

6660

7 3400

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



1 - 6660

В.К.Бирулев, А.С.Вовенко, Б.Н.Гуськов, А.Запасник,
И.М.Иванченко, В.Г.Кривохижин, И.А.Савин,
Ю.И.Саломатин, В.Е.Симонов, А.Е.Сеннер,
Г.Г.Тахтамышев, П.Тодоров

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

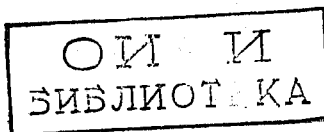
СИСТЕМА СЧЕТЧИКОВ
БЕСФИЛЬМОВОГО ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА

1972

1 - 6660

В.К.Бирулев, А.С.Вовенко, Б.Н.Гуськов, А.Запасник,
И.М.Иванченко, В.Г.Кривохижин, И.А.Савин,
Ю.И.Саломатин, В.Е.Симонов, А.Е.Сеннер,
Г.Г.Тахтамышев, П.Тодоров

СИСТЕМА СЧЕТЧИКОВ
БЕСФИЛЬМОВОГО ИСКРОВОГО СПЕКТРОМЕТРА



1. Введение

Сцинтилляционные счетчики являются одним из основных элементов магнитного искрового спектрометра, с помощью которого проводились эксперименты по изучению регенерации нейтральных каонов через распады на два пиона на ускорителе 70 Гэв /1/. Спектрометр, работавший на линии с ЭВМ, регистрировал распады каонов на две заряженные частицы /"вилки"/, возникавшие в объеме за регенератором /рис. 1а/. Счетчики участвовали в отборе событий, запуске спектрометра и идентификации типов распадов каонов.

Запуск спектрометра осуществлялся счетчиками годоскопических плоскостей ФI, ФII, ГI и ГII. Каждая плоскость состояла из двух полуплоскостей, содержавших по 4 счетчика, расположенных слева и справа от оси пучка. В эксперименте в основном регистрировались события, при которых до магнита одна из частиц проходила слева от оси пучка, другая - справа, и траектории этих частиц за магнитом пересекались в районе вето-счетчиков. Для получения триггерного импульса требовалось срабатывание, по крайней мере, одного счетчика в каждой полуплоскости. При этом должны отсутствовать сигналы от вето-счетчиков, а также сигнал счетчика антисовпадений, запрещающего запуск частицами, рожденными до регенератора и в нем.

Для идентификации различных типов распадов каонов в состав спектрометра входили детекторы электронов и мюонов, не участвовавшие в выработке триггерного сигнала. Детектор электронов представлял собой набор сцинтилляторов, прослоенных свинцовыми пластинами, в которых развивалась и регистрировалась электронно-фотонная лавина. Детектор мюонов состоял из двух годоскопических плоскостей и двух слоев железа, толщиной около 900 г/см² каждый, внутри которых поглощались сильно взаимодействующие частицы.

При запуске спектрометра вместе с информацией о координатах искр данного события и величинах амплитуд детектора электронов в ЭВМ вводилась информация о том, сработал или не сработал каждый из 40 счетчиков системы запуска и мюонного детектора.

Блок-схема электроники, организующей запуск и вывод информации со счетчиков ^{2,3}, приведена на рис. 16.

Спектрометр работал в нейтральном пучке интенсивностью около $5 \cdot 10^6$ нейтронов и $8 \cdot 10^4$ каонов в цикле. Длительность сброса интенсивности на мишень в разное время изменялась от 0,4 до 1,2 сек. Для мониторинга частиц в пучке использовались два монитора М1-М3 и М N1 - М N3, каждый из которых имел по три счетчика. Таким образом, в состав спектрометра входило 53 сцинтилляционных счетчика. Ниже описана методика их настройки в условиях работы с пучком нейтральных частиц и контроль за работой счетчиков в ходе экспериментов.

2. Геометрия и конструкция счетчиков

Во всех счетчиках были использованы сцинтилляторы из полистирола с добавлением 2% *p*-терфенила и 0,02% *POPOP* /длительность свечения 2-3 нсек, коэффициент ослабления света 0,034 см⁻¹ /4/, и фотоумножители ФЭУ-30. Размеры и *z*-координаты счетчиков приведены в табл. I.

Свет, образованный в сцинтилляторах, собирался и передавался на фотокатод ФЭУ с помощью световодов из оргстекла. В счетчиках со сцинтилляторами толщиной $\geq 7,5$ мм, а также в счетчиках плоскости Ф1, имевших поперечные размеры сцинтилляторов, сравнимые с диаметром фотокатода, были использованы сплошные световоды типа усеченной пирамиды. В счетчиках плоскостей ФII, ГI и ГII для повышения однородности светосбора применены секционные гнутые световоды, выполненные из плексигласовых пластин. На торцевой стороне каждого сцинтиллятора, противоположной световоду, установлен импульсный источник света из фосфида галлия, позволявший осуществлять быструю проверку работоспособности счетчика. Оптический контакт световод - фотокатод обеспечивался с помощью силиконовой смазки или специальных пластин, изготовленных из силиколонда.

Схема делителя напряжения динодов ФЭУ заимствована из работы /5/. Индивидуального подбора делителя для каждого ФЭУ не производилось. Питание осуществлялось источниками с нестабиль-

ностью $\pm 0,2\%$. Для улучшения загрузочных характеристик счетчика актисовпадений последние четыре динода его ФЭУ подпитывались от автономных источников.

Сигналы с анодов ФЭУ поступали на электронные схемы, вырабатывающие триггерный импульс, по кабелям РК-50-7-11 длиной от 20 до 40 м.

3. Определение режимов работы

Определение режимов работы счетчиков проводилось в условиях, максимально приближенных к рабочим по составу частиц и фоновым условиям. Для этого в пучок перед счетчиком актисовпадений ставилась мишень из углерода $\sim 20 \text{ г/см}^2$. Вторичные частицы, рожденные в неупругих нейтрон - ядро-взаимодействиях, попадали в счетчики и позволяли производить их настройку. Фоновые мюоны, постоянно имеющиеся в экспериментальном зале при работе ускорителя, также позволяли производить настройку счетчиков.

Определение режима работы заключалось в выборе величины напряжения питания ФЭУ, соответствующего рабочей точке на "плато" его счетной характеристики, и выравнивании сигналов со счетчиков по времени их прихода на электронные схемы /выравнивание по "задержкам"/.

Режим запускающих счетчиков определялся при отключенном магните спектрометра. Применялась следующая процедура. На входы смесителей /рис. 16/ подавались сигналы с одного из четырех счетчиков соответствующей полуплоскости. Выбирались счетчики, лежащие на прямой по одну сторону от оси спектрометра. При разных напряжениях ФЭУ снимались кривые задержанных совпадений на схемах ССЛ и ССП. По отсчетам в максимуме кривых строились счетные характеристики и выбиралась рабочая точка ФЭУ по напряжению на 200 - 300 в выше начала "плато".

Режим счетчиков плоскостей ΦI и ΦII определялся по кривым двойных совпадений. Счетчики плоскостей ΓI и ΓII подключались в тройные и четверные совпадения соответственно. Примеры кривых задержанных совпадений приведены на рис. 2, откуда видно, что все они имели трапецеидальную форму с плоской вершиной 15 нсек и шириной на полувысоте 20 нсек. Наличие "плато" в счетных характеристиках и плоской вершины в кривых задержанных совпадений указывает на то, что эффективность счетчиков близка к 100%.

Для счетчиков большой площади были исследованы характеристики четырех участков сцинтиллятора, удаленных на различные

расстояния от световода /рис. 2в/. Различие в уровне счета на каждом участке обусловлено неравномерным распределением частиц, проходивших через счетчик. Выход на "плато" всех счетных характеристик при одинаковых усилениях ФЭУ свидетельствует о том, что эффективность счетчика не зависит от места попадания частицы.

Режим счетчика А определялся по кривым задержанных совпадений и антисовпадений с полуплоскостями Φ /9-12/, Г /1-4/ и Г /9-12/. В первом случае /рис. 3а/ сигналы с формирователя счетчика А подавались на вход схемы совпадений ССЛ, во втором - на вход антисовпадений схемы ССТР. При подборе режима счетчика А его загрузка увеличивалась до $3 \cdot 10^6$ сек⁻¹ путем увеличения толщины мишени, установленной перед ним. Счетные характеристики, полученные при этой загрузке, приведены на рис. 3б. Падение счетной характеристики и уменьшение числа случайных совпадений при напряжениях выше 2,6 кв обусловлено просчетами формирователя счетчика из-за частотных и амплитудных перегрузок.

Кривые задержанных антисовпадений, приведенные на рис. 3в, получены с участием /кривая самоподавления - в,1/ и без участия /в,2/ сигнала счетчика А в совпадениях, регистрируемых схемой ССЛ. Неполное самоподавление счета вызвано случайными совпадениями в схеме ССЛ и относительно малой шириной кривой задержанных антисовпадений. При выключении из совпадений сигналов счетчика А доля неподавленного счета возрастает из-за наличия частиц, не проходящих через счетчик антисовпадений, а также из-за случайных совпадений в схеме ССЛ, составлявших 5%, и просчетов тракта антисовпадений вследствие мертвого времени формирователя.

Для устранения просчетов по каналу антисовпадений был использован метод прикрытия мертвого времени с помощью смесителей, удлинявших до 45 нсек сигналы, поступавшие на вход антисовпадений схемы ССТР /рис. 1б/.

Качество работы счетчика А в режиме антисовпадений было проверено по распределению зарегистрированных "вилкок" в зависимости от положения их вершины /рис. 3г/. Практическое отсутствие распадов, возникших в области до А - счетчика /0,3% от общего числа событий с выключенным антисовпадением/, указывает на то, что эффективность антисовпадений близка к 100%.

Процедура определения режима вето-счетчиков аналогична процедуре, примененной к счетчику А.

Рабочие напряжения и относительные "задержки" в трактах мю-счетчиков определялись с помощью фоновых мюонов на тех же схемах, которые предназначены для вывода информации мю-детектора в ЭВМ. Снимались кривые задержанных совпадений сигналов соответствующих счетчиков и строб-импульса, время прихода которого на схемы совпадений регулировалось. Строб-сигнал вырабатывался в схеме ССТР совпадениями трех полуплоскостей счетчиков, расположенных по ту же сторону от оси спектрометра, что и соответствующие мю-счетчики. На вход схемы ССТР в этом случае подавались сигналы только со схемы ССЛ, либо ССП. Режим больших мю-счетчиков /9-12/ определялся по двойным совпадениям /рис. 4а/. Затем эти счетчики включались в тройные совпадения для определения режима счетчиков мю /1-8/ /рис. 4б/.

Для проверки вывода информации о сработавших счетчиках в ЭВМ, а также для проверки выравнивания сигналов от всех счетчиков по времени прихода на соответствующие множители, были сняты с помощью ЭВМ кривые задержанных сигналов счетчиков и строб-импульса на схемах вывода годоскопической информации /рис. 5/. Измерения проводились в рабочих условиях с водородной мишенью / ~ 20 г/см² /, установленной в пучке /6/. Кривые задержанных совпадений снимались аналогично кривым мю-детектора. Строб-импульс вырабатывался по схеме рис. 1б без участия анти-и veto-счетчиков. Центры полученных кривых, а также соответствующих кривых для мю-счетчиков, совпадали друг с другом с точностью ± 2 нсек.

При выбранных режимах работы счетчиков были измерены амплитуды импульсов, поступающих с анода ФЭУ. Измерялись сигналы от частиц, прошедших четыре плоскости запускающих счетчиков. Величины их амплитуд лежали в диапазоне 50-250 мв, время нарастания сигнала - 5-7 нсек, длительность на половине высоты - 15-20 нсек.

Импульсы от световых диодов, использованных для контроля счетчиков, имели следующие характеристики: амплитуда 100-500 мв, время нарастания 10 нсек, длительность на половине высоты сигнала - 25 нсек.

4. Загрузка счетчиков и ее влияние на эффективность установки

Оценка загрузки счетчиков в рабочих условиях с водородной мишенью в пучке проводилась посредством прямых измерений,

а также по уровню счета случайных совпадений. Результаты измерений приведены в таблице 2.

Относительно большой счет ΦI и ΓI объясняется прохождением через часть счетчиков в этих плоскостях пучка нейтральных частиц. Повышенный уровень загрузки ΓII связан с взаимодействиями падающего пучка в веществе рамок последних искровых камер. Внутри каждой из плоскостей загрузка счетчиков неравномерна. Степень неравномерности можно видеть по кривым задержанных совпадений на рис. 5.

Большая загрузка счетчиков, в принципе, влияет на эффективность выработки триггерного сигнала, приводя к некоторой потере полезных событий. В нашем случае основные потери связаны с загрузкой счетчика антисовпадений, который может вырабатывать ложный сигнал запрета, случайно совпадающий с полезным распадом. Оценка возможной доли просчетов по этой причине при указанных выше загрузках и длительности сигнала антисовпадений дает величину $\leq 10\%$. Другая возможная причина потери полезных событий - просчеты триггерной электроники из-за мертвого времени схем совпадений. Однако большая доля этих потерь, вызванная направленным из мишени потоком частиц, уже включена в указанную выше величину, поскольку весь этот поток проходит через антисчетчик, сигнал которого перекрывает по длительности мертвое время входных элементов схем совпадения ^{1/3}. Просчеты триггерной электроники, связанные с остальной загрузкой, малы.

5. Контроль работы счетчиков в ходе эксперимента

Эксперименты по регенерации нейтральных каонов проводились сеансами, длительность которых доходила до 10-15 суток. В течение этого времени каждый из входивших в установку счетчиков должен был работать стабильно, чтобы не вносить в экспериментальные результаты систематических ошибок. Поэтому в ходе эксперимента проводился постоянный контроль работы каждого счетчика или групп счетчиков на основе поступающей в ЭВМ информации.

Наиболее простой и удобный контроль осуществлялся посредством выдачи на печать в виде гистограммы относительной частоты срабатывания каждого счетчика за определенное число событий /рис. 6/. При этом в ЭВМ заранее вводились ожидаемые на основании предыдущего опыта средние значения соответствующих величин. ЭВМ по заданному числу событий производила

сравнение двух величин и, в случае отклонения от заданных пределов, выдавала на печать средние значения с указанием места, где произошел сбой. При отсутствии отклонений средние значения числа срабатываний каждого счетчика выдавались на печать в конце данного измерения, длившегося обычно 1-2 часа. Стабильность средних значений числа срабатываний счетчиков в течение сеанса иллюстрирует рис. 7. Поскольку гистограммы на рис. 6 в той или иной степени отражают профиль частиц на соответствующей плоскости, небольшие отклонения средних значений от заданных величин свидетельствовали об изменении режима сброса на мишень или фоновых условий в зале ускорителя. Сильные отклонения обычно были связаны с выходом из строя аппаратуры /счетчиков, магнита, мишени/ и поэтому служили сигналом для поиска и устранения неисправности.

Кроме контроля за работой индивидуальных счетчиков, ЭВМ выдавала /7/ также по требованию экспериментатора информацию о распределении по числу сработавших счетчиков в каждой плоскости за определенное число запусков.

В заключение авторы считают своим приятным долгом поблагодарить И.Н.Какурина, А.Н.Морозова, В.В.Степанову, Л.И.Степиньску и Н.И.Чернышева за помощь в изготовлении и наладке счетчиков.

Литература

1. С.Г.Басиладзе, Т.В.Беспалова, В.К.Бирулев и др. ОИЯИ, Р1-5361, Дубна, 1970.
2. В.К.Бирулев, А.С.Вовенко, Б.Н.Гуськов и др. ОИЯИ, Б2-13-4550, Дубна, 1969.
3. С.Г.Басиладзе, В.К.Бирулев, А.С.Вовенко и др. ОИЯИ, 1-5910, Дубна, 1971.
4. М.Н.Медведев, Е.Н.Матвеева, Л.Я.Жильцова. ПТЭ, 1957, №1, 55.
5. В.Г.Горбенко, В.Г.Лапшин, В.И.Рыкалин и др. ОИЯИ, 13-3095, Дубна, 1967.
6. Л.Б.Голованов, В.Л.Мазарский, А.П.Цвинева. ПТЭ, 1971, №5.
7. И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко и др. ОИЯИ, Б1-10-5502, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 октября 1972 года.

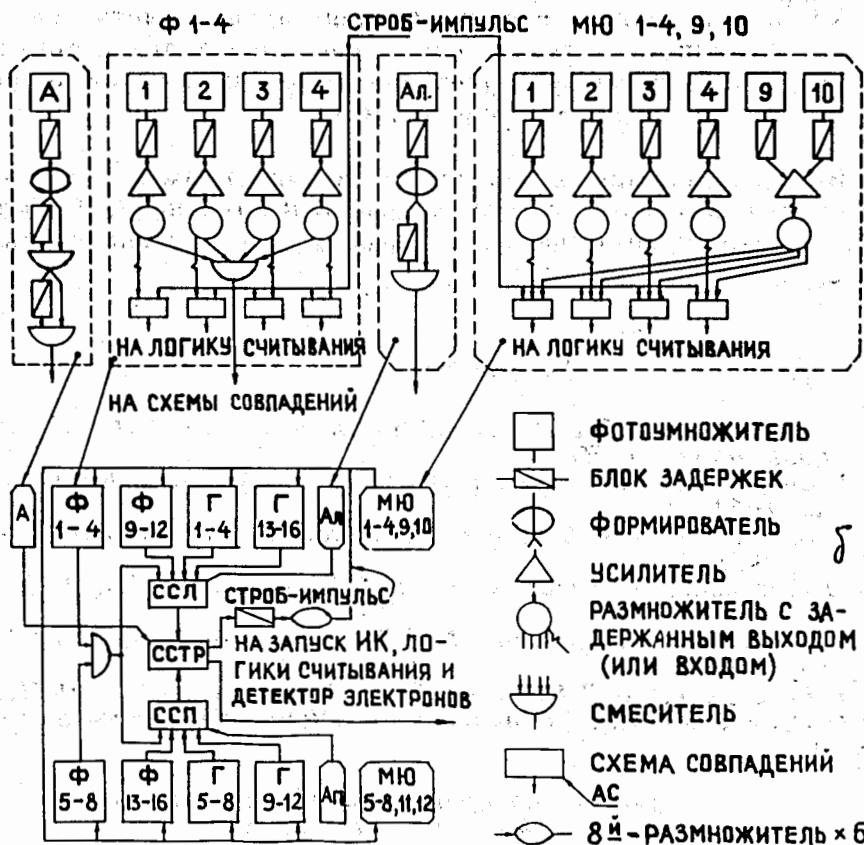
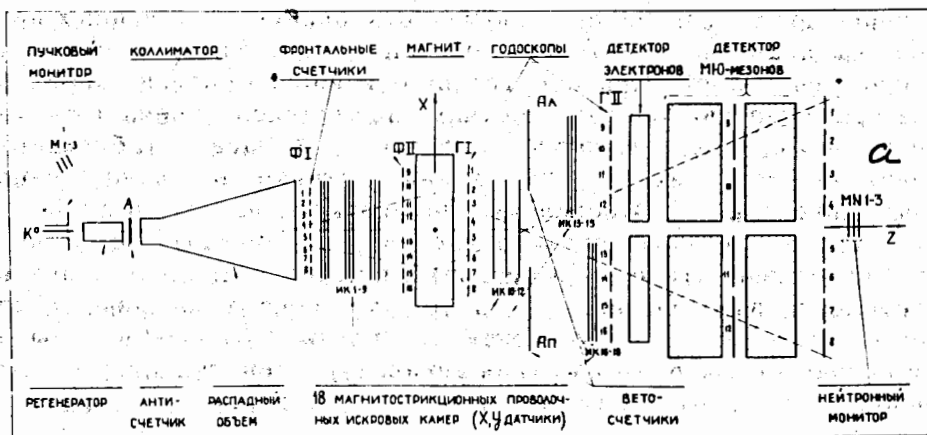


Рис. 1. Магнитный спектрометр а/ блок-схема его электронной логики.

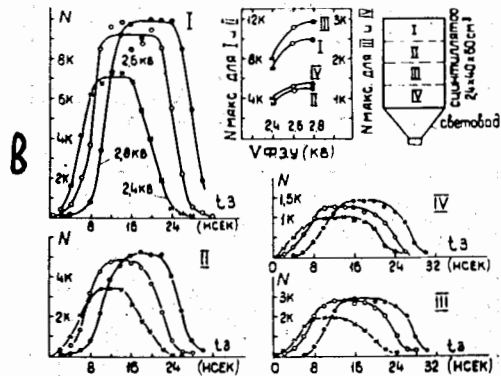
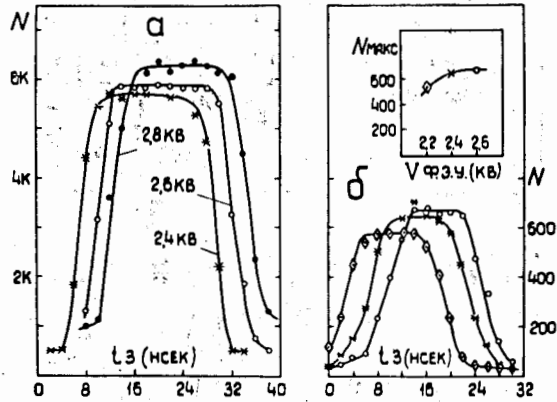


Рис. 2. Примеры кривых задержанных совпадений и счетных характеристик отдельных счетчиков, полученные: а/ в двойных совпадениях, б/ в четверных совпадениях; в/ для больших сцинтилляторов.

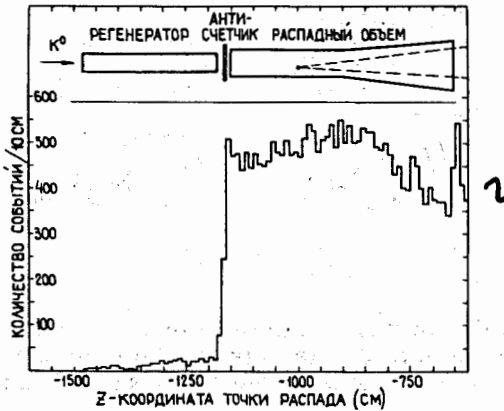
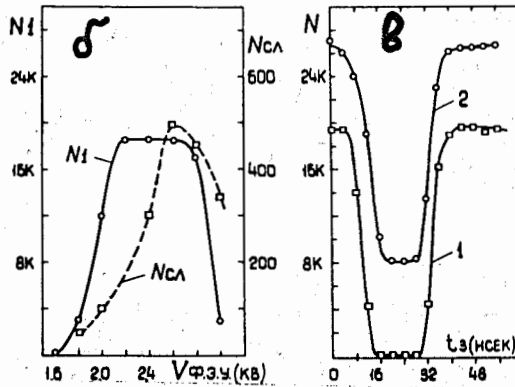
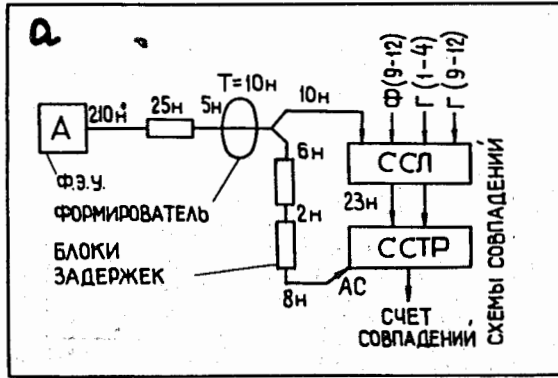


Рис. 3. Блок-схема для определения режима счетчика антисовпадений /а/ и кривые, иллюстрирующие его работу: б/ - счетная характеристика / $N1$ / и число случайных совпадений / $N_{сл}$ /; в/ - кривые задержанных антисовпадений; г/распределение зарегистрированных событий по z -координате точки распада.

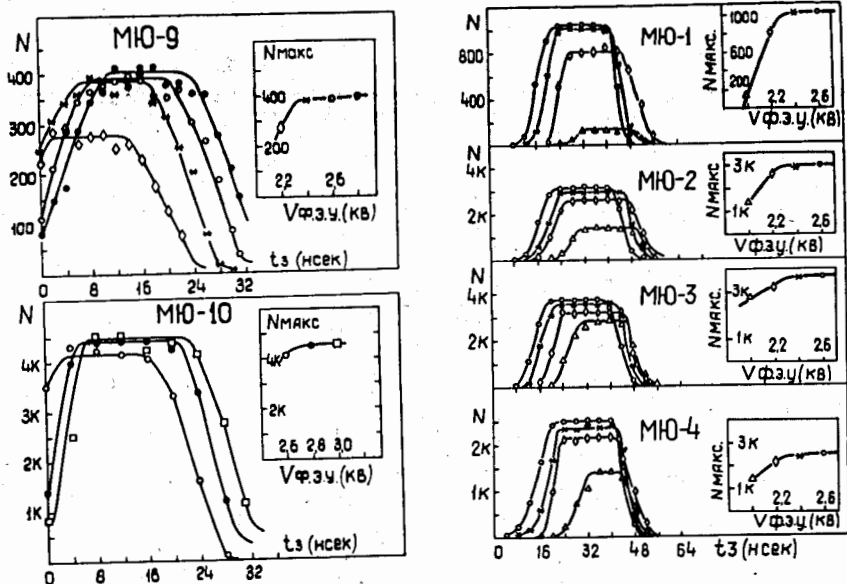


Рис. 4. Кривые задержанных совпадений и счетные характеристики для одной половины мюонного детектора.

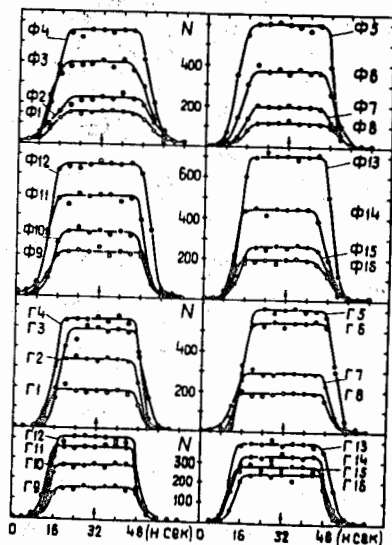


Рис. 5. Кривые задержанных совпадений, полученные на схемах вывода годоскопической информации в ЭВМ. Монитор для каждой точки равен 1000.

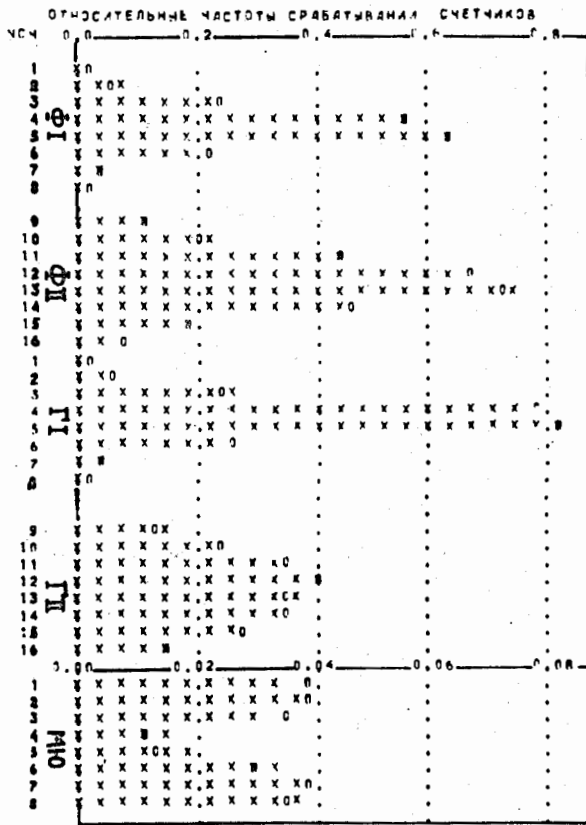


Рис. 6. Распределение относительных частот срабатывания счетчиков. Нулями обозначены значения соответствующих величин, введенные в ЭВМ для сравнения.

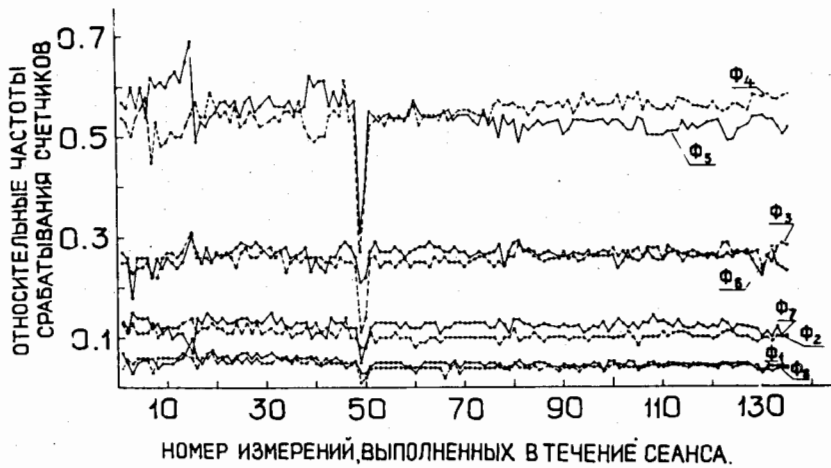


Рис. 7. Пример стабильности работы счетчиков в течение сеанса.

Таблица I

Z - координата и размеры счётчиков

Счётчики	Толщина (мм)	Горизонтальный размер (мм)	Вертикальный размер (мм)	Z - координата (см)
ФI+Ф8	4,5	70	325	-600
Ф9+ФI2	4,5	I20	250	-I80
ГI+Г8	4,5	I20	250	I90
Г9+ГI2	7,5	I49	4I8	846
МDI+МD8	20	200	640	I470
МD9+МDI2	24	400	600	I3I0
А	I0	250	250	-II6K(-I497)
Вето	24	I80	580	400
МNI+MN3	I0	φ I20	-	I505+I545
MI+M3	I0	60	I20	-(2570+2650)

Таблица 2

Поток частиц через счётчики спектрометра ($\times 10^6$ /сек)

А - счётчик	Плоскости счётчиков				
	ФI	ФП	ГI	ГП	МD(I-8)
I,5	2	I	I,6	2	I