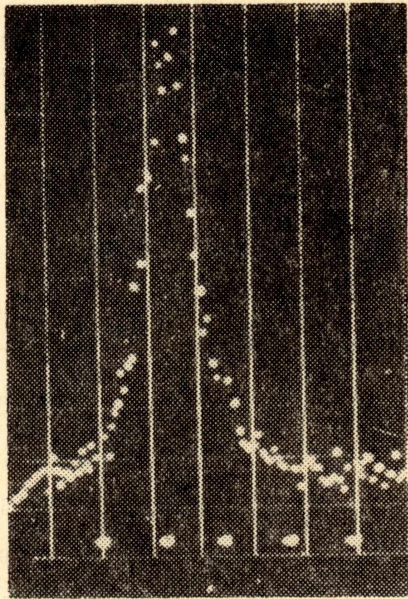


Рис. 2. Блок-схема измерения характеристик телескопа из двух счетчиков.

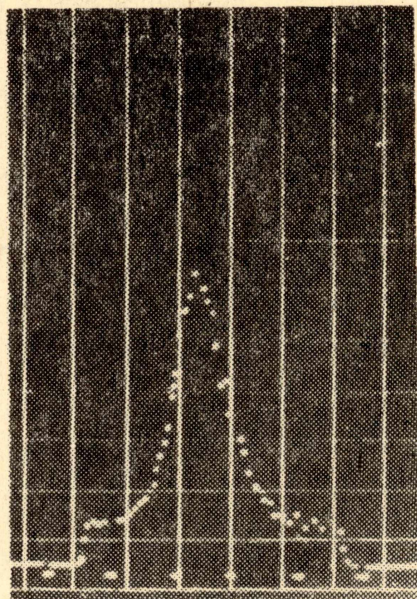
На рис. 3, б приведен тот же самый спектр, но импульсы с формирователей подавались на в. а. к. через «ворота», управляемые схемой совпадений с разрешающим временем, большим ширины электронного пика по основанию, чтобы схема совпадений регистрировала все электроны. Разрешающее время другой схемы совпадений (рис. 3, в) меньше, но ее эффективность равна 100%, так как ширина электронного пика по основанию равна разрешающему времени этой схемы, оно в этом случае является минимальным для эффективного отбора электронов. На рис. 3, г показан спектр при управлении «воротами» схемой совпадений с разрешающим временем, меньшим ширины электронного пика по основанию, и, следовательно, с эффективностью меньше 100%.

Точное значение эффективности легко определить из соотношения площадей под нормированными по высоте пиками на рис. 3, г и 3, в. Для сравнения на рис. 3, д показана кривая задержанных совпадений той же схемы совпадений, что и на рис. 3, в. Разница в форме кривых связана с величиной разрешающего времени этой схемы.

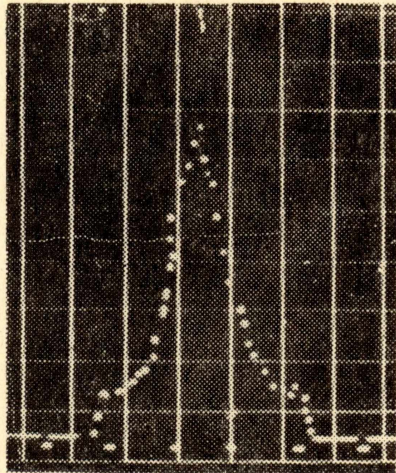
Обычно об эффективности схемы совпадений (или антисовпадений) судят по наличию плато на кривой задержанных совпадений, которое при минимальном разрешающем времени будет отсутствовать (рис. 3, в). Для подавления фона случайных совпадений часто необходимо определить наименьшее разрешающее время при эффективной регистрации исследуемых событий. Данный метод позволяет сделать это быстро и наглядно. Кроме того, по высоте пьедестала, на котором



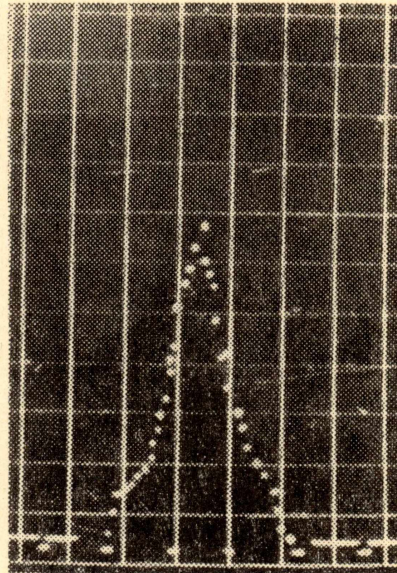
а



б



в



г

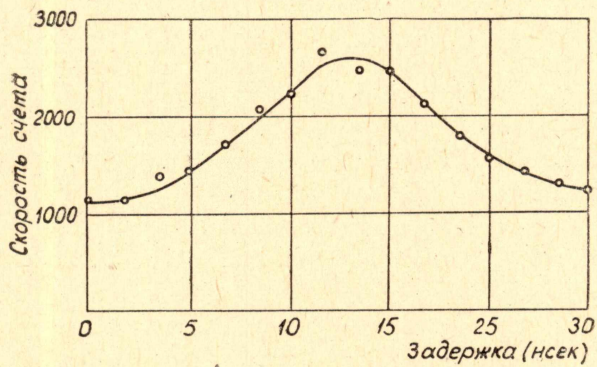


Рис. 3, а—г. Временное распределение импульсов от двух счетчиков, регистрируемых схемой совпадений для разного разрешающего времени, д — кривая задержанных совпадений.

находится пик коррелированных событий, можно определить вклад случайных совпадений. Отметим, что метод оценки случайных совпадений с помощью введения задержки в один из каналов предполагает равномерное распределение фоновых событий, что в общем случае неверно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Рыкалин, Т. Г. Кмита, И. В. Рыжиков, И. А. Новоселов. Препринт ОИЯИ, Р-2466, Дубна, 1965.
  2. В. Г. Лапшин, В. И. Рыкалин, З. Цисек. Препринт ОИЯИ, № 13-3530, Дубна, 1967.
  3. М. Дражев, С. Паржицкий. Препринт ОИЯИ, № 13-4604, Дубна, 1970.
  4. В. А. Аульченко, Ю. В. Коршунов. Препринт ИЯФ СО АН СССР, 14, Новосибирск, 1970.
  5. Ю. К. Акимов. Сцинтилляционные методы регистрации частиц высоких энергий. М., изд-во МГУ, 1963.
  6. В. И. Крышкин, В. Н. Стибунов, Н. П. Федоров. ПТЭ, № 6, 66, 1970.
  7. В. И. Крышкин, В. Н. Стибунов, Н. П. Федоров. ПТЭ, № 4, 99, 1971.
-