

С 344.3

Г-626

11/Ур-6У



# ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

---

И.А. Голутвин, Ю.В. Заневский, Б.А. Кулаков, В.С. Пантуев  
М.Н. Хачатурян, М.С. Хвастунов, Э.Н. Цыганов

1636

ИССЛЕДОВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ СХЕМ  
НА ПУЧКЕ СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

Дубна 1964

И.А. Голутвин, Ю.В. Заневский, Б.А. Кулаков, В.С. Пангуев  
М.Н. Хачатурян, М.С. Хвастунов, Э.Н. Цыганов

1638

ИССЛЕДОВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ СХЕМ  
НА ПУЧКЕ СИНХРОФАЗОТРОНА ОИЯИ

2428/1 mp

Общественный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1984

В настоящей работе приводятся результаты исследования схем на модулях, предложенных И.А. Голутвиным и Ю.В. Заневским.

Схемы модулей и описание их работы даны в /1/.

Измерения проводились на пучках релятивистских частиц синхрофазотрона ЛВЭ.

Были изучены следующие характеристики схем:

- 1) чувствительность схем по входу и возможность счета выходных импульсов;
- 2) эффективность схем совпадений и антисовпадений;
- 3) разрешающие времена схем;
- 4) мертвое время схем и способность к счету больших загрузок.

Приведенные ниже характеристики относятся к отдельным схемам. Аналогичные схемы имели практически не отличающиеся характеристики.

### 1. Чувствительность схем

Чувствительность проверялась на тройной схеме совпадений с тремя ФЭУ-36. Было получено плато по счету от напряжения на ФЭУ в области 1400-2200 в (рис.1). Соответствующие импульсы на входе схем изменялись от 0,3 до 10в. ФЭУ-36 соединялись световодами из плексигласа со сцинтилляторами размером  $70 \times 70 \times 10 \text{ мм}^3$  (10мм по пучку). Для ФЭУ-36 режимы делителей подбирались индивидуально по максимуму усиления сцинтилляций от  $\text{Co}^{60}$ , при визуальном наблюдении импульсов на осциллографе, при напряжении 2000 в. ФЭУ-36 с настроенными делителями давали импульсы 4-5 в на нагрузке 91 ом.

Счетчики соединялись со схемами кабелем РК-2 длиной 180 м. Кабели были согласованы только у ФЭУ.

На модулях была собрана система измерения бета-активности с "методом бета-гамма совпадений" (рис. 2). Бета-частицы имели широкий спектр энергий, значительная часть его - в области десятков кэв. Для получения высокой эффективности бета-счета необходимо было увеличить усиление ФЭУ и чувствительность входных формирователей схем совпадений.

Изменением модуля формирователя (уменьшением ограничивающего сопротивления в эмиттере 1-го триода) была получена чувствительность 100 мв, и эффективность бета-счета составила 95-98% при напряжениях на ФЭУ-36 2300 в.

При этом уменьшался динамический диапазон входных импульсов.

Выходные импульсы отрицательной полярности первичных схем (тройных и четверных) имеют параметры  $U = 0,7$  в и длительность  $\approx 20$  нсек, а вторичные (двойные) —  $U = 0,9$  в и длительность  $\approx 30$  нсек. Схемы с дополнительными усилителями можно использовать для работы со стандартными пересчетками, разработанными в отделе новых разработок ЛВЭ. Для счета импульсов со схем можно применять пересчетные устройства ПС-10000 (при этом следует устанавливать чувствительность  $\approx 10^{-1}$  в).

## 2. Эффективность схем совпадений и антисовпадений

Приближенно эффективность схем совпадений можно оценить, снимая зависимость счета от порога дискриминатора. Плато по порогу дискриминатора первичных схем (рис. 3) имеет наклон 10%, вторичных схем (рис. 4) — 1-2%. Первичными мы называем схемы, на вход которых поступают импульсы с ФЭУ. Вторичными — на вход которых поступают импульсы с выхода первичных схем. Разницу в наклонах плато можно объяснить большим амплитудным разбросом импульсов на входе первичных схем и худшим коэффициентом отбора четверной схемы по сравнению с двойной.

Точность установки порога составляла 0,25 деления. По-видимому, можно добиться эффективности схемы совпадений 98-99%.

Эффективность антисовпадений определялась по схеме, показанной на рис. 5. Сцинтиллятор счетчика, включенного на антисовпадения, имел размеры  $150 \times 150 \times 10$  мм<sup>3</sup>. Была получена эффективность антисовпадений 0,997 (рис. 6) при загрузке канала  $5 \cdot 10^5$  имп/сек и напряжении на счетчике 1800 в. Изменение напряжения на ФЭУ от 1800 до 2000 в не изменяло эффективности антисовпадений.

## 3. Разрешающие времена схем

Временные характеристики были получены с пластиками  $30 \times 20 \times 20$  мм<sup>3</sup> (20 мм по пучку) при непосредственном контакте с ФЭУ-36. Делители — паспортные, временные. ФЭУ отбирались для получения на выходе импульсов 1-5 вольт при напряжении 2000-2800 вольт.

Типичные кривые разрешения (снятые методом задержанных совпадений) для первичных схем даны на рис. 7 и для вторичных схем — на рис. 8.

Полуширина кривой задержанных совпадений первичных и вторичных схем в работе изменялась от 4 до 9 нсек в зависимости от порога дискриминатора. На рис. 9

дана зависимость  $\tau$  от порога дискриминатора для вторичных схем, когда на входы вторичной схемы подавались импульсы с выхода одной первичной. Для получения малого  $\tau$  на вторичных схемах импульсы с первичных схем дифференцировались.

Как видно из рис. 7 и 8, спад кривой задержанных совпадений составляет 3 нсек на порядок как для первичных, так и для вторичных схем. Отсюда можно сделать вывод, что "джиттер" дискриминатора первичной схемы совпадений  $\leq 1,5$  нсек.

С величиной спада 3 нсек на порядок можно получить разрешение как на первичной, так и на вторичной схемах, 3-4 нсек.

Спад 3 нсек обусловлен, по-видимому, искажениями импульсов в длинном кабеле, так как при формировании импульсов (с помощью модуля формирователя) на выходе ФЭУ удалось получить  $\tau \approx 1,5$  нсек при использовании тех же кабелей.

## 4. Мертвое время схем

Для выяснения возможности использования схем в условиях больших загрузок на счетчиках важно было определить действительное мертвое время схем. Под действительным мертвым временем мы понимаем величину, равную

$$\tau_0 = \frac{1}{N_0}$$

где  $N_0$  — наибольшая загрузка одного из каналов схемы в имп/сек, при которой схема просчитывает  $\approx 1\%$ .

На рис. 10 приведены следующие зависимости от интенсивности пучка синхрофазотрона:

- I — счет монитора;
- II — отношение счета телескопа из 3-х сцинтилляционных счетчиков (пластики  $30 \times 20 \times 20$  мм<sup>3</sup>), сигналы от которых были заведены на проверяемую тройную схему совпадений, к счету монитора;
- III — загрузка на 1-ом счетчике телескопа (на расстоянии 1,2 м от внутренней мишени синхрофазотрона).

Монитор составляют 4 сцинтилляционных счетчика, установленные на большом расстоянии от мишени, для получения линейной зависимости счета монитора от интенсивности.

Загрузка на 1-ом счетчике определялась двумя способами по счету случайных совпадений с помощью формул:

$$a) \quad N = 2\tau N_1 N_{23}$$

$\tau$  — Разброс задержки импульса.

или б)

$$N_{12} = 2r N_1 N_2,$$

$$N_{13} = 2r N_1 N_3,$$

$$N_{23} = 2r N_2 N_3;$$

в обоих случаях результат по загрузке не отличался более чем на 10%.

Для кривых I и III статистические ошибки малы, и разброс точек относительно линейных зависимостей обусловлен, по-видимому, следующими причинами:

а) для кривой I - знанием интенсивности синхрофазотрона с точностью  $\approx 10\%$  (по пикап-электродам);

б) для кривой III - изменением растяжки от точки к точке.

Так как при интенсивностях  $\approx 2,0 - 2,5 \cdot 10^{10}$  имп/цикл счет телескопа составлял  $\approx 1 \cdot 10^4$  за 100 мсек на пересчетных устройствах ПС-10000, то через точки зависимости II была проведена кривая, учитывающая просчеты пересчетного устройства по формуле:

$$\frac{n}{M} = \frac{n_0/M}{1 + n_0 r_{nc}};$$

где  $\frac{n_0}{M} = 3,84$  - отношение счета телескопа к счету монитора при малых интенсивностях;  $M r_{nc} = 10^{-6}$  сек - разрешающее время ПС-10000.

Из рис. 10 видно, что экспериментальные точки хорошо ложатся на кривую просчетов ПС-10000, и потому просчеты, обусловленные схемой, составляют не более 1-2% при загрузке  $1,5 \cdot 10^7$  по 1-ому каналу. При этом  $r_0 = \frac{1}{N_0} < \frac{1}{1,5 \cdot 10^7} = 7 \cdot 10^{-8}$ .

Следует отметить, что мертвое время канала, снятое на пачке из 5-ти импульсов от генератора, равно 25 нсек.

Длительная эксплуатация ( $\approx 500-600$  часов) позволяет сделать ряд замечаний по использованию указанных схем.

1. Прежде всего следует отметить значительное удобство модульной конструкции схем. Так, система для измерения бета-активности  $S^{11}$  (рис. 2) была собрана из модулей за 2 дня и практически не потребовала настройки самих схем; были подобраны лишь задержки, и снята зависимость эффективности бета-счета от напряжения на ФЭУ-36. Переход от четверной схемы к тройной, двойной схемам или регистрации счета по одиночному каналу осуществляется удалением диодов из схемы совпадений, практически без изменения параметров схем.

Отладка нового модуля и восстановление вышедшего из строя может производиться техником средней квалификации.

1. Малый джиттер схем дает возможность получать на вторичных схемах разрешение порядка нескольких нсек, что особенно важно при работе с большими нагрузками.

2. Надежность и стабильность работы схем вполне удовлетворительны. За указанное время эксплуатации 12-ти схем вышли из строя всего 2 формирователя - оба по причине выхода из строя германиевых туннельных диодов. За время эксплуатации не было замечено значительного изменения параметров схем.

Следует отметить, что возможное изменение со временем порога дискриминатора (температурная нестабильность) приводит к изменению разрешающего времени примерно на 10% (см. рис. 8).

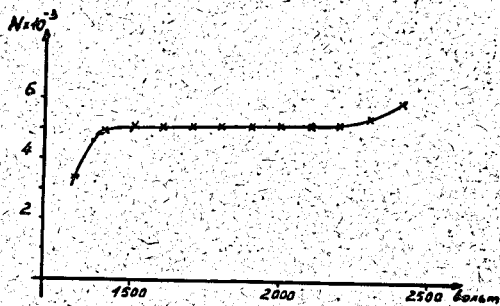
Схемы критичны к изменению напряжения питания, для их нормальной работы необходима стабильность напряжения 1%.

По нашему мнению, к набору разработанных схем следует добавить модуль размножителя коротких импульсов, согласованный с этими схемами, что расширит возможности их применения в экспериментах. Это позволит собирать на модулях системы совпадений и антисовпадений для большинства задач, связанных со счетом частиц.

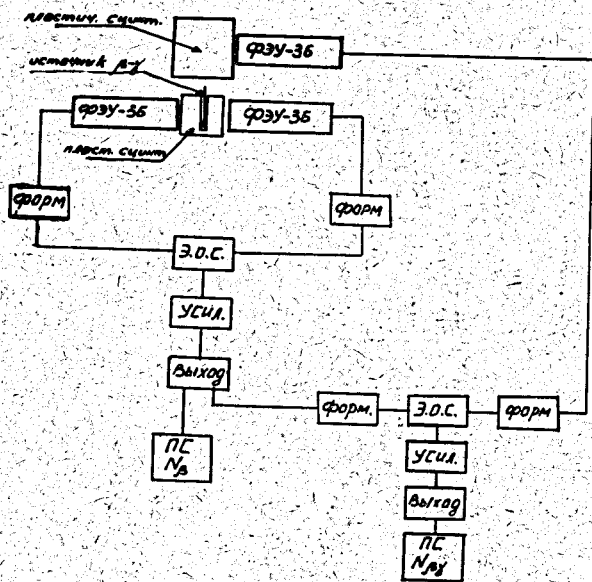
#### Литература

1. И.А. Голутвиц, Ю.В. Заневский. Препринт ОИЯИ 1424, Дубна, 1963.

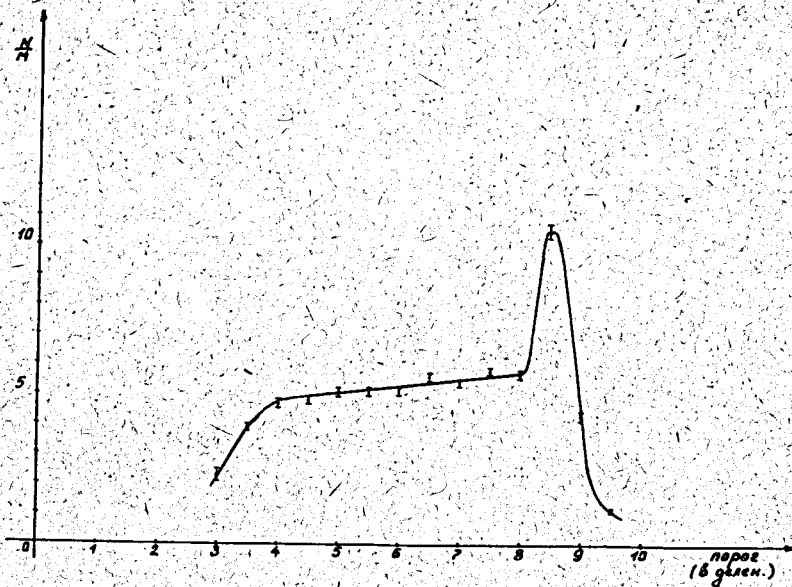
Рукопись поступила в издательский отдел  
9 апреля 1964 г.



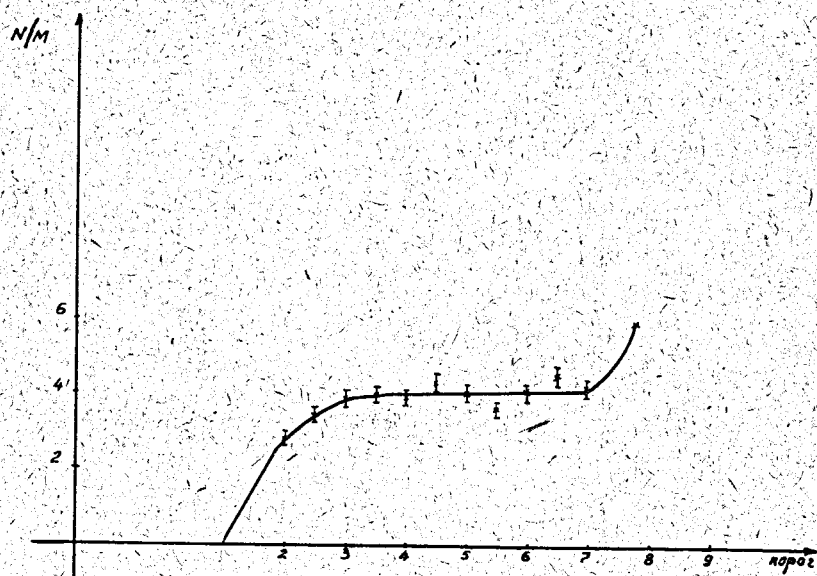
Р и с. 1. Плато по счету в зависимости от напряжения на ФЭУ.



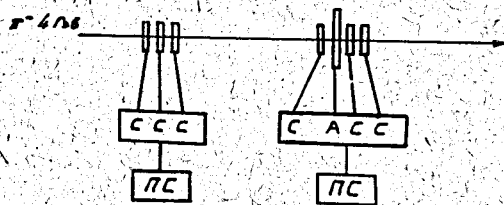
Р и с. 2. Блок-схема измерения бета-активности



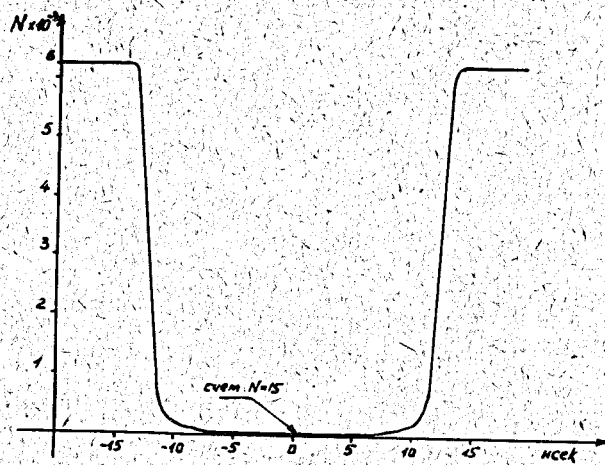
Р и с. 3. Плато по счету в зависимости от порога дискриминатора первичных схем.



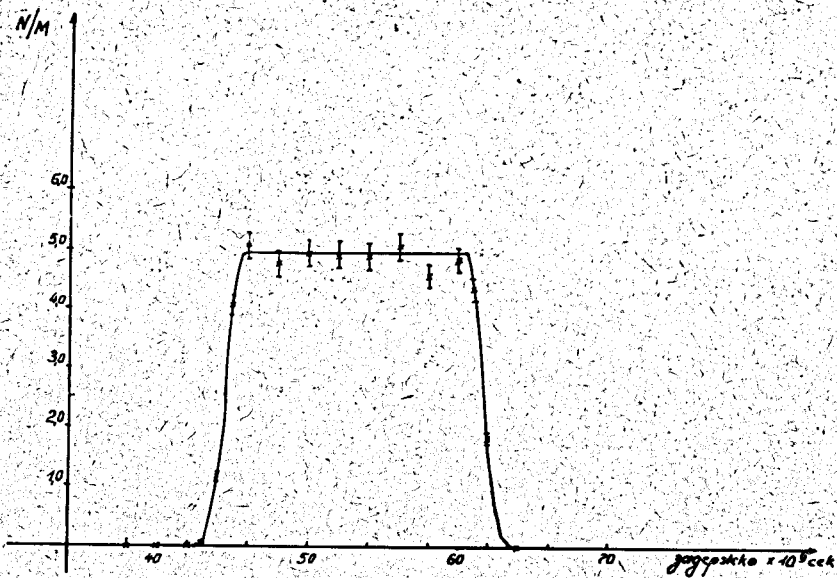
Р и с. 4. Плато по счету в зависимости от порога дискриминатора вторичных схем.



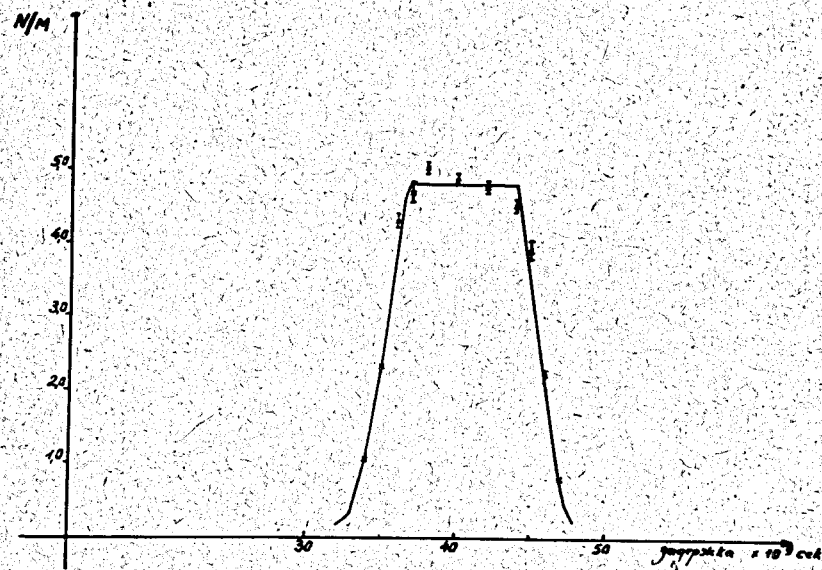
Р и с. 5. Блок-схема определения эффективности антисовпадений.



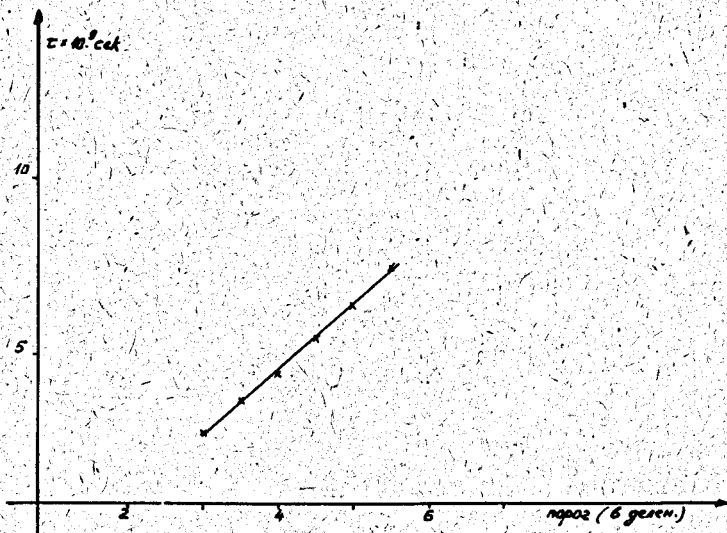
Р и с. 6. Кривая разрешения антисовпадений.



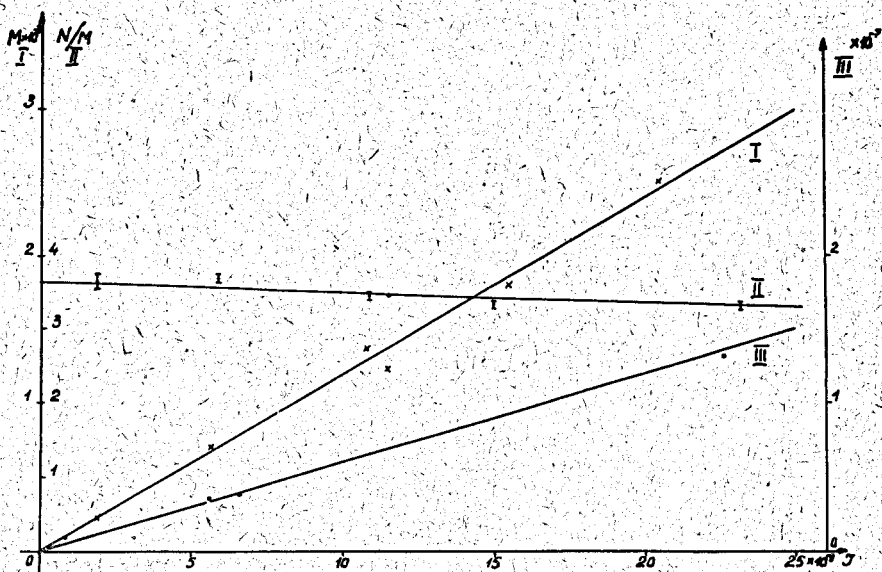
Р и с. 7. Кривая разрешения для первичных схем совпадений.



Р и с. 8. Кривая разрешения для вторичных схем совпадений.



Р и с. 9. Зависимость разрешающего времени от порога дискриминатора.



Р и с. 10. Кривые линейности счета монитора (1), отношения счета телескопа к монитору (2) и счета по первому каналу (3) в зависимости от интенсивности пучка ускорителя.