

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗЧЧ.Зжс

A-91

2510 / 2-77

У/2-77

13 - 10458

Р.Г.Аствацатуров, С.Г.Басиладзе, Л.С.Бойцова,
В.И.Иванов, Е.Кнапик, В.А.Крамаренко, А.И.Малахов,
П.А.Маньяков, Г.Л.Мелкумов, Б.М.Старченко,
С.Н.Пляшкевич, М.Н.Хачатурян

СИСТЕМА ЗАПУСКА 90-КАНАЛЬНОГО
ЧЕРЕНКОВСКОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА

1977

13 - 10458

Р.Г.Аствацатуров, С.Г.Басиладзе, Л.С.Бойцова,
В.И.Иванов, Е.Кнапик, В.А.Крамаренко, А.И.Малахов,
П.А.Маньяков, Г.Л.Мелкумов, Б.М.Старченко,
С.Н.Пляшкевич, М.Н.Хачатурян

СИСТЕМА ЗАПУСКА 90-КАНАЛЬНОГО
ЧЕРЕНКОВСКОГО МАСС-СПЕКТРОМЕТРА



Аствацатуров Р.Г. и др.

13 - 10458

Система запуска 90-канального черенковского масс-спектрометра

Описана система запуска многоканального черенковского масс-спектрометра, включающая 28 сцинтилляционных счетчиков, 90 спектрметрических детекторов и схему электронной логики отбора событий. Система запуска вырабатывает "триггерный" сигнал, осуществляющий запуск регистрирующей аппаратуры, работающей на линии с ЭВМ. Характеристики системы: разрешающее время - 180 нс, мертвое время - 10 мс, задержка "триггерного" сигнала - 490 нс.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

ВВЕДЕНИЕ

В статье дается описание системы запуска 90-канального γ -спектрометра и 32 магнитоотрижательных искровых камер /1,2/. Указанная аппаратура /рис. 1/ предназначена для регистрации фотонов и электронов, образующихся при взаимодействии частиц высоких энергий /3,4/, и работает на линии с ЭВМ типа HP2116-B.

Система вырабатывает "триггерный" сигнал, который осуществляет запуск регистрирующей аппаратуры при выполнении следующих требований:

1/ наличие совпадения электрических сигналов по времени при прохождении частиц через детекторы S1, S2, S3, A1, A2, SA, SB, CA, CB;

2/ энерговыделение частиц в каждом плече черенковского спектрометра и их суммарное энерговыделение превышает заданные энергетические пороги.

Система запуска включает в себя сцинтилляционные и черенковские детекторы /табл. 1/ и схему электронной логики отбора событий.

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

Пучковые сцинтилляционные счетчики S1, S2, S3 предназначены для мониторинга потока заряженных частиц. Размер сцинтилляторов /табл. 1/ определяется

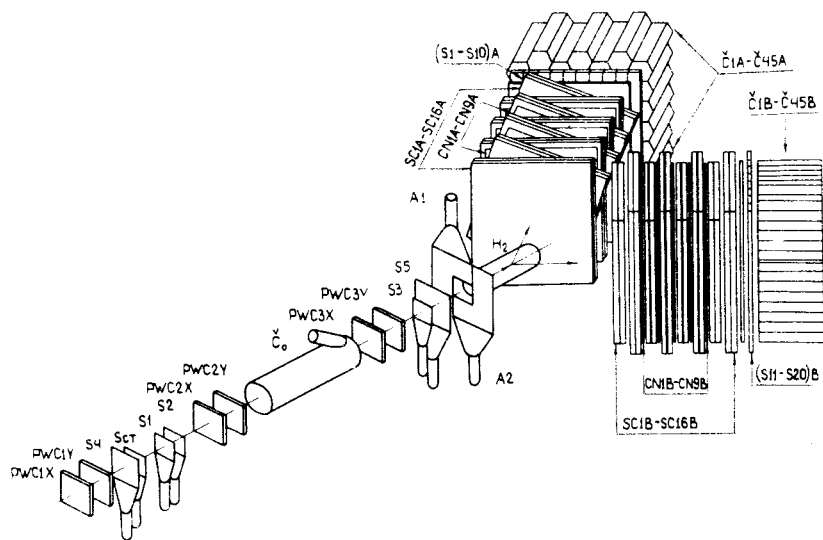


Рис. 1

Таблица 1

Обознач. детекторов	К-во фэу	Тип фэу	Размеры радиаторов.
S1, S2, S3, S6	4	56 DVP	50 × 50 × 5 мм ³ (для S6 - 40 × 40 × 5)
A1, A2	2	ФЭУ-30	500 × 500 × 5 мм ³ (отверстия 50 × 50)
S4, S5	2	ФЭУ-30	150 × 150 × 5 мм ³
Č0	1	ФЭУ-36	ℓ = 1500, d = 150
(S1-S10)A (S11-S20)B	40	ФЭУ-30	1000 × 100 × 20 мм ³
(Č1-Č45)A (Č46-Č90)B	90	ФЭУ-49	ℓ = 350 мм φ 175 мм

поперечными размерами пучка. В счетчиках использованы фотоумножители типа 56 DVP. Напряжение на динодах ФЭУ подбиралось индивидуально по максимальному коэффициенту усиления, рабочий ток делителя - 2 мА.

Режим работы счетчиков выбирался на плато счетных характеристик, полученных на пучке π⁻-мезонов при интенсивности 0,5 · 10⁶ част/с /рис. 2а/. При рабочих напряжениях уровень шумов ФЭУ на выходе формирователей /чувствительностью 100 мВ/ не превышает 300 Гц.

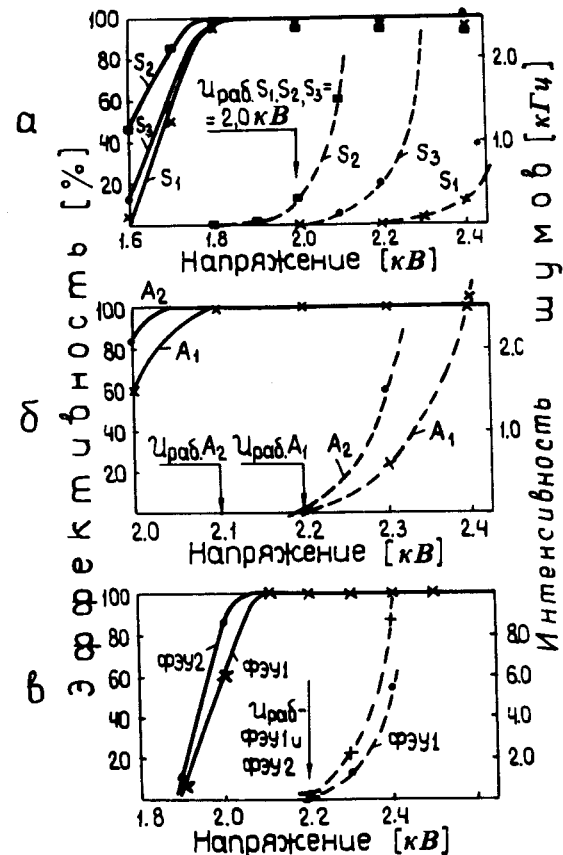
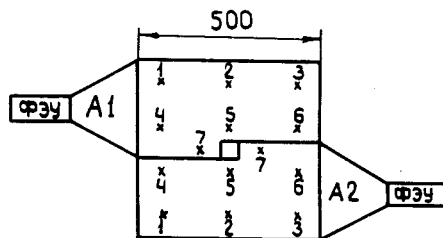


Рис. 2. Счетные и шумовые характеристики сцинтилляционных счетчиков: а/ пучковые счетчики S1, S2, S3; б/ антисовпадательные счетчики A1, A2; в/ годоскопический счетчик SIA.

Антисовпадательные счетчики $\bar{A}1$ и $\bar{A}2$ служат для исключения запусков установки от частиц ореола пучка, попадающих в нерабочую область мишени. Взаимное расположение счетчиков позволяет изменять размеры центрального отверстия в зависимости от поперечных размеров пучка и диаметра мишени. Площадь перекрытия ореола пучка составляет $0,5 \times 0,5 / \text{м}^2$. Выбранная конфигурация пластиков /рис. 3/ позволила улучшить условия светосбора и получить высокую эффективность счета по всей площади. Рабочие характеристики счетчиков представлены на рис. 2б.

Годоскопические сцинтилляционные счетчики SA и SB расположены между черенковским спектрометром и искровыми камерами и предназначены для повышения эффективности запуска установки. Они исключают γ -кванты, которые не дали взаимодействия в конверторе и треков в искровых камерах.

Каждый счетчик имеет размеры сцинтиллятора $100 \times 10 \times 2 \text{ см}^3$, который с двух сторон просматривается фотоумножителями типа ФЭУ-30. В счетчиках приме-



Номер точки	1	2	3	4	5	6	7
ϵ A1	99,8	99,5	99,7	99,8	99,8	99,7	99,7
% A2	99,5	99,6	99,5	99,4	99,7	99,7	99,7

Рис. 3. Эффективность антисовпадательных счетчиков $\bar{A}1$ и $\bar{A}2$ в разных точках сцинтиллятора.

нены концентрирующие световоды из оптического оргстекла длиной 25 см. Световод и сцинтиллятор покрыты комбинированным отражателем для улучшения однородности светосбора^{/5/}. Рабочий режим счетчиков подбирался предварительно на космических частицах; окончательная настройка производилась на пучке π^- -мезонов. Счетная характеристика одного из детекторов представлена на рис. 2в. На рис. 4 изображены гистограммы выбранных рабочих напряжений и уровня шумов /для 40 фотоумножителей/, а также эффективности счетчиков, полученные в центральной точке сцинтиллятора.

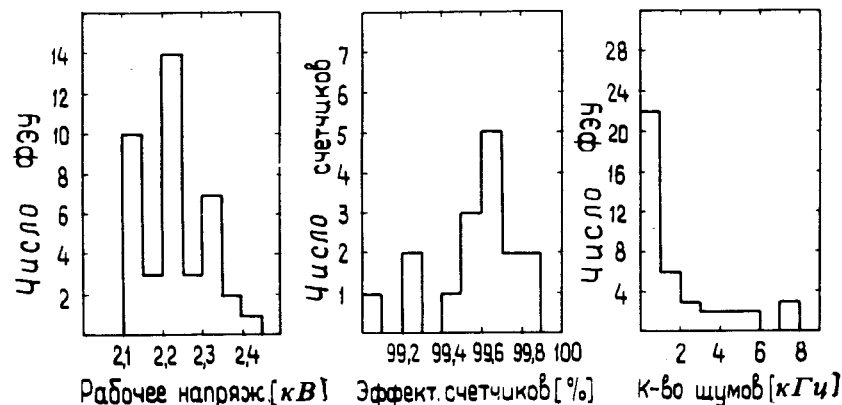


Рис. 4. Рабочие характеристики годоскопических счетчиков.

Среднее значение эффективности по двадцати счетчикам составляет 99,7%. Средний уровень шумов для 40 фотоумножителей не превышает 1 кГц /при чувствительности формирователя 100 мВ/. Конструктивно счетчики выполнены в виде независимых модулей, собранных в пакет по 10 штук в каждом плече. Внешний вид годоскопических счетчиков и их размещение на канале показаны на рис. 5.

Счетчик S6 /табл. 1/ используется для калибровки черенковских спектрометров на электронах, выделяемых пороговым черенковским счетчиком С0.

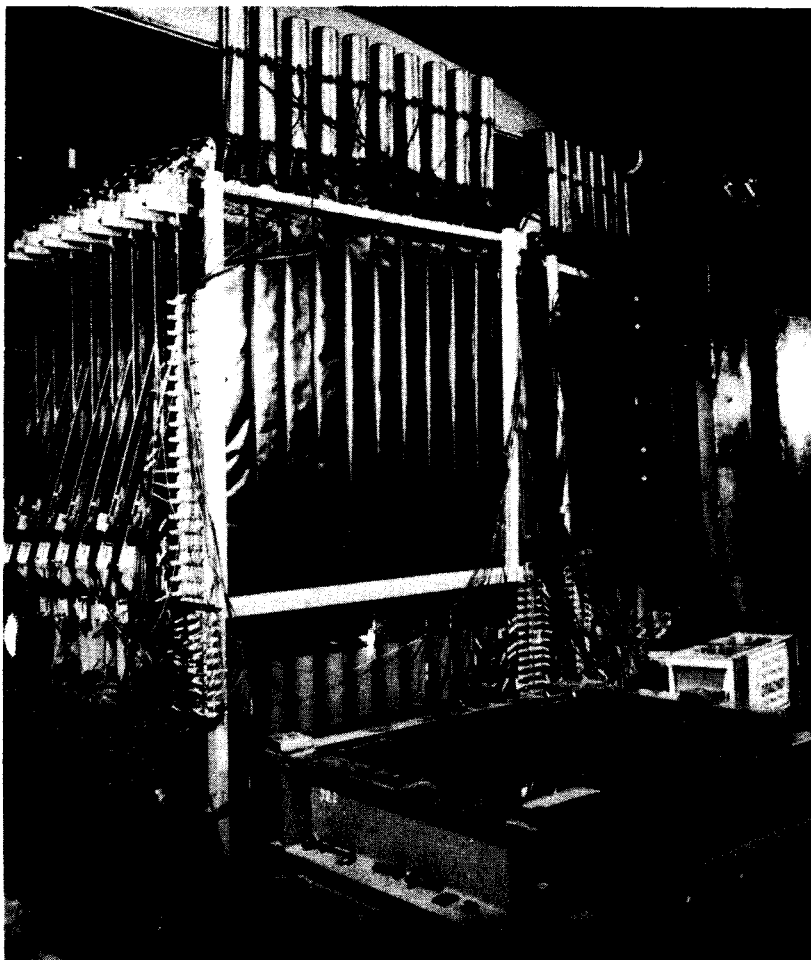


Рис. 5. Общий вид годоскопических счетчиков на установке.

Черенковские γ -спектрометры состоят из 90 идентичных модулей (С1 – С45)А и (С46 – С90)В и предназначены для измерения энергии γ -квантов и их координат /1/. Спектрометры группируются по 45 штук в каждом плече. Радиаторы спектрометра выполнены из свинцового стекла, использован фотоумножитель ФЭУ-49Б. Режим пита-

ния ФЭУ был выбран из условия оптимального амплитудного разрешения ФЭУ, линейности световой характеристики и долговременной стабильности /6/.

Питание всех фотоумножителей сцинтилляционных и черенковских детекторов осуществляется от одного высоковольтного источника через 50-канальные пассивные разветвители. Источник высоковольтного питания имеет следующие параметры: $J_{НОМ} = 0,4 \text{ А}$, $U_{ВЫХ} = 3,0 \text{ кВ}$, стабильность $U_{ВЫХ}$ - не хуже 0,05% /7/.

ЭЛЕКТРОНИКА СИСТЕМЫ ЗАПУСКА

Электроника системы запуска состоит из стандартных блоков /рис. 6/, разработанных в ЛВЭ ОИЯИ /8/. Электрические сигналы сцинтилляционных счетчиков поступают на формирователи типа 2Ф100 по в.ч. кабелям РК-50-3-13 длиной 16 м. Чувствительность формирователей выбрана 100 мВ, длительность выходных сигналов - 5 нс для формирователей, обслуживающих счетчики S1 ÷ S6, A1, A2 и C0, а для формирователей годоскопических счетчиков SA и SB - 20 нс из-за отсутствия компенсации временного разброса сигналов на длине l - 100 см в сцинтилляторе.

Сигналы с формирователей мониторинжных счетчиков S1, S2 и S3 поступают на схему совпадений 4СС1. На вход антисовпадений этой схемы через блок ИЛИ /С№1/ поступают сигналы от счетчиков A1 и A2 и сигнал блокировки, исключающий просчеты из-за мертвого времени пересчетных схем, длительностью $t = 50 \text{ нс}$. Разрешающее время схемы 4СС1 - 5,5 нс /рис. 7/, уровень случайных совпадений не превышает 0,5%. Отношение счета схем совпадений 4СС2 и 4СС1 характеризует эффективность антисовпадений и в рабочих условиях составляет 98% /здесь и далее следует иметь в виду, что все рабочие характеристики электроники получены на ускорителе при интенсивности вторичного пучка $0,5 \cdot 10^6 \text{ част/с}$.

Схема 4СС-4 выделяет совпадающие по времени сигналы мониторинжных счетчиков с сигналами двух плеч сцинтилляционного годоскопа. Сигналы с выходов ФЭУ каждого годоскопического счетчика подаются на схему

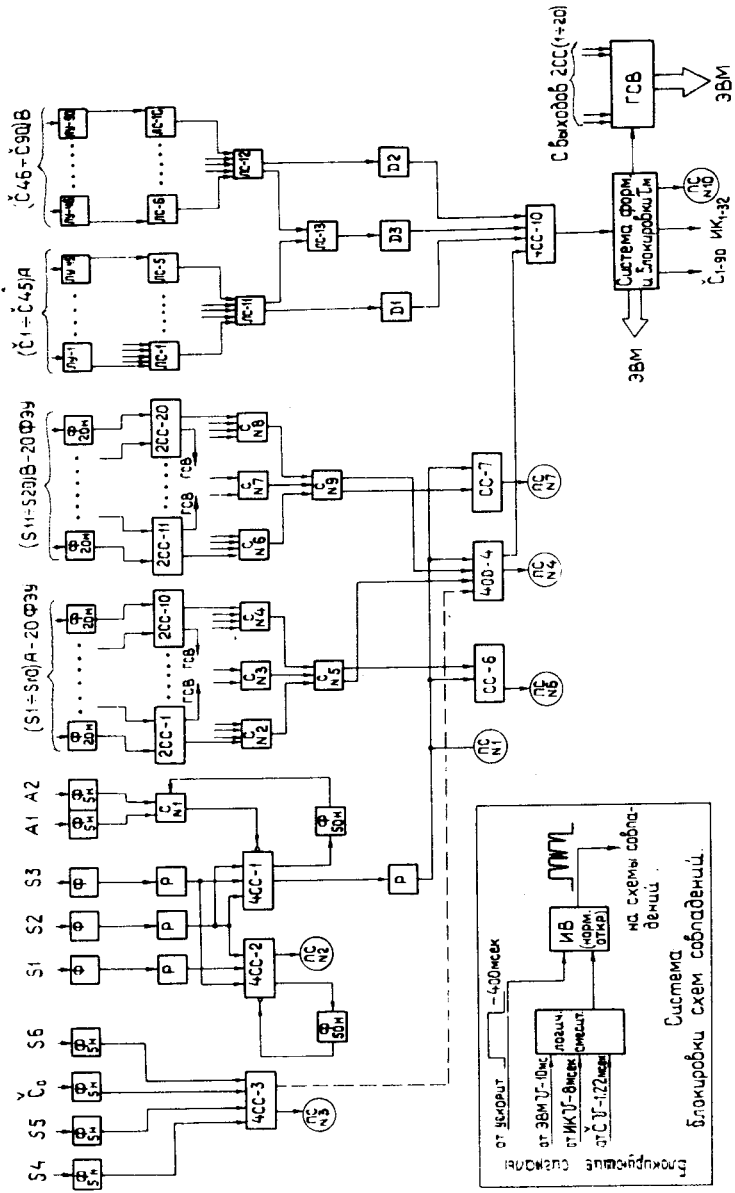


Рис. 6. Блок-схема электронной логики отбора событий.

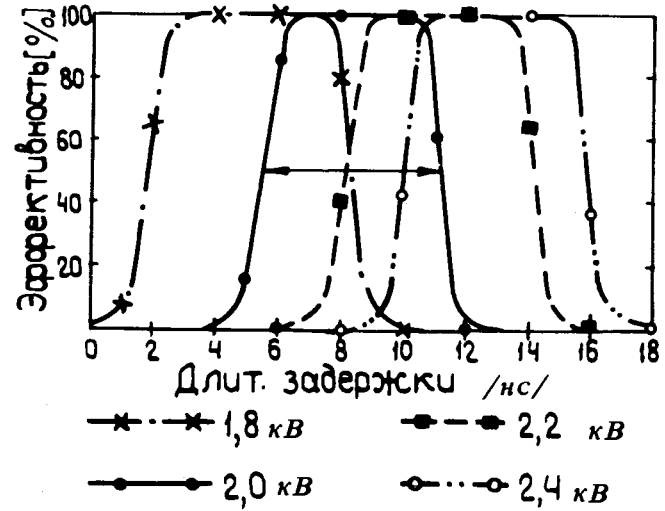


Рис. 7. Кривые задержанных совпадений в схеме 4СС-1.

двойных совпадений типа 2СС-100 /№1 - №20/, затем производится логическое сложение /С№2 - С№9/ для счетчиков каждого плеча. С выходов смесителей №5 и №9 импульсы поступают на схему совпадений 4СС-4. Временное разрешение схемы 4СС-4 составляет 50 нс, уровень случайных тройных совпадений измерялся при двух значениях интенсивности:

$$а/ 1 \cdot 10^5 \text{ част/с, } \delta = 2,9\%;$$

$$б/ 1 \cdot 10^6 \text{ част/с, } \delta = 8,2\%.$$

Отношение счета схем 4СС4 и 4СС1 характеризует число взаимодействующих частиц пучка с рабочим веществом мишени. Это отношение составляет в рабочих условиях /0,5-1,0/.

Для энергетической калибровки черенковских γ -спектрометров на пучке электронов, а также для проверки работы пропорциональных камер сигналы со счетчиков S4, S5, S6 и C0 поступают на схему 4СС-3 и затем подаются на вход схемы совпадений 4СС-4 вместо основного мониторингового сигнала. С выхода схемы 4СС-4 сигнал, отражающий факт взаимодействия пучковой частицы в мишени, поступает на схему совпадений 4СС-10.

Электрические сигналы с 90 черенковских детекторов поступают на входы усилителей ЛУ1÷ЛУ90; с одного из выходов усилителей снимаются сигналы для амплитудного анализа, со второго - поступают на 90-входовый линейный сумматор, затем на дискриминаторы энергетической и временной привязки. Дискриминаторы Д1 и Д2 производят отбор сигналов по амплитуде в каждом из плеч спектрометров, а Д3 - по суммарной амплитуде^{/9/}. Для обеспечения надежного совпадения сигналов в схеме 4СС-10 длительности входных импульсов дискриминаторов Д1, Д2, и Д3 увеличены до 180 нс. Это связано с наличием зависимости момента срабатывания дискриминатора от меняющейся величины амплитуды спектрометрического сигнала. Максимальный разброс времени срабатывания дискриминатора составляет 100 нс и определяется временем нарастания импульсов с ФЭУ-49Б. На схеме не показаны блоки задержки, с помощью которых осуществляется временное согласование сигналов на входах схем совпадений. Выходы схем совпадений подключены также к пересчетным схемам типа 411 и 421^{/10,11/}, отличающимся друг от друга быстротой и емкостью.

После прохождения 4СС-10 сигнал формируется по длительности и блокируется на мертвое время установки, чтобы исключить дополнительную загрузку электроники на время пауз между сбросом пучка на мишень, а также на мертвое время ЭВМ. Для этого в системе используется импульс синхронизации от ускорителя - "Физзапуск", с помощью которого формируется сигнал длительностью 400 мс - т.н. "рабочая полочка". Этот сигнал используется для разрешения работы схем совпадений, которые в паузах между сбросом остаются заблокированными. Внутри "рабочей полочки" после каждого срабатывания установки имеется блокирующее время, которое образуется сигналами:

- 1/ от ЭВМ - время приема всей информации - 10 мс;
- 2/ сигналом системы считывания информации с искровых камер, длительностью 8 мс;
- 3/ сигналом логической электроники черенковского годоскопа, длительностью 1,22 мс.

На этом этапе заканчивается формирование "триггерного" сигнала, который осуществляет далее следующие функции:

- 1/ запуск искровых камер;
- 2/ запись информации с черенковского годоскопа в блоки аналоговой памяти;
- 3/ запуск схемы синхронизации считывания спектрометрической информации в ЭВМ;
- 4/ стробирование 32-канального блока годоскопических ворот^{/12/}, который служит для регистрации места прохождения частиц через сцинтилляционный годоскоп.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ ЗАПУСКА

1. Разрешающее время - 180 нс.
2. Мертвое время - 10 мс - определяется временем передачи информации с системы искровых камер в ЭВМ.
3. Суммарная задержка сигнала в системе запуска составляет 490 мс и обусловлена прохождением сигнала по спектрометрическому тракту.

Для иллюстрации временного положения основных сигналов представлена диаграмма /рис. 8/ "триггерного" сигнала с момента прохождения частицы через сцинтиллятор счетчика S1 до подачи импульса на запуск искровых камер.

Для контроля качества сброса пучка частиц /интенсивности, растяжки, временного положения сброса относительно "рабочей полочки"/ используется двухлучевой осциллограф, на один из входов которого подается сигнал "рабочая полочка", а на другой - сигнал с одного из мониторных счетчиков, - синхронизация осциллографа при этом осуществляется сигналом "Физзапуск" с ускорителя. Контроль качества работы детекторов и электроники системы запуска за время работы установки осуществляется ЭВМ путем вывода информации на дисплей и широкую печать^{/13/}. На рис. 9 изображена топография рабочего события.

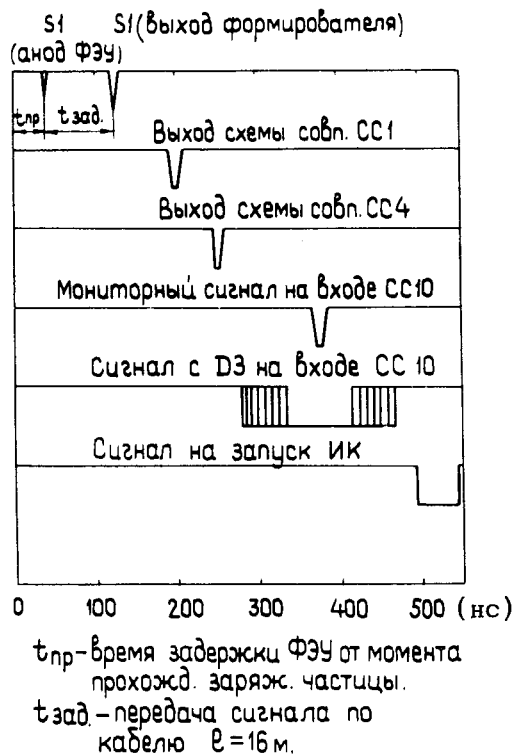


Рис. 8. Временная диаграмма "триггерного" сигнала.

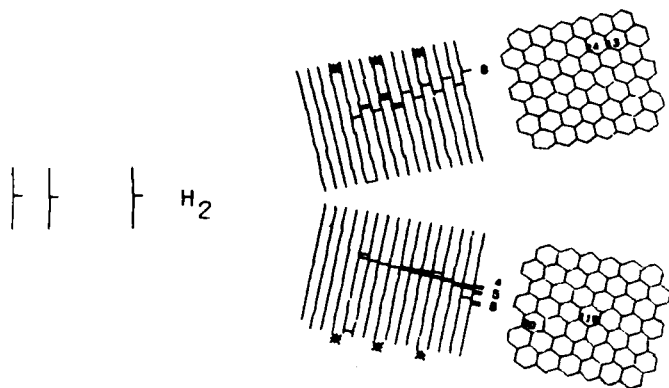


Рис. 9. Топография рабочего события. $E_1=370$ МэВ,
 $E_2=2050$ МэВ $E_3=2420$ МэВ

В заключение авторы выражают благодарность за содействие в работе и ценные обсуждения И.Ф.Колпакову, Б.А.Кулакову, В.А.Смирнову и А.Е.Сеннеру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аствацатуров Р.Г. и др. *Nucleonica*, 1974, vol.19, 6, p.575.
2. Заневский Ю.В. и др. *ОИЯИ*, Р13-8668, Дубна, 1975.
3. Александров Ю.А. и др. *ОИЯИ*, 1-9508, Дубна, 1976.
4. Аствацатуров Р.Г. и др. *ОИЯИ*, 1-9832, Дубна, 1976.
5. Аствацатуров Р.Г. и др. *ОИЯИ*, 1-0008, Дубна, 1976.
6. Аствацатуров Р.Г. и др. *ОИЯИ*, 13-7968, Дубна, 1974.
7. Басиладзе С.Г. и др. *ОИЯИ*, 13-10283, Дубна, 1976.
8. Арефьев В.А. и др. *ОИЯИ*, 13-5447, Дубна, 1970.
9. Басиладзе С.Г. и др. *ОИЯИ*, 13-10282, Дубна, 1976.
10. Басиладзе С.Г. и др. *ОИЯИ*, 10-6486, Дубна, 1972.
11. Басиладзе С.Г. и др. *ПТЭ*, 1975, №3, 89.
12. Басиладзе С.Г. и др. *ОИЯИ*, 13-8548, Дубна, 1976.
13. Говорун Н.Н. и др. *ОИЯИ*, Д10-7707, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
 22 февраля 1977 года.