

А-67

20/11/68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 4123



ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

М.Х. Аникина, Л.С. Барабаш, И.А. Голутвин,
А.Г. Грачев, Ю.В. Заневский, И.М. Иванченко,
С.С. Кирилов, Ю.Т. Кирюшин, Л.В. Комогорова,
В.Д. Кондрашов, И.Н. Кухтина, Ю.Р. Лукстыньш,
И.М. Мельниченко, Н.М. Никитюк, В.П. Пугачевич,
Э.О. Оконов, Г.М. Сусова, Г.Г. Тахтамышев,
Н.Ф. Трускова, С.А. Хорозов

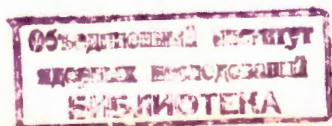
МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР С ПРОВОЛОЧНЫМИ
ИСКРОВЫМИ КАМЕРАМИ И ФЕРРИТОВОЙ
ПАМЯТЬЮ НА ЛИНИИ С ЭВМ

1968

13 - 4123

4604/2 пр
М.Х. Аникина, Л.С. Барабаш, И.А. Голутвин,
А.Г. Грачев, Ю.В. Заневский, И.М. Иванченко,
С.С. Кирилов, Ю.Т. Кирюшин, Л.В. Комогорова,
В.Д. Кондрашов, И.Н. Кухтина, Ю.Р. Лукстыныш,
И.М. Мельниченко, Н.М. Никитюк, В.П. Пугачевич,
Э.О. Оконов, Г.М. Сусова, Г.Г. Тахтамышев,
Н.Ф. Трускова, С.А. Хорозов

МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР С ПРОВОЛОЧНЫМИ
ИСКРОВЫМИ КАМЕРАМИ И ФЕРРИТОВОЙ
ПАМЯТЬЮ НА ЛИНИИ С ЭВМ



Методика бесфильмовых искровых камер, работающих на линии с ЭВМ, имеет большие преимущества по сравнению с другими методиками, которые до последнего времени использовались в экспериментах по исследованию K^0 - мезонов х).

Первое из этих преимуществ - вполне очевидное - связано с быстротой переработки получаемой информации и возможностью оперативного контроля за установкой и условиями опыта в процессе эксперимента.

Поскольку бесфильмовые искровые камеры имеют малое время восстановления, возможна регистрация нескольких десятков событий за один цикл ускорителя. Это существенно снижает требования к избирательности системы запуска искровых камер.

В 1966 г. в ЛВЭ была создана установка с проволочными искровыми камерами и ферритовой памятью, работающая на линии с ЭВМ. Рабочие характеристики этой установки оказались вполне удовлетворительными /1/. Дальнейшим развитием явилось создание новой установки, собранной по той же логической схеме, но с использованием стандартных ячеек БЭСМ и с другой конструкцией камер.

В настоящей работе приводятся описание и первые результаты испытаний этой установки, сокращенно названной "СКИФ" (спектрометр с искровыми камерами и ферритовой памятью). Работа установки СКИФ осуществлялась на линии с БЭСМ-3М.

х)

Установка с бесфильмовыми искровыми камерами, предназначенная для изучения свойств K^0 - мезонов, описана в /4/.

Общее описание канала и установки

Пучок нейтральных частиц, рожденных на внутренней мишени ускорителя (латунь $5 \times 10 \times 100$ мм³) под углом $\approx 6^\circ$, формируется системой коллиматоров (рис. 1). Очистка пучка от заряженных частиц осуществляется полем магнита ускорителя (10^4 кгс.см), а также специальным магнитом СП-57 (500 кгс.см). В начале канала помещается свинцовый конвертер (100 г/см²) для очистки пучка от γ -квантов.

Заряженные продукты K^0 -распадов регистрируются и анализируются спектрометром, основу которого составляет анализирующий магнит СП-57 и проволочные искровые камеры.

В системе СКИФ имеется 16 камер, 10 из которых стоят перед магнитом, а 6 - за магнитом (по пучку). С помощью первой группы камер определяется геометрия ν^0 события до магнита; вторая группа служит для определения импульсов частиц (рис. 2). Импульс запуска высоковольтного питания искровых камер вырабатывается годоскопом сцинтилляционных счетчиков $S_1^1 - S_4^4$. Напряженность магнитного поля в анализирующем магните и геометрия расположения сцинтилляционных счетчиков позволяют выделять преимущественно двухчастичные распады $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$. В случае необходимости в запуск включаются антисовпадательные счетчики A_1 и A_2 .

Геометрическая эффективность установки к распадам регенерированных K^0 -мезонов вычислялась методом Монте-Карло и составляет $\approx 0,02$ (в интервале импульсов $2+4$ Гэв/с).

Регистрирующая часть установки

Искровая камера состоит из трех элементов: двух внешних рамок, окна которых (460×460 мм²) закрыты лавсаном толщиной 70 мк, и одной внутренней, на которую наматываются проволочные электроды. Рамки отлиты из эпоксидной смолы. Электроды изготовлены из медной проволоки диаметром 0,1 мм, намотанной с шагом 1 мм. Зазор между электродами равен 8 мм.

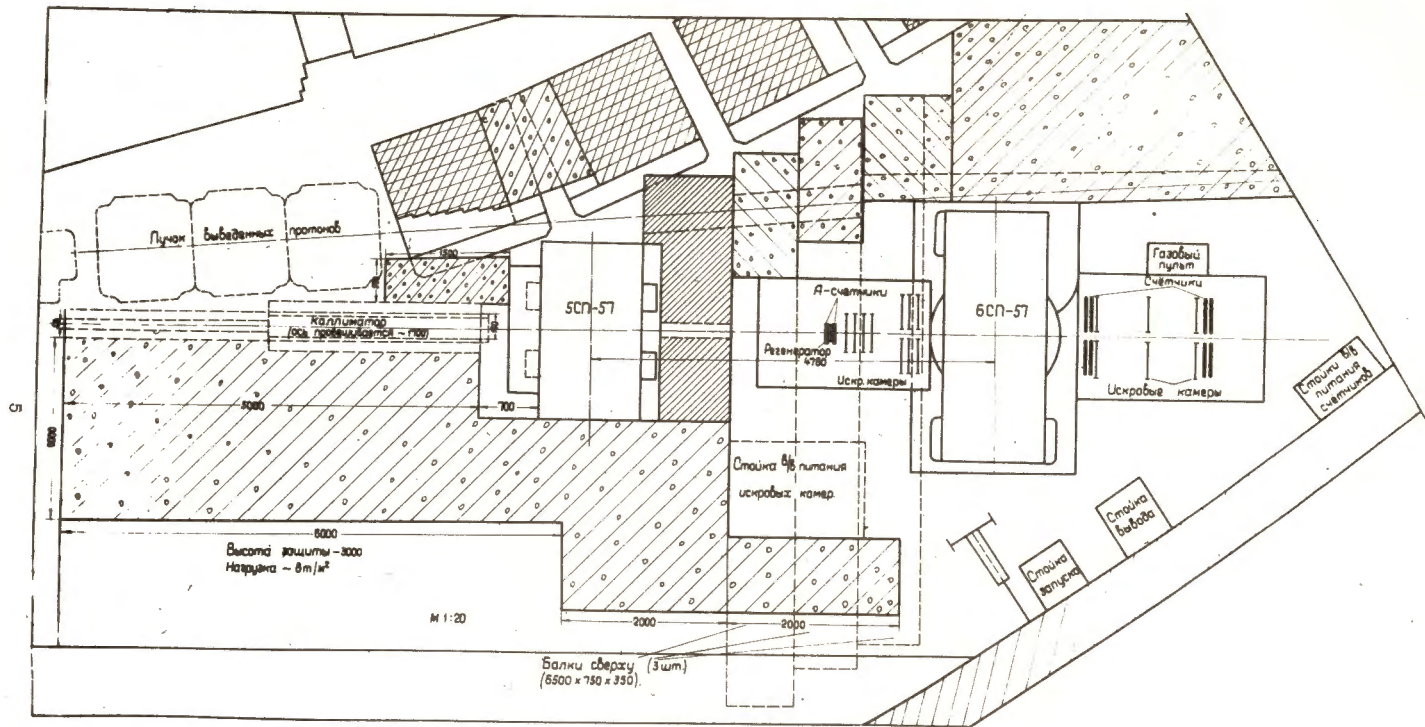


Рис.1. Схема расположения установки СКИФ.

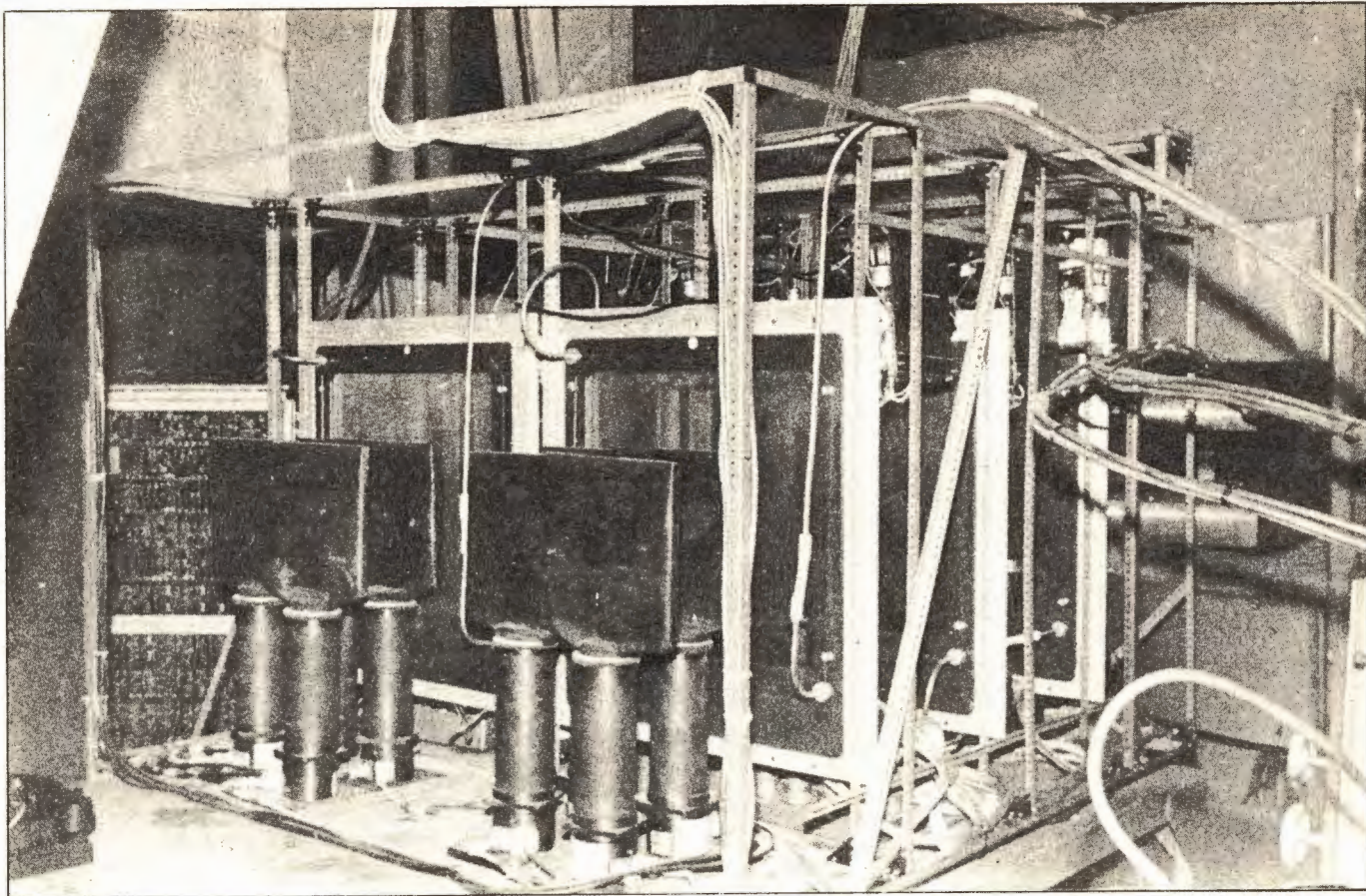


Рис.2. Фотография второй группы искровых камер (за анализирующим магнитом СП-57). На фотографии видны сцинтилляционные счетчики системы запуска.

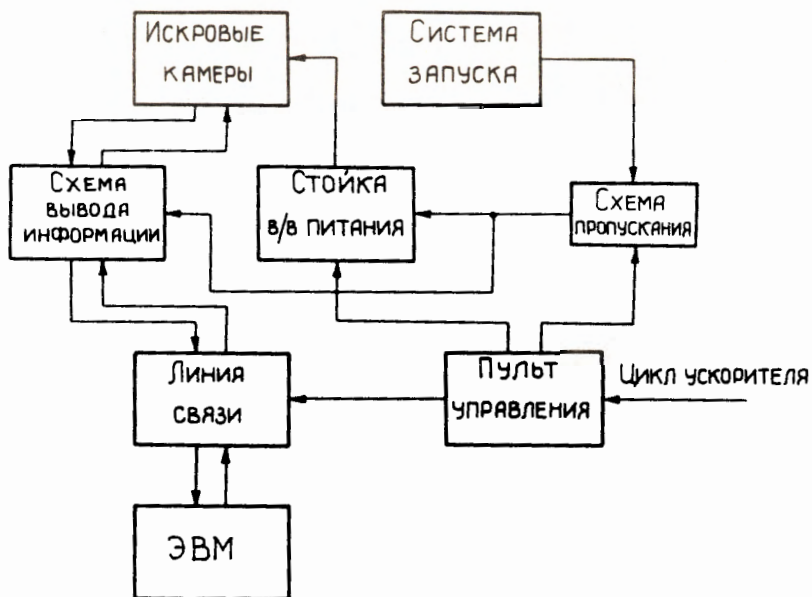


Рис.3. Блок-схема регистрирующей части спектрометра.

Ферритовая память камеры содержит 448 колец марки ВТ-2 диаметром 2 мм, которые объединены в матрицу 32 x 14. Матрица закрыта крышкой, на которой размещены схема выборки матрицы и 32 выходных усилителя. Здесь же размещены два разъема, при помощи которых камера соединяется со схемой считывания и вывода информации.

Все камеры присоединены к системе газового продува и разделены на пять групп, каждая из которых имеет свой контрольный и отсекающий манометры. Это дает возможность регулировать скорость продува в каждой секции отдельно. Внутри группы камеры соединены последовательно.

Каждая камера имеет свой генератор высоковольтного импульса с формирующей длиной линии ($l = 8$ м), разомкнутой на конце, в котором в качестве коммутатора используется водородный тиратрон типа ТГИ1-130/10. Общая задержка от момента пролета частицы до срабатывания высоковольтных импульсных генераторов составляет $\approx 0,45$ мксек.

Стойка высоковольтного питания содержит блок запуска тиратронов, блок постоянного и импульсного очищающих полей и высоковольтных источников питания.

При срабатывании системы запуска формируется импульс, который подается на сетки тиратронов высоковольтных импульсных генераторов.

Блок очищающего поля вырабатывает потенциал постоянного очищающего поля, подающийся на камеры и определяющий время памяти камер. По сигналу с пульта управления установкой этот блок вырабатывает импульсное очищающее поле, которое определяет время восстановления камер и подается на камеры спустя 50 мксек после срабатывания высоковольтных генераторов.

Схема вывода информации из ферритовой памяти камер состоит из двух частей: схемы дешифратора, определяющего последовательность считывания информации, и схемы кодирования, которая принимает считанную информацию и преобразует ее в двоичный код. Координата на выходе схемы кодирования представлена 14-разрядным двоичным числом. Старшие пять разрядов составляют номер матрицы (номер камеры), остальные девять - номер феррита в матрице.

Кроме того схема вывода вырабатывает сигналы, необходимые для передачи информации в стойку связи с ЭВМ. Конструктивно схема вывода выполнена в виде отдельной стойки на стандартных элементах БЭСМ-3. Подробно стойка вывода информации описана в работе /2/.

Пульт управления содержит схему управления установкой и блок вывода информации на цифropечать БЗ-15.

Схема управления по сигналу начала цикла ускорителя вырабатывает потенциал разрешения работы (потенциал "ворот"), подающийся на стойку запуска. Длительность потенциала разрешения регулируется в пределах от 30 до 650 мсек. При срабатывании системы запуска схема управления блокирует запуск на время считывания и передачи информации, а также на время восстановления камер. Схема управления вырабатывает также потенциал импульсного очищающего поля, длительность которого регулируется в пределах от 0,5 до 15 мсек.

К контрольным вольтметрам пульта управления подводятся напряжения источников питания установки. На лицевую панель выведены индикация и кнопки пульта стойки вывода информации.

Вывод информации из установки и ввод ее в ЭВМ производится через стойку линии связи. Она состоит из 47-разрядного триггерного регистра, импульсно-потенциального коммутатора, мощных выходных каскадов, устройства управления и источников питания. Координаты с выходов схемы вывода информации разворачиваются на регистр стойки связи и по импульсу запроса числа выводятся на ЭВМ. Кроме того с каждым событием может быть передана дополнительная информация, содержащаяся в пересчетной стойке. Время считывания и передачи в ЭВМ одного события равно 2-2,5 мсек

Временные диаграммы работы установки

На рис. 3,4 приведены блок-схема регистрирующей части магнитного спектрометра и временные диаграммы его работы. За 200-300 мсек перед началом сброса ускоренных протонов на мишень в ЭВМ подается сигнал прерывания, по которому она переходит на программу приема информации.

Затем в ЭВМ вводится информация, набранная на тумблерном регистре стойки связи, и выдается потенциал разрешения на работу установки. После срабатывания системы запуска и импульсного высоковольтно-

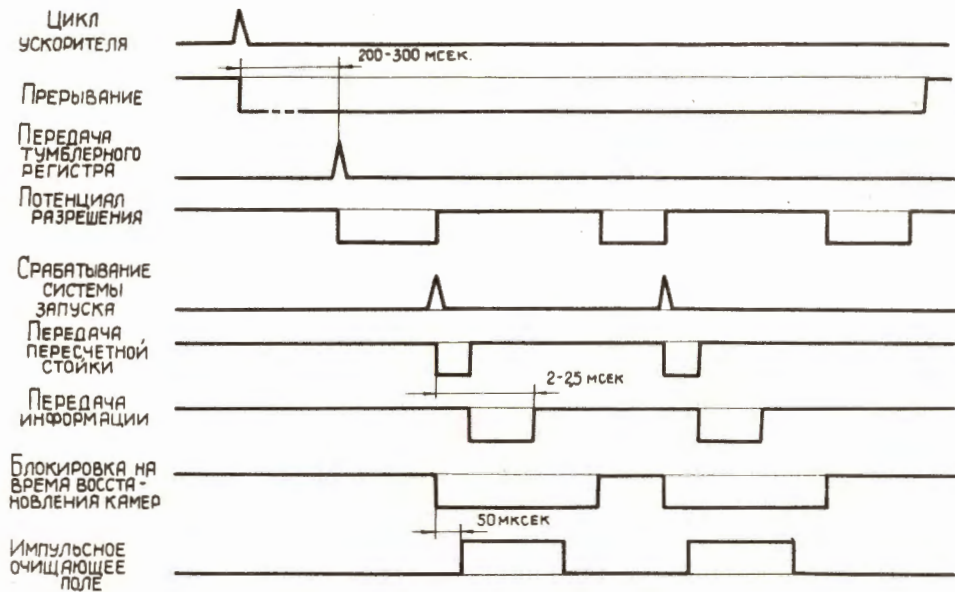


Рис.4. Временные диаграммы работы спектрометра.

го питания искровых камер со схемы вывода поступает потенциал готовности к выводу информации с камер. Потенциал разрешения снимается на время вывода информации с камер. Кроме того он блокируется дополнительно схемой управления установкой, которая спустя 50 мксек после запуска вырабатывает потенциал импульсного очищающего поля.

Сначала вводится информация, содержащаяся в пересчетной стойке, затем - информация с камер. Слово, передаваемое в ЭВМ, состоит из 45 разрядов. Старшие пять разрядов используются для служебных признаков, остальные 40 разрядов - для передачи информации с установки. Потенциал разрешения восстанавливается по окончании ввода информации в ЭВМ и окончании блокировки на время восстановления камер.

Система запуска

Для отбора ν^0 событий и запуска регистрирующей части установки используется логическая схема со сцинтилляционными счетчиками. Расположение сцинтилляционных счетчиков на установке видно из рис. 5. Блок-схема электроники и схема включения счетчиков показаны на рис. 6.

Как видно из рис. 5, 6, импульс запуска вырабатывается при одновременном срабатывании любых двух колонок счетчиков, расположенных по обе стороны от оси пучка. Такая схема запуска позволяет увеличить относительный вклад событий $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ в общее число запусков (см., например, /3/). Система запуска проверялась в рабочих условиях. При сбросе на мишень 2×10^{10} протон/цикл (время сброса ≈ 400 мсек) среднее число запусков за цикл равно 12. Время срабатывания системы запуска 0,17 мксек.

Результаты испытаний

Информация из ферритовой памяти СКИФ либо передавалась в ЭВМ, либо выводилась на медленную печать типа БЗ-15. При снятии характеристик камер, в основном, использовался второй способ вывода информации.

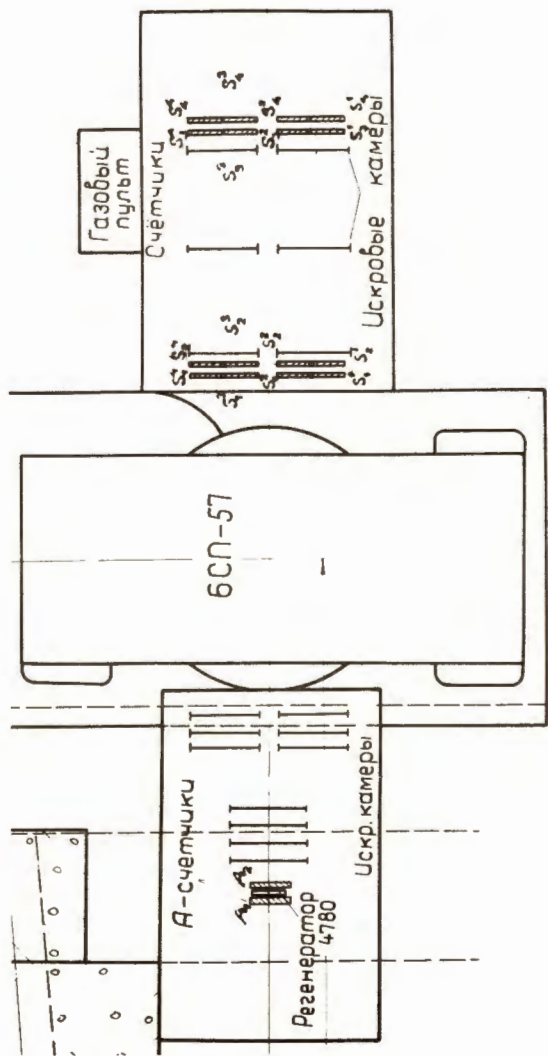


Рис.5. Схема размещения сцинтиляционных счетчиков.

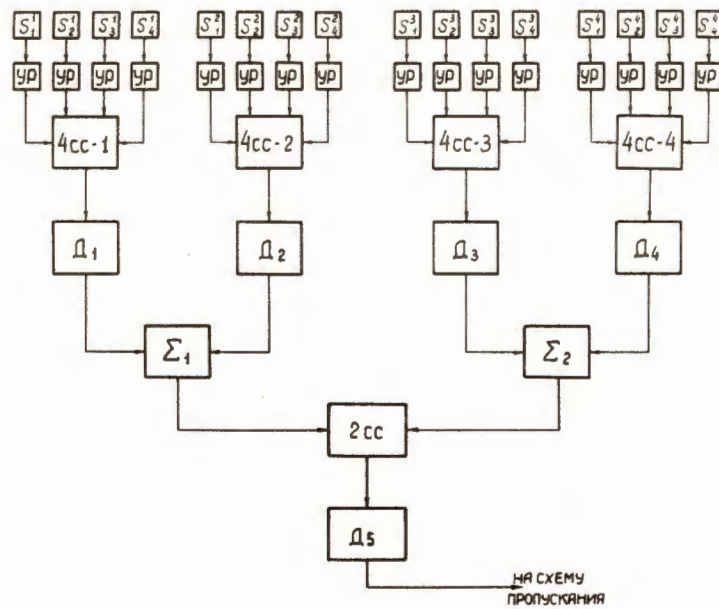


Рис.6. Блок-схема системы запуска.

На рис. 7 приведены кривые зависимости эффективности регистрации треков частиц от задержки высоковольтного импульса для трех камер. Эти кривые получены в условиях малых загрузок (≈ 1 запуск за цикл ускорителя). Точность регистрации координат равна 0,6 мм. Она определялась методом, описанным в работе /1/ x).

Для комплексной проверки и отладки установки и линии связи была проведена пробная экспозиция. Информация передавалась в оперативную память БЭСМ-3М и накапливалась на магнитной ленте. Частичная обработка накопленного материала была проведена на ЭВМ БЭСМ-4. Была оценена ошибка определения угла поворота частиц в магнитном поле. Она составила 5 мрад, что соответствует ошибке определения импульса 20 ± 30 Мэв/с (для $\rho \approx 1$ Гэв/с).

В заключение авторы благодарят Н. Графова, В. Липатова, В. Садидова за выполнение большой работы, связанной с монтажом установки; коллективы эксплуатационных отделов синхрофазотрона, в особенности старшего диспетчера С. Федукова и диспетчеров А. Исаева, С. Перфеева, О. Цисляка и И. Ялового, за обеспечение четкой работы ускорителя во время проведенных экспозиций. Мы благодарны также коллективу мастерских ЛВЭ за изготовление отдельных узлов установки, В. Евтисову, А. Карпунину и М. Терехиной - за монтаж камер, Т. Аверичевой - за изготовление чертежей и схем, Н. Буланову - за тщательную настройку электроники запуска, В. Аксенову и Б. Стуканову за конструирование отдельных узлов установки, Л. Любимовой за помощь в работе на ЭВМ.

Авторы признательны В. Свиридову за постоянное внимание и помощь в работе, а также Н. Малашкевичу за содействие в конструировании и изготовлении отдельных узлов установки.

x) В последней формуле работы /1/ допущена опечатка. Следует читать:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{\Phi}{\pi \left[\left(\frac{d_{31}}{d_{21}} - 1 \right)^2 + \left(\frac{d_{31}}{d_{21}} \right)^2 + 1 \right]}}$$

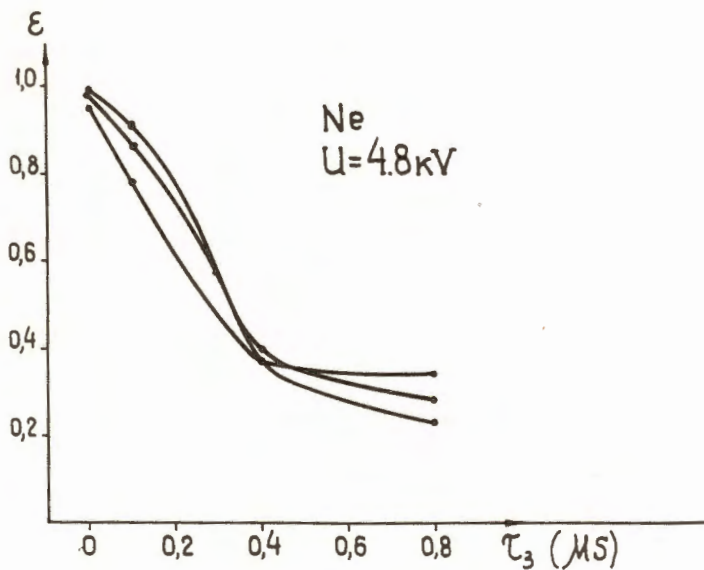


Рис.7. Зависимости эффективности регистрации треков частиц от задержки высоковольтного импульса для трех камер. Нуль оси абсцисс соответствует 0,45 мксек (внутренняя задержка схем).

Л и т е р а т у р а

1. М.Х. Аникина, Л.С. Барабаш, А.Г. Грачев и др. Препринт ОИЯИ 1-3050, Дубна 1966.
2. Л.С. Барабаш, А.Г. Грачев, Л.В. Комогорова, В.Д. Кондрашов, Н.М. Никитюк. Препринт ОИЯИ 10-3890, Дубна 1968 г.
3. G. Charpak, M. Gourdin. CERN, preprint 67-18, July, 1967.
4. H. Faissner, H. Foerth, K. Maull et al. CERN, preprint, August, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 октября 1968 года.