

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



13 - 8829

A-154

3014/4-75

В.Г.Аблеев, В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе,
Г.Г.Воробьев, А.Н.Кузнецов, В.Н.Кузнецов,
А.А.Номофилов, В.Д.Пешехонов, Н.М.Пискунов,
И.М.Ситник, Е.А.Строковский, Л.Н.Струнов,
Г.М.Сусова, А.С.Чвыров, В.И.Шаров

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
С РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОНИКОЙ,
ПЕРЕДАННОЙ В ПРОИЗВОДСТВО ФИРМЕ
“POLON”

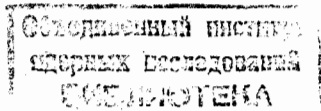
1975

В.Г.Аблеев, В.А.Арефьев, С.Г.Басиладзе,
Г.Г.Воробьев, А.Н.Кузнецов,* В.Н.Кузнецов,
А.А.Номофилов, В.Д.Пешехонов, Н.М.Пискунов,
И.М.Ситник, Е.А.Строковский, Л.Н.Струнов,
Г.М.Сусова, А.С.Чвыров, В.И.Шаров

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ КАМЕР
С РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОНИКОЙ,
ПЕРЕДАННОЙ В ПРОИЗВОДСТВО ФИРМЕ
“POLON”

Направлено на Международное совещание
по методике проволочных камер. Дубна, 1975.

* Иркутский государственный университет.



ВВЕДЕНИЕ

В состав спектрометра, на котором ведется совместный эксперимент ЛИЯФ - ИФВЭ - ОИЯИ по исследованию кулон-ядерной интерференции в упругом π р-рассеянии ^{/1/}, входят пропорциональные камеры /ПК/, необходимые для определения угла рассеяния и импульса рассеянных частиц.

В экспериментах такого типа необходимо иметь системы регистрации координатной информации, содержащие несколько тысяч каналов. Существовавшие разработки ^{/2/} рассчитаны на системы в несколько сот каналов. Поэтому в ОННР ЛВЭ была разработана новая электроника регистрации, выполненная в стандарте КАМАК. В ней использована специализированная микросхема "усилитель-формирователь" ^{/3/}. Передача данных от ПК осуществляется по телефонному кабелю.

В работе описана эта электроника, приведена методика исследования характеристик ПК с применением наносекундных модулей КАМАК, управляемых от ЭВМ, представлены результаты исследований.

1. ОПИСАНИЕ АППАРАТУРЫ.

1а. РЕГИСТРИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Электроника регистрации сигналов с ПК разделена на две части: шестиканальный усилитель-формирователь типа БУФ2-912 ^{/4/}, размещенный непосредственно на ПК /размер платы 100x120 мм²/ и 32-канальный годоскопический блок регистрации "задержка + память" типа Г2-922, выполненный в стандарте КАМАК. С выходов усилителей сигналы, сформированные в ТТЛ-уровнях, передаются на блок регистрации с помощью телефонного кабеля, длиной до 100 м, имеющего 50 ± 100 скрученных пар. /В работе использовался кабель ТПП-100 - 2x0,5 и ТПП - 50 - 2x0,5/.

Блок БУФ-912. Принципиальная схема блока 912 приведена на рис. 1. Усилитель выполнен на основе специализированной интегральной схемы "усилитель-формирователь" типа К243АГ1^{3/3}, разработанной ОНПР ЛВЭ совместно с ИЯФ СОАН. Используется включение усилителя с формированием ТТЛ-сигналов на выходе. Каждый усилитель имеет логический и /если это необходимо в эксперименте/ линейный выходы. Логический выход нагружен на скрученную пару, линейный - на коаксиальный кабель. Сигналы с линейного выхода регистрируются шестиканальным заряд-цифровым преобразователем^{5/}.

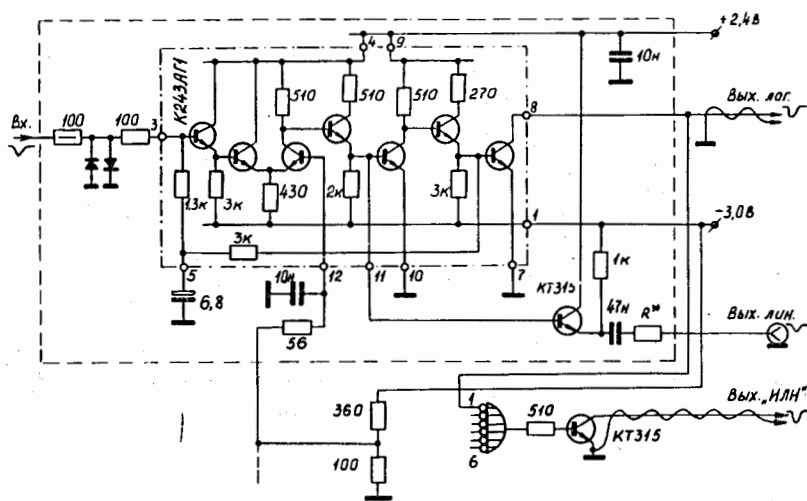


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя-формирователя БУФ-912; показан усилитель для одного из каналов /обведен штриховкой/.

Имеется также общий выход "Быстрое ИЛИ" - с открытым коллектором /КТ315/, что позволяет производить последующее суммирование методом "проводного ИЛИ" для получения логической суммы сигналов от всех провололочек ПК. Если полезными событиями в ПК считаются только срабатывания одной проволоочки во всей ПК, то можно в 3 - 4 раза сократить число

блоков регистрации за счет следующего включения усилителей: одноименные выходы с нескольких плат объединяются /по "проводному ИЛИ"/ и подключаются к общей скрученной паре. По другим парам передаются сигналы "ИЛИ" от каждой платы. В этом случае сигнал с выхода "Быстрое ИЛИ" указывает номер сработавшей платы, а сигнал с выходов усилителей - номер сработавшего канала на плате.

Краткие характеристики схем: входное сопротивление усилителей - 1,3 кОм; номинальный порог срабатывания - 1 мВ; устойчивость канала к наводкам от перегрузки соседних - не ниже 150; динамический диапазон по линейному входу - не ниже 60; потребляемая мощность на канал - 60 мВт. Остальные характеристики усилителей приведены в работе^{1/3/}.

Блок регистрации. На рис. 2 приведена блок-схема

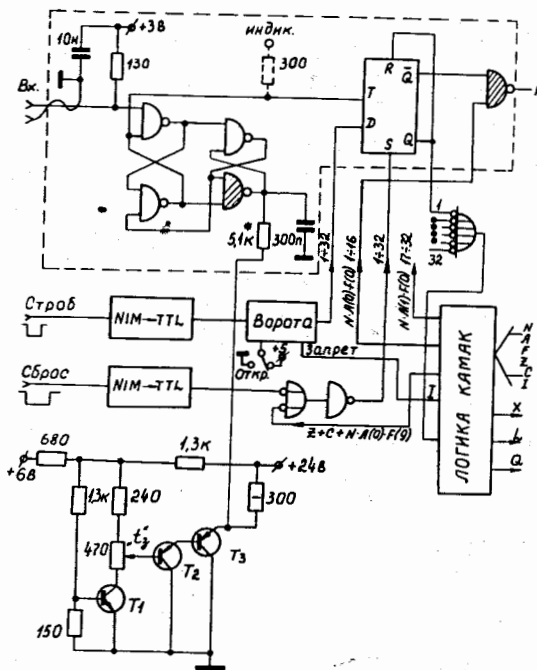


Рис. 2. Блок-схема модуля Г2-922; штриховкой обведена схема одного из каналов.

модуля Г2-922^{/6/}. Каждый канал блока содержит одно-вibrator с потенциальным входом на четырех ТТЛ-элементах И-НЕ, стробируемый D-триггер памяти и элемент чтения* с выходом на R-шину магистрали КАМАК. Для существенного уменьшения влияния температуры и изменения напряжения питания $+6 В$ на время выдержки одновибраторов, используется специальная схема регулировки времени задержки в каналах /транзисторы T1÷T3/.

В блоке регистрации содержится 32 канала, они разбиты на 2 группы для организации чтения по двум суб-адресам. Сигнал запроса L - выдается в случае регистрации сигнала хотя бы в одном из каналов /"ИЛИ с памяти"/. Краткие характеристики блока: "пролезание" в кабеле на выходе скрученной пары** при срабатывании всех соседних каналов - не более 450 мВ; время задержки - 270 нс; регулируется многооборотным потенциометром в пределах ± 50 нс; температурный коэффициент задержки - не более 0,15%/1°C, дрейф задержки с изменением питания - 2%/1 В; минимальная длительность строб-импульса и внешнего сигнала сброса - 40 нс; потребляемая мощность на канал - 200 мВт. Блок выполнен в ячейке КАМАК единичной ширины, на передней панели имеются: два входных разъема для сигналов записи и сброса, один выходной - для индикации величины задержки в первом канале; тумблер включения ворот и потенциометр регулировки задержки /выведен под шлиц/. Функции КАМАК: F(0) - чтение по субадресам A(0) и A(1) - шины R1÷R16 ; F(9) - сброс; Z, C - начальный и общий сброс; I - запрет срабатывания ворот; X - ответ на F(0) и F(9) ; Q совпадает с X при L=1.

* На рис. 2 заштрихована микросхема с открытым коллектором.

** На входе блока регистрации.

16. КОНСТРУКЦИЯ КАМЕР

Однокоординатные пропорциональные камеры имеют типовую разборную конструкцию, обеспечивающую в случае необходимости доступ к сигнальной плоскости^{/7/}. Проволоки сигнальной плоскости длиной ~200 мм и диаметром 20 мкм /золоченый вольфрам/ расплаиваются с двух сторон на печатные электроды. Шаг намотки плоскости - 2 мм, натяжение проволочек - 50 г.

Проволочки высоковольтного электрода /бериллиевая бронза/ диаметром 100 мкм намотаны с шагом 1 мм параллельно большей стороне камеры с натяжением около 200 г. Расстояние между высоковольтными плоскостями 10,6 мм. Проволочки высоковольтной плоскости расплаиваются на печатный электрод, состоящий из 6 параллельных секций, подключенных к общей шине через высокоомные сопротивления. Одна из секций высоковольтного электрода используется для проверки работы усилителей с помощью тестовых импульсов.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения характеристик пропорциональных камер проводились на линии с ЭВМ БЭСМ-4 с помощью аппаратуры установки "Альфа". Связь с ЭВМ осуществлялась посредством устройства сопряжения, разработанного и изготовленного в ОНПР ЛВЭ и описанного в работе^{/8/}. Аппаратура позволяла автоматически снимать кривые задержанных совпадений с помощью модуля задержки, управляемого от ЭВМ^{/9/} /либо менять в соответствии с заданной программой ширину строба/ и одновременно накапливать информацию о временном распределении сигнала "ИЛИ" либо от отдельной проволочки ПК, используя модуль время-цифрового преобразователя^{/10/}. Работы выполнялись на стенде и на π -пучке синхрофазотрона.

В состав стендовой установки /функциональная схема показана на рис. 3/ входили: а/ пропорциональные камеры, б/ β -источник ($^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$), $E_{\text{max}} \approx 3,35 \text{ МэВ}$, с коллиматором из железа, в/ два тонких сцинтилляцион-

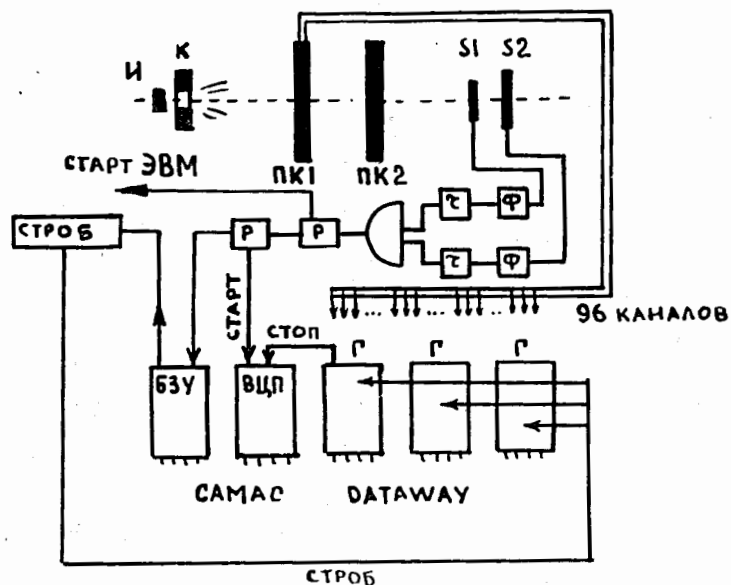


Рис. 3. Функциональная схема стендовой установки для исследования характеристик пропорциональной камеры.

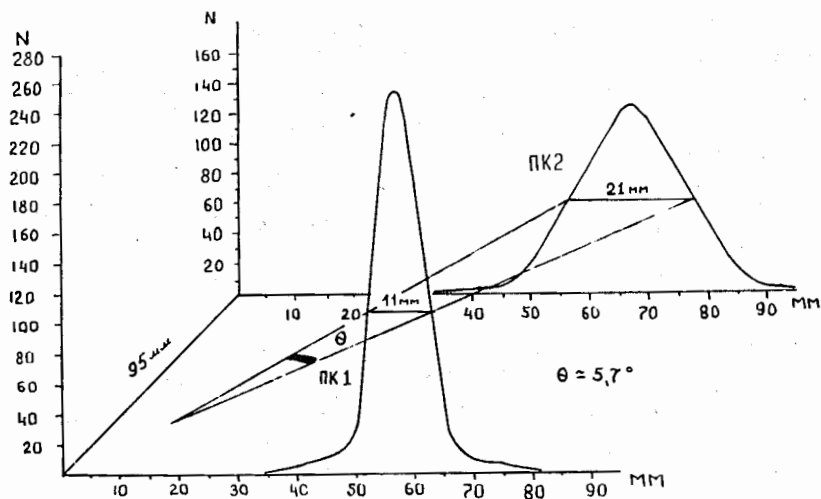


Рис. 4. Профили пучка от β -источника, полученные на стенде.

ных счетчика, включенных в совпадения, г/ блоки электроники, д/ газовый пульт для приготовления смеси $Ag + 25\% CO_2$. На рис. 4 показаны профили электронного пучка, полученные с помощью двух пропорциональных камер. Видно, что угловая расходимость пучка $\sigma \sim 2,8^\circ$.

При работе на пучке синхрофазотрона исследуемая ПК входила в установку, содержащую 5 пропорциональных камер. Упрощенная функциональная схема установки показана на рис. 5 /приведена часть аппаратуры, непосредственно необходимая для исследования рассматриваемых ПК и электроники к ним/. Интенсивность пучка варьировалась в пределах $1 \div 7 \times 10^4$ частиц/импульс, длительность импульса излучения была $\sim 300 \div 400$ мс. Угловая расходимость пучка была $\sigma \sim 0,35^\circ$.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Были получены зависимости эффективности ПК от времени задержки строба при разных напряжениях на ПК. Эффективность определялась как отношение числа срабатываний ПК в событиях, принятых ЭВМ, к общему числу принятых событий. Результаты показаны на рис. 6-8. Из качественных особенностей кривых можно отметить некоторое уширение плато кривой задержанных совпадений /к.з.с./ с ростом напряжения и сдвиг начала плато к.з.с. в сторону меньших задержек со скоростью ~ 10 нс/100 В, а также появление "плеча" в к.з.с. при напряжениях, близких к концу счетной характеристики. Эффективность в области "плеча" при 4,0 кВ составляет - 21%; в основном события здесь - однопроволочные. Шумы ПК составляли 50 Гц /160 каналов при напряжениях, отвечающих области плато счетной характеристики. Временные свойства используемой электроники таковы, что при ширине строба 40 нс еще не наступает потеря эффективности ПК /см. рис. 9/.

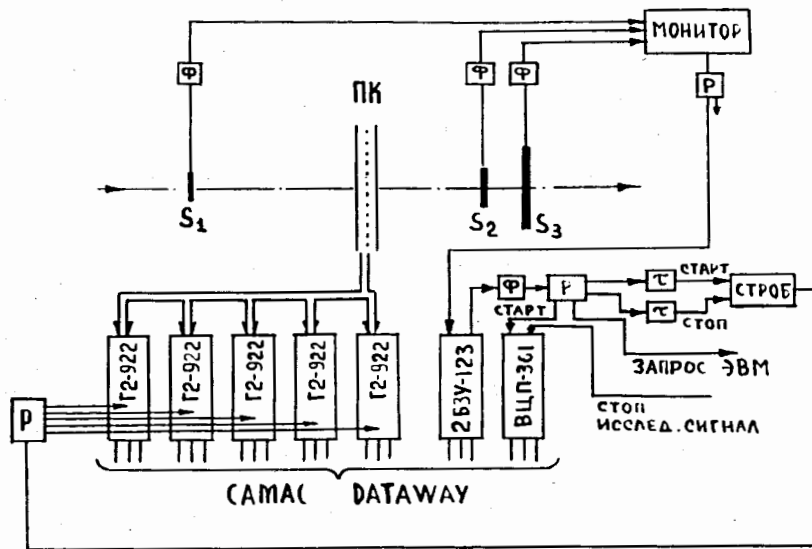


Рис. 5. Упрощенная функциональная схема установки.

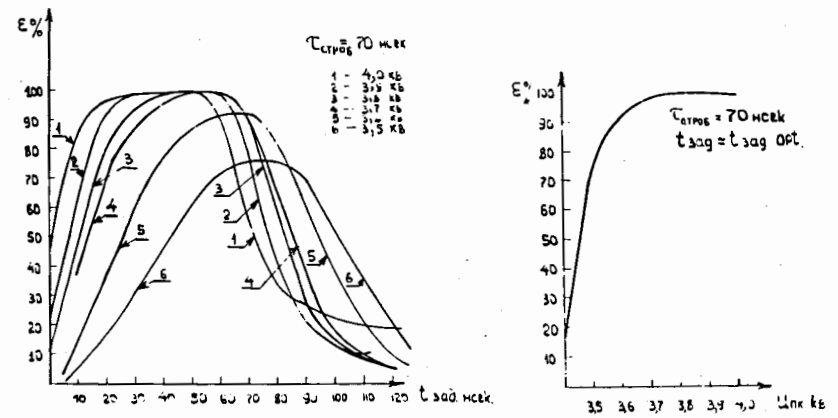


Рис. 7. а/, б/ - то же, что на рис. 6; кривые сняты на пучке π -мезонов.

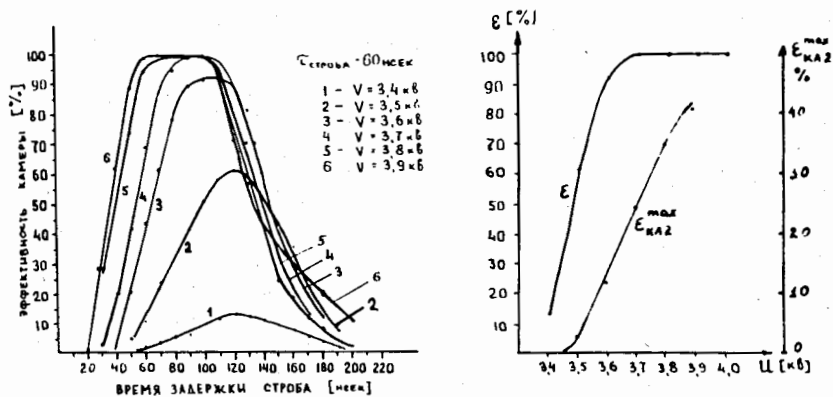


Рис. 6. а/ Зависимость эффективности пропорциональной камеры от времени задержки строба. б/ Счетная характеристика пропорциональной камеры /кривая ϵ / и зависимость максимального числа двойных "кластеров" от напряжения на камере /кривая $\epsilon_{\text{КЛ2}}^{\text{max}}$ /. Под "кластером" понимается одновременное срабатывание 2-х или более соседних проволочек/. Результаты получены на стенде.

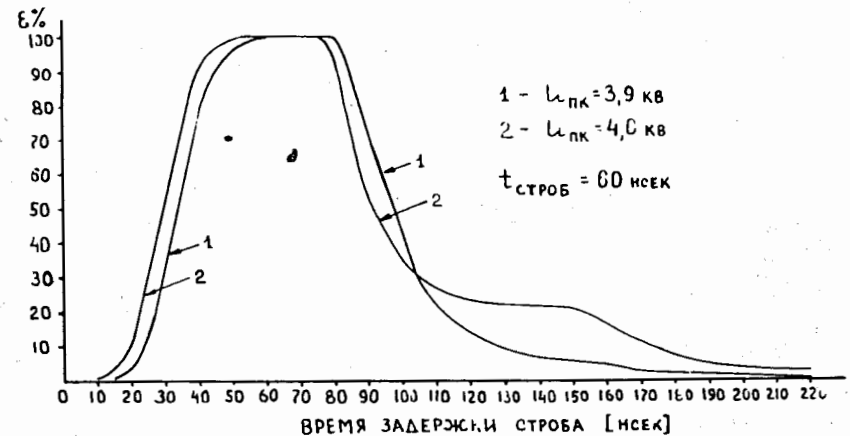


Рис. 8. Типичные кривые задержанных совпадений для пропорциональной камеры, полученные на π -пучке.

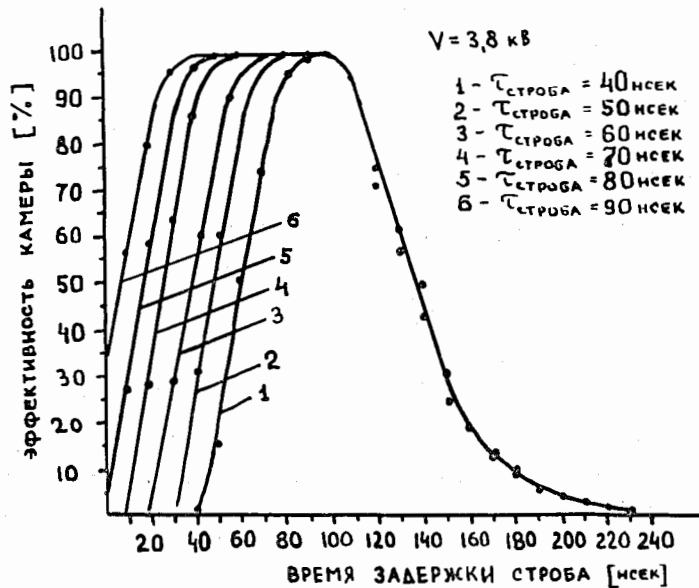


Рис. 9. Зависимость эффективности пропорциональной камеры /при фиксированном напряжении/ от времени задержки строба.

2. На рис. 10,11 представлены зависимости доли "кластерных" событий от времени задержки строба для разных напряжений на камере. Можно заметить, что максимум "кластерных" событий наступает позже конца плато к.з.с. /см. рис. 6,7/. Большая доля "кластерных" событий при работе на стенде связана с угловой расходимостью стендового пучка /см. рис. 4/.

3. Максимальная "однопроволочная" эффективность составляла 90% /см. рис. 12/.

4. Временные спектры сигналов с одной проволоочки /типичный спектр представлен на рис. 13б/ имеют "хвост" длительностью порядка 100 нс. "Хвост" возникает от электронов, рожденных на треке частицы далеко от сигнального электрода. Однако существенного вклада в

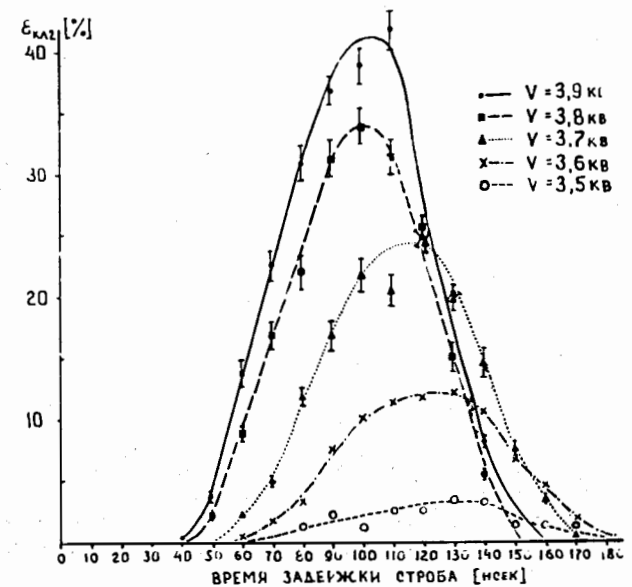


Рис. 10. Зависимости доли "кластерных" событий от времени задержки строба, полученные на стенде.

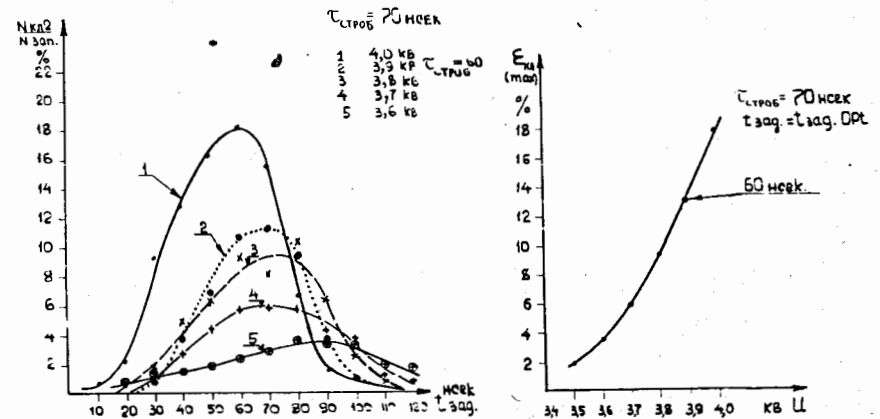


Рис. 11. а/ То же, что на рис. 10. Кривые сняты на пучке π -мезонов. б/ Зависимость максимального числа "кластерных" событий от напряжения на пропорциональной камере.

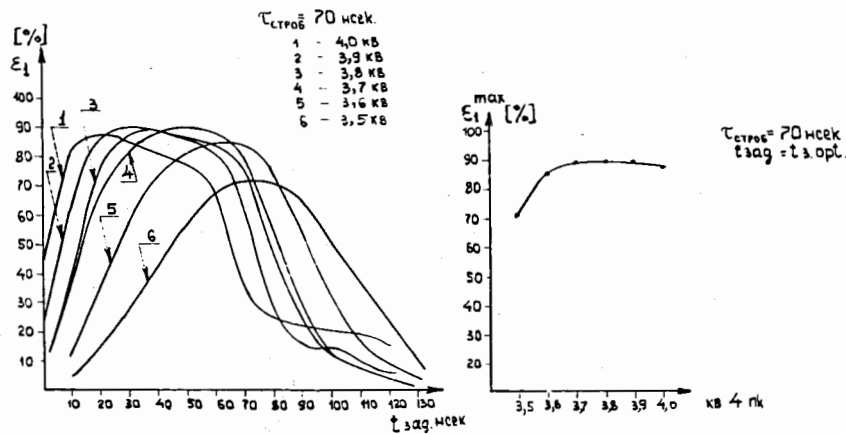


Рис. 12. а/ Зависимость числа однопроволочных срабатываний от времени задержки строба. б/ Зависимость максимального числа однопроволочных срабатываний (ϵ_1^{max}) от напряжения на пропорциональной камере. Кривые получены на π -пучке.

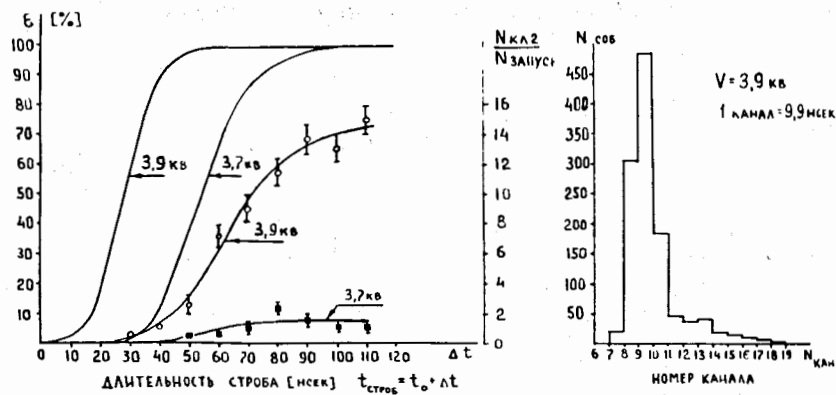


Рис. 13. а/ Зависимость эффективности и числа "кластеров" /нижние две кривые/ от ширины строба при фиксированной задержке. б/ Типичный временной спектр сигналов от отдельной проволоочки. Кривые получены на π -пучке.

эффективность ПК электроны "хвоста" не дают: основной вклад в эффективность вносят электроны, возникшие на расстоянии до $1 \div 2 \text{ мм}$ от сигнальной проволоочки. В пользу этого утверждения свидетельствует рис. 13а, на котором представлены зависимости эффективности и доли кластерных событий от длительности строба, когда задержка фиксирована и при $\tau_{\text{строб}} = \tau_{\text{нач}}$ выставляется с опережением относительно момента прохождения частицы через установку. Фактически на рис. 13 приводится интеграл от временного спектра типа изображенного на рис. 13б, в пределах от некоторого t_0 до $\tau_{\text{строб}} + t_0$, усредненный по всем проволоочкам камеры. Видно, что при увеличении длительности строба, начиная с некоторого τ_0 , эффективность ПК практически не меняется, но начинает заметно расти процент кластерных срабатываний. Показанные на рис. 13 результаты говорят о том, что природа кластерных событий связана в основном с причинами, приводящими к появлению "плеча" к.з.с. и "хвостов" временных спектров /напомним, что основная часть событий в "плече" к.з.с. - однопроволочные/. Из возможных причин /диффузия, δ -электроны и т.д./ наиболее вероятной представляется диффузия электронов, первоначально возникших вдоль трека прошедшей через ПК частицы. Это предположение позволяет понять указанные выше особенности кривых, представленных на рис. 6-13.

5. Временное разрешение ПК /т.е. временной интервал, в котором лежит 99% срабатываний ПК/, составляет 30 нс /рис. 14/ при напряжении, отвечающем плато счетной характеристики.

4. ЭФФЕКТИВНОСТИ КАМЕР И ИХ КООРДИНАТНЫЕ ТОЧНОСТИ

При работе установки на пучке была записана на магнитную ленту информация о треках частиц, идущих через установку. По этой информации были определены точности камер, а также их эффективности.

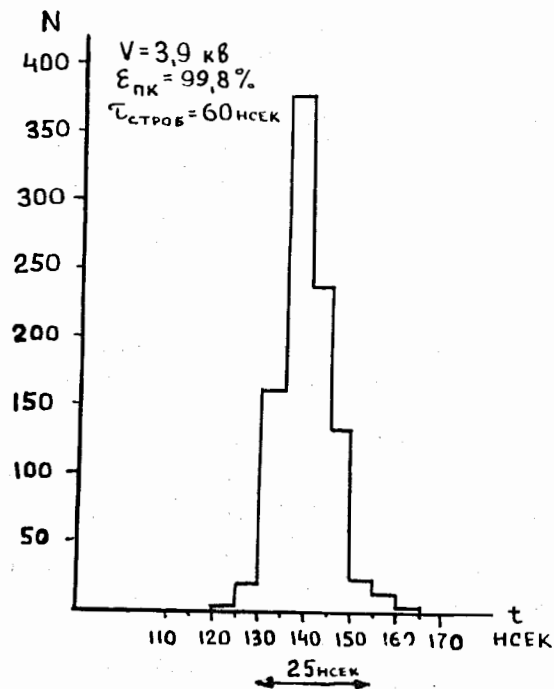


Рис. 14. Временной спектр сигналов "ИЛИ". Получен на стенде.

Эффективность i -й камеры оценивалась на множестве M треков, найденных без привлечения информации с испытуемой ПК, и определялась соотношением

$$\epsilon_i = \frac{N_i}{M}.$$

Здесь

$$N_i = \sum_{k=1}^M \delta_{ik},$$

где

$\delta_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{если в } i\text{-й камере есть точка в окрестности } d \text{ трека,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$

Подробно этот метод описан в работах /11-13/. Полученные результаты /при $d = 3 \text{ мм}$ - $\epsilon_i \geq 99\%$ / $i = 1, 2, \dots, J$; J - число камер в установке/.

Координатные точности камер определялись методами, описанными в работе /11/. Полученные оценки точностей $-\sigma \approx /0,54 \pm 0,56/ \text{ мм}$, - хорошо согласуются с предположением о равноточности камер, а также с известной оценкой $\sigma = s/\sqrt{12}$, где $s = 2 \text{ мм}$ - шаг намотки сигнального электрода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана и испытана электроника регистрации для пропорциональных камер. Указанную электронику отличают: компактность, простота реализации и удобство в эксплуатации, малый уровень потребления мощности при достаточном быстродействии.

Исследование работы ПК размерами $350 \times 200 \text{ мм}^2$ совместно с этой регистрирующей электроникой показало, что характеристики ПК соответствуют известным по литературе /14/ и определяются только свойствами ПК.

Отработана методика автоматизированного съема характеристик ПК с помощью программно-управляемых модулей КАМАК и созданы соответствующие программы для ЭВМ.

В настоящее время блоки 6УФ2-912 и Г2-922 переданы для производства фирме POLON /ПНР/, что позволит за короткое время на порядок увеличить число каналов регистрации ПК в Лаборатории.

Авторы выражают свою благодарность Э.Н.Бобкову, М.В.Минаевой, В.А.Бурову, П.Е.Колесову, В.И.Какуриной, В.Н.Молчанову, А.И.Хайлову, З.П.Мотиной, Р.Н.Каплиной за помощь при подготовке и проведении измерений; И.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко, А.Е.Сеннеру /ЛВТА ОИЯИ/, Ю.В.Заневскому, М.Н.Михайловой, Д.В.Уральскому и Р.А.Астабатиану - за помощь в работе и полезные обсуждения, а также операторам БЭСМ-4, участвовавшим в сеансах связи с ЭВМ во время измерений.

Литература

1. Г.Г.Воробьев и др. Депонированное сообщение ОИЯИ, Б1-1-5489, Дубна, 1970.
2. Ю.В.Заневский и др. ОИЯИ, 13-7218, Дубна, 1973.
3. С.Е.Бару, С.Г.Басиладзе и др. Препринт ИЯФ 74-81, Новосибирск, 1974.
4. С.Г.Басиладзе, И.Ф.Колпаков, Е.Хмелевски. ОИЯИ, 10-8372, Дубна, 1974.
5. С.Г.Басиладзе, П.К.Маньяков. ОИЯИ, 13-8548, Дубна, 1974.
6. С.Е.Бару и др. "Пропорциональные камеры". Материалы рабочего совещания по методике пропорциональных камер. ОИЯИ, 13-7154, Дубна, 1973, стр. 129.
7. Р.А.Астабатьян и др. ОИЯИ, Р13-8188, Дубна, 1974.
8. Т.Коба и др. ОИЯИ, 10-8739, Дубна, 1975.
9. С.Г.Басиладзе, В.Тлачала. ОИЯИ, 13-7601, Дубна, 1973.
10. С.Г.Басиладзе, В.А.Смирнов, В.Тлачала. ОИЯИ, 13-7608, Дубна, 1973.
11. Н.Н.Говорун и др. ОИЯИ, 10-7303, Дубна, 1973.
12. Н.Н.Говорун и др. ОИЯИ, Р5-5397, Дубна, 1970.
13. В.В.Вишняков и др. ОИЯИ, 10-7966, Дубна, 1974.
14. R. Bouclier, G. Charpak et al. Nucl. Instr. and Meth., 88, 149 (1970)
Ж.Шарпак. УФН, 108, вып. 2, 339 /1972/.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 апреля 1975 года.