

СЗУГ.55

В-611

Вовенко А.С.



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б2-1-5362

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1970

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

А.С.Вовенко, Л.Б.Голованов, И.А.Голутвин, Б.Н.Гуськов,
В.Г.Кривохижин, М.Ф.Лихачев, А.Л.Любимов, В.Л.Мазарский,
Э.О.Оконов, И.А.Савин, Г.Г.Тахтамышев

БЭ-1-5362

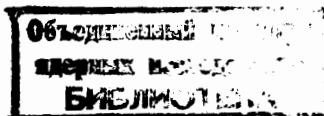
СЗ46.55

В-611

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ АМПЛИТУД
 $K^0 N$ и $\bar{K}^0 N$ - РАССЕЯНИЯ И ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ФОРМФАКТОРА K^0 -ЧАСТИЦ В ОПЫТАХ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ С
 K_L^0 - МЕЗОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

С.ф. 3022

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория высоких энергий
17-сентябрь 70



г.Дубна, 1970 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данная работа является проектом экспериментов для ускорителя в Серпухове на 70 Гэв. Эти эксперименты были одобрены дирекцией ОИЯИ 6-го марта 1968 г. и в настоящее время успешно осуществляются.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	<u>Страница</u>
I. Введение	5
II. Описание канала нейтральных частиц	5
III. Состав оборудования установки	7
IV. Описание блоков установки	8
У. Ориентировочная сметная стоимость блоков установки.	28
VI. Ориентировочный план по проектным работам	30
VII. Ориентировочный план работ с жидководородной мишенью.	31
VIII. Ориентировочный план изготовления узлов установки.	33
IX. Спецификация на электронику системы запуска (изделия ЦЭМ ОИЯИ).	34
X. Спецификация на материалы и приборы по экспериментам с K^0 -мезонами.	35
XI. Спецификация на мебель	41
XII. Спецификация на оборудование и материалы для жидководородной мишени.	42
XIII. Спецификация на материалы для системы контроля аппаратуры.	43
XIV. Организационные вопросы.	45

П Р И Л О Ж Е Н И Я

	стр.
№ 1	48
№ 2	64-65
№ 3	66
№ 4	73-75
№ 5	76
5.1. Изготовление искровых камер	90
5.2. Перечень материалов, необходимых для изготовления искровых камер	93
5.3. Перечень материалов, необходимых для изготовления регистрирующей аппаратуры	94
5.4. Перечень материалов, необходимых для изготовления газового пульта	95
5.5. Перечень материалов, необходимых для изготовления системы импульсного питания	96
5.6. Перечень дополнительного оборудования и материалов, необходимых для изготовления системы искровых камер)	97
№ 6	98
№ 7	99-100

№ 8 Перечень № 3 материалов и приборов для серпуховских работ (заявка на 1968 год)

101.

I. ВВЕДЕНИЕ

На первом этапе работы ускорителя на 70 Гэв в г.Серпухове имеет смысл проводить такие эксперименты, где важно получить энергетическую зависимость исследуемого процесса или же такие, где высокая энергия падающих частиц является решающим фактором в получении нужной характеристики. К числу таких экспериментов относятся предложенные Лабораторией высоких энергий опыты с долгоживущими K^0 -мезонами по изучению асимптотического поведения амплитуд рассеяния K^0 - и анти K^0 - мезонов на нуклонах, по изучению резонансных состояний в системе K -мезон + нуклон и по изучению электромагнитной структуры K^0 -мезонов. Физическое обоснование опытов дано в Приложении № I.

Установка, с помощью которой эти эксперименты проводятся, располагается в пучке нейтральных частиц и состоит из магнитного спектрометра и искровых проволочных камер, работающих на линии с ЭВМ. Искровые камеры запускаются системой сцинтилляционных и газовых черенковских счётчиков.

II. ОПИСАНИЕ КАНАЛА НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Общие характеристики канала K^0 -мезонов таковы:

- а) угол оси канала с направлением ускоренных протонов 1^0 ;
- б) отметка пучка по высоте 2150 мм от основного перекрытия (пола);
- в) расходимость пучка $\pm 1,015$ мрад;
- г) длина формирующей части канала около 50 м;
- д) общая длина канала около 95 м

Канал (см.схему на рис. I Приложения № 2) с помощью коллима-

торов и очищающего магнита формирует пучок K^0 -мезонов, рожденных на внутренней мишени ускорителя. Ось пучка составляет с направлением ускоренных протонов угол Γ^0 , что обусловлено необходимостью "выйти" из дифракционного пика нейтронов и тем самым существенно улучшить фоновые условия. Уменьшение угла нежелательно. При выборе направления на мишень допускается отклонение от угла Γ^0 только в большую сторону, но не больше, чем $0,5^0$. Прежде чем попасть в коллиматор № 1 пучок проходит 4 м в магнитном поле ускорителя, в котором происходит предварительная очистка от заряженных частиц, рожденных в мишени.

Коллиматор № 1 расположен на расстоянии 34 м от мишени. Перед этим коллиматором помещается система, позволяющая осуществлять (дистанционно) перекрытие пучка и смену свинцовых конверторов, которые служат для уменьшения потока гамма-квантов.

За коллиматором следует очищающий магнит. После 5-метрового пространства, обеспечивающего более эффективную очистку от заряженных частиц, расположен коллиматор № 2, который завершает формировку пучка. После прохождения коллиматора № 2 K^0 -мезоны падают на мишень-регенератор. На первом этапе это тяжелый элемент, на втором - жидкий водород. Положение регенератора (на расстоянии 5 м от заднего среза коллиматора) определяется требованием исключить эффект возможной регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ в коллиматоре. Перед и за регенератором помещаются откаченные (или заполненные газообразным гелием) объемы. Их назначение уменьшить эффект регенерации перед регенератором и многократное и кулоновское рассеяние распадных пионов за ним. На базах:

10 м до анализирующего магнита и 20 м после него располагаются проволочные искровые камеры и система сцинтилляционных и

черенковских счётчиков, с помощью которых осуществляется запуск. Анализ распадных частиц по импульсу осуществляется с помощью спектрометрического магнита. Электронная аппаратура, регистрирующая распады К-мезонов, управляющая искровыми камерами и осуществляющая контроль всей установки, располагается в измерительном домике. Установку окружает радиационная защита, обеспечивающая безопасную работу в экспериментальной зоне в течение определенного времени. Расположение канала в измерительном корпусе ИВВ ускорителя, согласованное и утвержденное дирекцией ИФВЭ представлено в Приложении № 2 рис.2. Проект протокола технического совещания в ИФВЭ по подготовке канала нейтральных частиц, согласованный с исполнителями, представлен в Приложении № 3.

Для создания канала необходимо составление технического проекта, включающего выпуск чертежей:

- а) размещение оборудования (монтажный чертеж);
- б) чертеж подводки электропитания;
- в) чертеж размещения радиационной защиты;
- г) чертеж водоснабжения и газоснабжения;
- д) сборочного чертежа канала;
- е) чертеж системы управления, блокировки и сигнализации.

Ш. СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВКИ

В состав установки входят следующие узлы и системы:

1. Внутренняя мишень
2. Пучковый затвор
3. Сменный гамма-фильтр
4. Коллиматоры

5. Очищающий магнит
6. Ионопровод, или эвакуированные объемы
7. Жидководородная мишень
8. Твердая мишень (регенератор)
9. Проволочные искровые камеры и их электроника
10. Система сцинтилляционных и черенковских счётчиков для запуска искровых камер
11. Спектрометрический магнит
12. Электроника системы запуска.
13. Электроника связи искровых камер с ЭВМ и система программ работы установки.
14. Измерительный домик
15. Профилирующие счётчики
16. Радиационная защита
17. Фермы и подставки под счётчики и искровые камеры.

IV. ОПИСАНИЕ БЛОКОВ УСТАНОВКИ

I. Внутренняя мишень.

а) Мишень, на которой рождаются K^0 -мезоны, помещается в прямолинейном промежутке между 29 и 30 секциями магнитов ускорителя У-70. Мишень состоит из бруска - насадки и привода,двигающего брусок в нужный момент времени внутрь вакуумной камеры ускорителя. Насадка имеет квадратное сечение $2 \times 2 \text{ мм}^2$ и длину вдоль пучка 100 мм. Наилучший материал - медь. Однако, если по конструктивным соображениям такая насадка слишком тяжела, можно использовать более легкое вещество. Конструкция привода мишени разрабатывается в отделе вывода пучков СКУ в г.Серпухове.

Изготовление мишени планируется в ОИЯИ. Установку мишени внутри камеры ускорителя производит отдел вывода пучков СКУ. Для данного эксперимента не имеет существенное значение положение мишени внутри прямолинейного промежутка, поэтому точные координаты её задаются этим отделом из условия наиболее удобной эксплуатации и по этим координатам осуществляется привязка всего канала к мишени.

Для установки привода мишени необходимо спроектировать участок камеры ускорителя с фланцами.

б) Требование к сбросу протонов на внутреннюю мишень. Поскольку типичное мертвое время счётного канала электроники 100 нсек, то загрузки не должны превышать 10^7 импульсов в секунду. Загрузка аппаратуры распадами K^0 -мезонов будет значительно меньше. Однако счётные каналы загружаются фоновыми частицами, появляющимися в результате взаимодействия нейтронов в регенераторе. Оценки показывают, что можно ожидать поток нейтронов $10^5 - 10^6$ за цикл ускорителя при интенсивности внутреннего пучка 10^{11} протонов. В этих условиях можно допустить сброс на мишень в течение 0,8 сек при наличии высокочастотной структуры. Однако при повышении интенсивности внутреннего пучка необходимо осуществлять плавную наводку пучка на мишень.

Реальные требования к качеству сброса пучка на мишень можно будет выяснить только после изучения фоновых условий для искровых камер. Эксперимент требует, чтобы сброс на мишень осуществлялся при максимальной энергии ускоренных протонов.

в) Для мониторинга количества K^0 -мезонов, пропущенных через установку, кроме мониторов по распадам K^0 -мезонов, пред-

полагается мониторинг сброса протонов на мишень и мониторинг нейтральных частиц, идущих по каналу. Для мониторинга сброса на мишень предполагается использовать стандартную систему, разрабатываемую в отделе вывода пучков СКУ ИФВЭ. Эта система должна обеспечить линейность счётчиков по отношению к интенсивности внутреннего пучка в пределах 1-3%. Отдел вывода пучков СКУ устанавливает монитор и обеспечивает прокладку контрольных кабелей в измерительный домик. Часть оборудования монитора изготавливается в ОИЯИ.

Мониторинг частиц, идущих по каналу, осуществляется с помощью телескопа сцинтилляционных счётчиков, смотрящего на очищающий магнит. Отсчёты этого монитора пропорциональны количеству нейтральных частиц, вызвавших взаимодействия в гамма-фильтре. Телескоп состоит из четырёх сцинтилляционных счётчиков. В защите должен быть предусмотрен соответствующий коллиматор № 3, направленный на очищающий магнит. Монитор изготавливается в ОИЯИ.

г) Для синхронизации работы ускорителя и электроники требуется система запускающих импульсов. Система запускающих импульсов В и Т-серий, разрабатываемая в СКУ, обеспечивает синхронизацию работы ускорителя и электроники в данном эксперименте. Необходима прокладка соответствующих контрольных кабелей в измерительный домик, а также изготовление блока Т-серии.

2. ПУЧКОВОЙ ЗАТВОР

Пучковой затвор предназначен для перекрытия пучка частиц с тем, чтобы был возможен доступ в экспериментальную зону на короткое время без остановки ускорителя. При этом предполагается,

что внутренняя мишень остановлена.

Пучковой затвор представляет собой дистанционно управляемый подвижной брусок железа или свинца толщиной по пучку 100 см + 150 см. Сечение бруска 100 x 200 мм².

Пучковой затвор устанавливается перед определяющим коллиматором № I. Он должен перекрыть пучок за время 1-3 минуты после включения привода механизма дистанционного управления.

3. СМЕННЫЙ ГАММА-ФИЛЬТР

Гамма-кванты высокой энергии являются одним из источников фона и от них необходимо по возможности избавиться. Для этого в пучке до очищающего магнита должен быть размещен толстый свинцовый поглотитель.

Достаточно полное убирание гамма-квантов требует значительных толщин свинца (по расчётам около 35 радиационных единиц, т.е. 17-20 см), что ведет к заметному уменьшению интенсивности пучка K^0 -мезонов, вследствие ядерного поглощения. Поэтому оптимальная толщина свинцового фильтра должна выбираться экспериментально, и в разных опытах она, вообще говоря, может быть различной.

Необходимо устройство, которое позволит менять толщину свинцовых фильтров во время работы на пучке. Поскольку во время работы ускорителя нет доступа к месту расположения фильтров, то управление сменой фильтров должно производиться дистанционно.

Фильтр должен перекрывать полностью все сечения пучка нейтральных частиц, попадающих в коллиматор. Всего в набор

должно входить не менее 5 сменных фильтров толщиной 2,5; 5; 10; 15 и 20 см.

4. КОЛЛИМАТОРЫ

Коллиматоры № 1 и № 2 должны обеспечить коллимирование пучка с угловой расходимостью $\pm 1,015$ миллирадиана. Внутренняя поверхность коллиматоров должна иметь коническую форму или форму пирамиды. Вершиной конуса или пирамиды служит внутренняя мишень, которая в данном случае считается точечной.

Коллиматор № 2 имеет выходное отверстие диаметром 100 мм или квадрат $100 \times 100 \text{ мм}^2$. Длина коллиматора 2,5 м. Срез коллиматора № 2 является концом формирующей части канала, он расположен на расстоянии 49 м от внутренней мишени.

Коллиматор № 1 имеет длину 3,5 метра и входное отверстие диаметром 60 мм или квадрат $60 \times 60 \text{ мм}^2$. Входное отверстие располагается на расстоянии 34 метров от внутренней мишени.

Материал коллиматоров - железо. Коллиматоры должны быть установлены соосно с точностью $\pm 0,2$ мм.

Коллиматор № 3 такой же длины, что и № 2. Выполняется в виде узкой щели шириной 30 мм или в виде отверстия диаметром 30 мм, ось которого направлена с учётом отклонения на угол 6° очищающим магнитом частиц определенного импульса (20 Гэв/с).

5. ОЧИЩАЮЩИЙ МАГНИТ

В качестве очищающего магнита предполагается использовать магнит типа СП-129 с длиной магнитной дорожки 4000 мм. Магнитное поле в нем имеет напряженность 18000 гаусс. Максимальный ток 1200А, напряжением 220В.

Магнит представляется для этого эксперимента Институтом физики высоких энергий.

Магнит устанавливается на канале на расстоянии 39 м от внутренней мишени, вплотную к коллиматору № I. Точность установки оси магнитной дорожки магнита на ось канала $\pm (1+2)$ мм.

6. ИОНОПРОВОД ИЛИ ЭВАКУИРОВАННЫЕ ОБЪЕМЫ

Для уменьшения фона регенерированных K^0 -мезонов в веществе вне регенератора, а также для уменьшения многократного кулоновского рассеяния распадных частиц, до регенератора и после него устанавливаются эвакуированные объемы. Полная длина ионопровода - 15 метров, диаметр 300-400 мм. Возможно эти объемы будут заполнены газообразным гелием.

В ходе эксперимента необходимо будет менять расстояние мишени - регенератора от центра магнита СП-40. Поэтому необходимо, чтобы объемы собирались из секций длиной 1 м и могли передвигаться вдоль пучка.

7. ЖИДКОВОДОРОДНАЯ МИШЕНЬ

Оптимальное количество когерентно регенерированных K_S^0 -мезонов зависит от длины поглотителя.

В таблице I дана оптимальная толщина водородной мишени для разных импульсов падающих K_L^0 - мезонов.

Т А Б Л И Ц А I

Оптимальная толщина водородной мишени для когерентно регенерированных K_S^0 - мезонов

Импульс K^0 ГэВ/с	Длина водородной мишени в см.
5	100
10	250
20	400
30	560
40	700

Исходя из технологических соображений решено делать мишень длиной 300 см, что ведет к потере около 1/3 когерентно регенерированных K_S^0 - мезонов "наибольших импульсов". Для сравнения укажем, что использование имеющейся в ЛВЭ жидководородной мишени длиной 168 см привело бы к потере 2/3 K_S^0 - мезонов тех же импульсов.

Общий вид мишени представлен на рис. I. Приложение № 7.

Мишень представляет собой цилиндр из нержавеющей стали \varnothing 400 мм и длиной 3 м, внутри которого расположены внутренний сосуд, дополнительный объем и азотный бачок. Рабочий и дополнительный объемы заливаются жидким водородом (35 литров и 90 литров) через сифоны из льдаров. Азотный бачок заливается азотом (70 литров). По торцам объемы имеют окна \varnothing 120 мм из лавсана толщиной 120 мк.

Азотный бачок отделяется от наружного кожуха многослойной

экранно-вакуумной изоляцией. Рабочий вакуум в мишени 10^{-4} мм рт. ст. достигается с помощью адсорбента с предварительной откачкой форвакуумным насосом. Вес мишени 400 кг.

Заливка мишени осуществляется в следующей последовательности:

1. Заливка азота в азотный бачок;
2. Заливка водорода в дополнительный объем.
3. Заливка водорода в рабочий объем.

Длительность работы на мишени без подливки 5 суток.

Схема всей установки дана на рис.2. Приложения № 7. Конструкция мишени, схема ее установки и эксплуатация должны быть выполнены с учётом требований техники безопасности инструкций, действующих в ИФВЭ.

Мишень должна быть расположена на ферме, обеспечивающей возможность ^{Д И С Т А Н Ц И О Н Н О Г О} перемещения мишени поперек пучка на расстояние 300 мм. На ферме должен быть макет стенок мишени. Вся ферма должна перемещаться вдоль пучка.

8. ТВЕРДАЯ МИШЕНЬ-РЕГЕНЕРАТОР

Мишень - регенератор представляет собой закрепляемый на подставке набор пластин сечением 150 x 150 мм общей толщиной:

бериллий	-	200 мм
алюминий	-	250 мм
кобальт	-	150 мм
свинец	-	300 мм

9. Проволочные искровые камеры и их электроника

В эксперименте предполагается использование проволочных искровых камер с автоматическим съёмом информации. Камеры должны обеспечить точность определения координаты частицы ± 0.3 мм и иметь время восстановления порядка нескольких миллисекунд (1-3)мсек. Камеры должны иметь лавсановые окна толщиной 0.1 мм. Рабочий газ камер - неон - гелиевая смесь с добавлением спирта.

Технология изготовления самих камер, а также блоков электроники для них разрабатываются в отделе новых научных разработок ЛВЭ. Для данного эксперимента требуется 4 камеры с размерами 400 x 600 x 8 мм³ (ИК-600) и 4 камеры с размерами 1000 x 500 x 8 мм³ (ИК-1000) и полного комплекта электроники к ним, согласно Приложению № 5. На первом этапе возможно применение камер одного размера (ИК-600). Полное количество их будет определено позднее. Максимальное число - 18 камер.

Приложение № 5 содержит проект системы магнитоотрижционных искровых камер для экспериментов на линии с ЭВМ. В рамках этого проекта требуется изготовление большего числа камер и несколько большего объема аппаратуры, чем это требуется для данного эксперимента. Однако ввиду того, что аппаратура для съёма информации в камере и связи с ЭВМ универсальна и будет использоваться в других экспериментах, разумно полную стоимость проекта включить в данный проект. Это тем более оправдано, что указанная система будет впервые использована для экспериментов с K^0 -мезонами.

10. Система сцинтилляционных и черенковских счётчиков
для запуска искровых камер

Блок-схема системы представлена в Приложении № 4 рис. I.
Краткая характеристика элементов этой системы:

а) антисовпадательный сцинтилляционный счётчик А.
Ориентировочный размер сцинтиллятора 200 x 200 мм².
Фотоумножитель ФЭУ-30.

б) Счётчик С, ограничивающий распадный объем. Аналогичен счётчику А.

в) Сцинтилляционный годоскоп G_1, G_2, G_3 .

Годоскоп является составной частью системы идентификации типов распада K^0 -мезонов и имеет максимальную эффективность для распада K^0 -мезонов на два пиона.

Годоскоп состоит из трех рядов сцинтилляционных счётчиков C_1, C_2, C_3 по восемь счётчиков в каждом ряду.

Используются фотоумножители типа ФЭУ-30. Сцинтилляторы 150 x 600 x 5 мм³. Каждый счётчик годоскопа должен быть оборудован световым диодом для осуществления проверки аппаратуры в отсутствие пучка частиц.

г) Детектор электронов

Электронный детектор должен иметь высокую эффективность (99%) к электронам и низкую эффективность к пионам (1%) для надёжной идентификации K_{e3}^0 распадов. Решение этой задачи осложняется тем, что энергетический спектр электронов и пионов от распадов K^0 довольно широк. Для регистрации электронов и гамма-квантов обычно используют либо визуальную методику, либо

методику счётчиков. Визуальная методика состоит в наблюдении и измерении ливней, возникающих в искровых камерах с толстыми пластинами. Счётчиковая методика использует либо черенковские счётчики из свинцового стекла, или счётчики типа "Сэндвич", состоящие из слоев свинца и пластического сцинтиллятора или свинца и плексигласа, для детектирования развития ливня и измерения величины сигнала в них.

При энергиях электронов или γ -квантов десятки Гэв использование визуальной техники для регистрации лавин затруднено из-за того, что число частиц в лавине велико, а эффективная регистрация треков в искровой камере сильно зависит от числа частиц, прошедших через камеру и расстояния между ними внутри камеры.

Мы рассчитываем использовать два типа детекторов.

1) Счётчик типа "Сэндвич", состоящий из слоев свинца и пластического сцинтиллятора, толщиной в 15-20 радиационных единиц. Толщина счётчика выбрана такой, чтобы почти вся энергия ливня, образования 10-30 Гэв электроном осталась в детекторе (смотри рис.2 Приложение № 4).

2) Детектора, состоящего из счётчика типа " Сэндвич", рассчитанного на "максимум" лавины ($5-6 t$ единиц для наших энергий) и газового черенковского счётчика, регистрирующего электроны лавины с энергией > 35 Мэв. Принципиальная схема газового черенковского счётчика показана на рис.3 Приложение № 4.

д) Черенковские счётчики $C_R - C_L$ аналогичны счётчикам, используемым в детекторе электронов. Меняется только размер радиатора.

е) Фильтр и счётчик мю-мезонов.

Для того, чтобы иметь возможность выделять различные моды распадов, и в частности, $K_{\mu 3}^0$, требуется применение фильтра и счётчика мю-мезонов. Импульсный спектр пучка K^0 -мезонов находится в пределах 20+40 Гэв/с. Параллельная геометрия установки позволяет детектировать пи-мезоны и мю-мезоны от распадов K^0 с импульсами от 7 Гэв/с до 25 Гэв/с.

При попадании Π^+ - мезонов больших энергий в фильтр образуется нуклон-пионные каскады с образованием вторичных сильно-взаимодействующих частиц и мю-мезонов. В ряде работ методом Монте-Карло рассчитываются нуклон-мезонные каскады в экранах из различных материалов.

По результатам вычислений, зная импульс налетающей частицы можно определить толщину фильтра из нужного материала, чтобы ослабить пучок до заданной интенсивности.

Для определения толщины фильтра наложим следующие условия:

а) выбираем импульс налетающего Π -мезона равным 25 Гэв/с (берем наихудший случай);

б) подавление нуклон-пионного каскада при выбранных импульсах в п.а) должно быть в 10^3 раз;

в) при выполнении условия п.б) должно обеспечиваться ещё хорошее прохождение мю-мезонов с импульсом 7 Гэв/с.

Для выполнения условия а) следует взять фильтр толщиной 2000 г/см² (или 2,56 м железа).

При этом условии в) будет достаточно обеспечено, ибо пробег мю-мезона с импульсом 7 Гэв/с в железе около 4000 г/см^2 , а потери на столкновения составляют 4 Гэв/с.

Размеры счётчика мю-мезонов определяются размерами счётчиков запускающей системы, величиной минимальной ионизации мю-мезонов заданного импульса в сцинтилляторе и величинами угла рассеяния и отклонения от первоначального наложения при рассеянии мю-мезонов в фильтре.

Оценки дают для мю-мезонов с импульсом 7 Гэв/с среднеквадратичный угол рассеяния около 3° и среднеквадратичное отклонение от первоначального положения, входящего в фильтр мю-мезона около 1,2 см. Исходя из этого, и с учетом геометрии установки нужно брать счётчик мю-мезонов по размеру на 20 см больше чем счётчики запускающей системы. Толщину сцинтиллятора в счётчике мю-мезонов можно взять 2+3 см.

II. СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ МАГНИТ

При выбранной нами геометрии установки в качестве спектрометрического магнита предполагается использование магнита СП-40. Это магнит имеет длину дорожки по пучку 1,5 метра, а поперек пучка 1,0 метра. Магнит СП-40 при воздушном зазоре 200 мм может дать магнитное поле напряженностью до 21.000 эрстед.

Для постановки эксперимента, когда Π -мезоны от распада K^0 летят после магнита параллельно оси пучка, необходимо иметь магнитное поле 4.300 эрстед. Таким образом, имеется значительный запас по величине магнитного поля, что весьма полезно, так с этим же магнитом в принципе возможна такая постановка эксперимента, в котором распадные Π -мезоны фокусируются на оси пучка.

Спектрометр с фокусировкой позволяет получить лучшее разрешение по импульсу из-за большого угла поворота частиц в поле магнита.

Для проведения эксперимента необходимо иметь однородное поле с точностью до 1%, так как в этом случае упрощаются расчеты и повышается телесный угол установки. Имеющиеся экспериментальные данные по измерению однородности магнита СП-40 с зазором 500мм показывают, что в центральной области магнита шириной 450 мм неоднородность поля не превышает 1%.

Магнит по пучку должен устанавливаться с точностью 1-2 мм. Ошибки в определении импульса частицы при такой точности установки магнита будут не велики.

Для установки тока на магните спектрометра, соответствующего заданной геометрии движения Π -мезонов от K^0 -распадов, необходимо знать кривую зависимости поля от тока в магните и эффективную длину магнита. Поэтому необходимо измерить для магнита после его сборки карту поля и зависимость поля от тока в магните. Магнитные измерения можно провести с датчиком Холла, который даёт точность 0,2%. При проведении магнитных измерений необходимо, чтобы рассеянные поля в магните измерялись в направлении по пучку на ± 500 мм.

Измерения магнитного поля нужно произвести в 1000 - точках.

Требования на стабильность тока в магните спектрометра вытекают из точности определения импульса частицы, прошедшей через спектрометр. Стабилизация поля в магните должны быть не хуже, чем $5 \cdot 10^{-4}$. Такого уровня стабилизации поля в магните можно достичь за счёт стабилизации тока магнита на указанном уровне. В ЛВЭ имеется опыт стабилизации токов в магнитах с

точностью $1 \cdot 10^{-4}$.

Для установки магнита на канале требуется изготовление подставки. Для устранения возможных ошибок, связанных с несимметричностью двух плечей установки, необходимо обеспечить периодическое изменение полярности магнита из измерительного домика. Необходим также контроль стабильности тока в магните. Для осуществления этих операций необходимо изготовление специальных блоков управления токами в магнитах.

Магнит СП-40 предоставляет для этого эксперимента ЛВЭ. Сборку магнита в Серпухове осуществляет ИФВЭ. Поскольку кран в ИФВЭ имеет грузоподъемность 40 т., необходимо разобрать на 2 части верхнюю и нижнюю балки магнита СП-40, весящие по 53,5 т. соответственно.

12. ЭЛЕКТРОНИКА СИСТЕМЫ ЗАПУСКА

Блок-схема электронной логики представлена на рис. I.

Приложение 6. Большинство элементов блок-схемы состоят из стандартных блоков, выпуск которых запланирован в ЦЭМ ОИЯИ с 1968г. Спецификация на электронику дана в разд. IX.

Нестандартные блоки ГЕНМ, БУ, ГЕНМ - генератор мертвого времени должен обеспечить запираание всей аппаратуры после запуска на время, определяемое временем восстановления искровых камер. БУ - блок управления должен обеспечить синхронизацию работы электроники с ускорителем, искровыми камерами и ЭВМ.

Для контроля аппаратуры необходимо разработать систему контроля. Система контроля включает в себя генераторы наносекундных импульсов, блок синхронизации и управления генера-

торами и электролюминесцентные диоды, устанавливаемые на каждом фотоумножителе.

13. ЭЛЕКТРОНИКА СВЯЗИ С ЭВМ И ПРОГРАММЫ РАБОТЫ

УСТАНОВКИ НА ЛИНИИ

В эксперименте предназначается использование проволочных искровых камер с магнитострикционным съёмом информации.

Необходимая для этого электроника и принцип ее работы даны в Приложении № 5.

Основные программы, необходимые для эксперимента на линии с ЭВМ можно разделить на три типа:

А. Управляющая программа включает в себя программу-диспетчер, программу приема информации с камер, программы контроля.

Программа-диспетчер обеспечивает работу ЭВМ в режиме прерывания с внешними объектами (камеры, телетайпы, печ. машинки и т.д.), также обеспечивает возможность подключения какой-либо внешней программы при наличии свободного времени.

Программа контроля проводят первичный отсев информации и подготавливают её в виде удобном для программ обработки.

Б. Программы первичной обработки. Осуществляют вычисление параметров события методом наименьших квадратов (или методом наибольшего правдоподобия, если потребуется). Необходимо иметь либо достаточно гибкую программу, либо несколько таких программ, чтобы иметь возможность оценить несколько гипотез (соответствие данного события разным модам распада).

В. Программа суммирования результатов. Строит необходимые распределения по результатам, накопленным предыдущей программой

и оценивает по ним некоторые физические параметры.

Кроме основных, есть ряд вспомогательных программ, к которым относятся.

Г. Программы обмена информацией с ЭВМ через телетайп.

Д. Программы моделирования.

Программы для эксперимента будут составляться совместно группой Иванченко (ЛВТА), отделом Голутвина и группами Савина и Окнова (ЛВЭ).

Система съёма информации будет разработана и изготовлена в ОННР ЛВЭ.

14. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ДОМИК

Электронная аппаратура системы сцинтилляционных и черенковских счётчиков для запуска искровых камер, электроника искровых камер и связи с ЭВМ, а также вся контрольная аппаратура должна размещаться вблизи экспериментальной зоны в измерительном домике.

В домик должны быть проведены:

- 1) контрольные кабели от установки
- 2) контрольные кабели от мониторов
- 3) кабели синхронизации установки с ускорителем
- 4) кабели электропитания
- 5) кабели контроля и управления токами магнитов
- 6) освещение
- 7) телефон, динамик и микрофон
- 8) кабели связи с пультом управления ускорителя
- 9) кабели связи с ЭВМ.

Поскольку большая часть аппаратуры выполнена на полупроводниках, для обеспечения стабильности требуется колебание температуры и влажности воздуха в небольших количествах. Необходимо иметь в домике приточно-вытяжную вентиляцию воздуха и кондиционер. В домике должны быть необходимая мебель (см. спецификацию XI).

15. ПРОФИЛИРУЮЩИЙ СЧЁТЧИК

Для проверки правильности установки канала необходимо измерить профиль пучка по вертикали и горизонтали. Это можно сделать с помощью двух спаренных профилирующих счётчиков, устанавливаемых на базе 10 метров. Размер пучка 10 см в диаметре. Необходимо обеспечить чистый ход счётчиков 40 см в горизонтальном и вертикальном направлении.

16. РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА

Канал нейтральных частиц расположен в непосредственной близости к кольцу ускорителя.

В связи с этим особенно остро стоит вопрос о радиационной защите физиков, которые обычно должны находиться в измерительном домике, иногда вблизи водородной мишени при заливке, или на канале при устранении неисправностей в аппаратуре. Защита также должна уменьшить фон в аппаратуре. Защита должна быть достаточной, чтобы без остановки ускорителя можно было некоторое время работать на канале. Для этого необходимо обязательно иметь на канале уже упоминавшийся "пучковой затвор", расположенный перед коллиматором. Кроме этого необходимо между ускорителем и каналом соорудить защитную стену из бетона.

Для бетонной защиты будут использоваться бетонные блоки, имеющиеся в ИФВЭ.

Кроме боковой защиты необходимо предусмотреть защиту по пучку. Она должна обеспечить защиту от энергичных частиц, летящих с мишени, расположенной в камере ускорителя. Для этого предполагается использование двух стальных коллиматоров по 2-3 метра длиной, обложенных со всех сторон бетоном, так чтобы образовывалась своеобразная пробка. Кроме этого необходимо заложить обмотки магнита СП-40 свинцом для более надёжной защиты от фона основной части экспериментальной аппаратуры, расположенной за магнитом.

Домик для аппаратуры и людей можно разместить над каналом в самом его конце на высоте 3,0 метра от поля.

Необходимо также предусмотреть защиту канала сверху с помощью бетонных балок.

17. ФЕРМЫ И СТОЛЫ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ АППАРАТУРЫ

Вся экспериментальная аппаратура должна размещаться на высоте пучка в камере ускорителя. Большое расстояние от оси пучка до пола 2,15 метра затрудняет установку аппаратуры. Лучше всего по всей длине канала положить на пол бетонные кубы высотой 1,0 метр и на них устанавливать фермы небольшой высоты, на которых разместить столы для счётчиков и искровых камер. Столы для счётчиков и искровых камер должны быть сконструированы так, чтобы положение их чётко фиксировалось и чтобы имелась возможность заменить неисправный счётчик или камеры другим счётчиком или камерой без юстировки.

Механическая проблема юстировки искровых камер с точностью 0,3мм на базе около 20 метров не тривиальна. Проблема установки камеры состоит в том, что возможны иметь движения камеры: смещение вдоль или вращение вокруг одной из трёх осей. Камеры перед магнитом необходимо установить на одном столе, а камеры после магнита на другом столе. Столы должны быть оборудованы колёсиками, рычагами для обеспечения юстировки искровых камер.

У. Ориентировочная сметная стоимость блоков
установки (вкл. стоимость изготовления в ЛВЭ)

№ пп	Наименование блока	Ориентировочное к-во часов в мастерской	Стоимость (материал, работа) в руб.	Примечание
1	2	3	4	5
1.	Внутренняя мишень I)	1000	3000 ^{x)}	
2.	Пучковый затвор I)	300	1000 ^{x)}	
3.	Сменный гамма-фильтр I).	500	1500 ^{x)}	
4.	Коллиматоры I)	800	2500 ^{x)}	
5.	Ионопровод I)	500	1500 ^{x)}	
6.	Жидководородная мишень с фермой, джарами и приспособлениями	7000 ^{I)} 4000 ³⁾	30000	Сог. спец. XII
7.	Твердый регенератор I)	200	1700	
8.	Искровые камеры I)	3000	11000 +80 \$	Сог. прил. 5.2
9.	Система продува искровых камер I)	1200	2600	Сог. пр. 5.4
10.	Питание искровых камер I)	1000	14135	Сог. пр. 5.5
11.	Регистрирующая электроника 3)	8500	141920 + 4600 \$	Сог. пр. 5.3 и 5.6
12.	Сцинтилляционные счётчики	8000	25000	Возможно изготовление через ИФВЭ
13.	Сцинтилляторы I)	500	1500 ^{x)}	
14.	Газовые черенковские счётчики I)	2000	6000 ^{x)}	
15.	Детектор электронов I)	2000	6000 ^{x)}	
16.	Электроника системы запуска 3)	29000	87000	Сог. спец. IX
17.	Прибор для контроля, настройки и управления установкой		116978 +34.490 \$	Спец. X, XI, XIII
18.	Транспортировка оборудования в Серпухов		40000	

1	2	3	4	5
19	Измерительный домик	4000	12000	Возможно изготовление через ИФВЭ
20	Фермы и подставки под счётчики и искровые камеры ²⁾	1000 +3000	3000 ^{x)} +9000	-"
21	Профилирующие счётчики ¹⁾	1500	4000 ^{x)}	
22	Переделка магнита СП-40 ²⁾	1000	3000 ^{x)}	
23	Монтаж оборудования на У-70 в Серпухове ²⁾	2500	20000	
24	Участок камеры ускорителя ¹⁾	500	1000 ^{x)}	
25	Подставка под магнит СП-40 ²⁾	500	1500 ^{x)}	
Итого:		83500	561433 +39170	
из них эксп.маст. Уральского		22000	Из них на систему магнитострикционных камер	
-"- мех.маст. Сабаева		5000		
	ЦЭМ	41500	204,055 руб	
	ИФВЭ	15000	+4680	

х) Стоимость изготовления оборудования в мастерских подсчитана путем умножения ориентировочного потребного числа часов на коэффициент 3.

-
- 1) Изготовление в экспериментальных мастерских Уральского
 - 2) Изготовление в механических мастерских Сабаева
 - 3) Изготовление в ЦЭМ ОИЯИ.

VI. Ориентировочный план по проектным работам

№ пп	Проектная работа	Кто проектирует	Срок исполнения	Примечание
1	2	3	4	5
I.	Внутренняя мишень	СКУ ИФВЭ (Мызников К.П.)	февраль 68г.	
2.	Канал нейтральных частиц	КБ Борисова	"-	
3.	Пучковый затвор	гр.Савина	март	
4.	Сменный гамма-фильтр	"-	май 68г.	
5.	Коллиматоры	"-	март 68г.	
6.	Ионопровод	КБ Борисова	июнь 68г.	
7.	Жидководородная мишень с приспособлениями (кроме дейтериевого блока)	криогенный отд. ЛФЭ Голованов Л.Б. КБ-Борисова	апрель 68г. (согласно плана на стр.33)	
8.	Искровые камеры	ОННР (Голутвина)	март 68г.	
9.	Система продува искровых камер	"-	июль 68г.	
10	Нестандартная электроника системы запуска	гр.Савина	март 68г.	
11	Сцинтилляторы	гр.Савина	февраль 68г.	
12	Газовые черенковские счётчики	гр.Савина КБ Борисова	декабрь 67г. апрель 68г.	
13	Детектор электронов	гр.Савина	апрель 68г.	
14	Система съёма информации с искровых камер и связан с ЭВМ	ОННР ЛВЭ (Голутвин И.А.)	апрель 68г.	
15	Твердый регенератор	КБ Борисова	май 68г.	
16	Профилирующие счётчики	КБ Борисова	июнь 68г.	
17	Фермы и столы под счёт- чики и искровые камеры	"-	март 68г.	
18	Переделка магнита СП-40	"-	апрель 68г.	
19	Подставка под магнит	"-	апрель 68г.	
20	Участок камеры ускорителя	"-	май 68г.	
21	Система УБС	ОГЭ, Макаров	апрель 68г.	
22	Радиационная защита	КБ Борисова	февраль 68г.	
23	Система питания искро- вых камер	ОННР Голутвин	июль 68 г.	

УП. Ориентировочный план работы с жидководородной мишенью

№№ пп	Наименование работы	Ответственный	Срок исполне- ния	Приме- чание
1	2	3	4	5
<u>1. Мишень</u>				
а)	проектирование	Криог.отд.ЛВЭ (Голованов Л.Б.)	февраль 68г.	
б)	копирование чертежей	Криог.отд.ЛВЭ Шишов Ю.А.	март 1968 г.	
в)	изготовление	экспер.мастер. ЛВЭ	август 68г.	
г)	испытание и наладка	криог.отд.ЛВЭ (Голованов Л.Б.)	ноябрь 68г.	
<u>2. Ферма под мишень</u>				
а)	техусловия	криог.отд.ЛВЭ (Голованов Л.Б.)	январь 68г.	
б)	проектирование	КБ Борисова	март 68г.	
в)	изготовление	экспер.маст.ЛВЭ	август 68г.	
<u>3. Сифоны</u>				
а)	проектирование	Криог.отд.ЛВЭ (Голованов Л.Б.)	апрель 68г.	
б)	изготовление	экспер.мастер. ЛВЭ	август 68г.	
в)	испытание	криог.отд.ЛВЭ (Голованов Л.Б.)	ноябрь 68г.	
<u>4. Льюары</u>				
а)	изготовление	ЦЭМ ОИЯИ	май 68 г.	
б)	испытание	криог.отд.ЛВЭ	август 68г.	
<u>5. Лейтериевый блок</u>				
а)	техусловия	криог.отдел ЛВЭ (Голованов Л.Б.)		
б)	проектирование			
в)	изготовление		декабрь 69г.	
6.	Система аварийного сброса	ИФВЭ	ноябрь 68г.	
7.	Система аварийного сброса	-"	ноябрь 69г.	

1	2	3	4	5
8	Система аварийной сигнализации	ИФВЭ	ноябрь 68г.	
9	Система вентиляции	ИФВЭ, ОГЭ ЛВЭ	ноябрь 68г.	
10	Снабжение			
	а) жидким водородом	ЛВЭ, ИФВЭ	69г.-70г.	
	б) жидким азотом	ЛВЭ, ИФВЭ		
	в) газообразным дейтерием	по согласова-		
		нию с ИФВЭ		

УШ. Ориентировочный план изготовления узлов установки

№ п/п	Изготавливаемый узел	Изготовитель	Срок исполнения	Приме- чание
1	2	3	4	5
1.	Внутренняя мишень	Уральский	апрель 68г.	
2	Пучковый затвор	Уральский	апрель 68г.	
3	Сменный гамма-фильтр и механизм смены регенератора	Уральский	июнь 68г.	
4	Коллиматоры	"-	март 68г.	
5	Жидководородная мишень с приспособлениями (без дейтериевого блока)	ЦЭМ ОИЛИ	август 68г. (согласно плана стр.33)	
6	Искровые камеры	Голутвин	август 68г.	
7	Система продува искровых камер	Уральский	июль 68г.	
8	Нестандартная электроника системы запуска	Воробьев	май 68г.	
9	Стандартная электроника системы запуска	ЦЭМ ОИЛИ	март 68г.	
10	Сцинтилляционные счётчики	ИФВЭ	март 68г.	
11	Газовые черенковские счётчики	Уральский	июнь 68г.	
12	Детектор электронов	"-	июнь 68г.	
13	Фильтр мю-мезонов	"-	май 68г.	
14	Система съёма информации и связи с ЭВМ	Голутвин	август 68г.	
15	Измерительный домик	ИФВЭ	июль 68г.	
16	Профилирующие счётчики	Уральский	июль 68г.	
17	Фермы и столы под счётчики и искровые камеры	Сабаев ИФВЭ	май 68г.	
18	Подставка под магниты СП-40 с юстировкой	Сабаев	май 68г.	
19	Ионопровод	"-	июнь 68г.	
20	Монтаж канала в Серпухове	ИФВЭ	сент. 68г.	
21	Питание искровых камер	Голутвин	сентябрь 68г.	
22	Монтаж оборудования в Серпухове	маст. ЛВЭ НЭЭО, ИФВЭ	сентябрь 68г.	

IX. Спецификация на электронику системы запуска
(изделия ЦЭМ ОИЯИ)

№№ пп	Наименование блока	К-во блоков шт.	Стоимость блока рублей	Полная стои- мость рублей	Ориентировочное количество ча- сов для изго- товления блоков
1	2	3	4	5	6
1.	Блок задержки БЗ I00	54	70	3780	1260
2.	Усилитель ЗУС I00	23	150	3450	1150
3.	Размножитель Р8 I00	4	400	1600	534
4.	Размножитель Р4 I00	40	200	8000	2670
5	Смеситель С I00	20	86	1720	574
6	Схема совпадения 4ССИ00	30	253	7590	2530
7	Дифференциальный дискри- минатор ДДИ00	3	140	420	140
8	Интегральный дискримина- тор ДИИ00	8	140	1120	374
9	Линейные ворота ЛВИ00	8	350	2800	933
10	Источник питания ИП-2	10	471,5	4715	1570
11	Стойка "Вишня"	4	2500	10000	3333
12	Стойка "ОИЯИ"	1	900	900	300
13	Стойка "Печать"	3	13625	40800	13625
Всего:				87000	29000

Х. СПЕЦИФИКАЦИИ

на материалы и приборы по экспериментам с К⁰-мезонами

№ пп	Наименование	К-во	Цена шт. руб.	Полная цена руб.	Возможна замена	Примечания
1	2	3	4	5	6	7
1	Осциллограф CI-10	1	1000	1000		
2	Осциллограф Hewlett-Packard 140A (США)	2	600	1200	А. Осциллограф фирмы Hewlett-Packard (США)	
	а) блок I425A	2	1600	3200	Тип 766 H/F с блоками: 79-02A, I7A, 4289B	
	б) блок I410A	2	1600	3200	7994B, 4292B, фотокамера 450A-4 Цена 3777 р	
	в) блок I119A	2	110	220	В. Осциллограф Tinsley (Япония) SS-1011 с блоком SP-101	х)
	г) тубус IOI75B	2	15	30		
	д) поляридная фотокамера I97A	2	475	950		
3	Осциллограф OSH-601	1	2000	2000		х)
4	Осциллограф CI-19A	1	400	400		х)
5	Генератор Г5-23	1	2400	2400		х)
6	Генератор Г5-22	1	1920	1920		х)
7	Генератор IO9 (США) Datapulse	1	690	690		
8	Цифровой вольтметр DM2010 (Англия)	2	5000	10000		
9	Цифровой вольтметр Ш-1411М	1	3600	3600		х)

1	2	3	4	5	6	7
10	Тестер ТТ-3 (ВК-7-1)	5	33	165		
11	Вольтметр ВК-7-9	1	320	320		х) 2шт.
12	Ампервольтметр-испытатель транзисторов Ф434	1	600	600		
13	Измеритель частотных характеристик XI-13	1	1658	1658		
14	Прибор для настройки телевизоров	1	150	150		
15	Фотоумножители ФЭУ-30	70	45	3150		
16	"-" ФЭУ-65	30	110	3300		
17	Источники питания ВСВ-3	40	200	8000		х) 20 шт.
18	Источник питания ВС-25	3	250	750		
19	"-" ВС-26	3	278	844		
20	"-" ВС-30	3	300	900		
21	"-" БЭС-1	2	300	600		
22	"-" УИП-2	1	270	270		
23	"-" ВС-28	3	604	1812		
24	Машинка печатная электрическая "Оптима" с русским шрифтом	2	250	500		
25	Пишущая машинка "Оптима" с латинским шрифтом	1	250	250		
26	Электронная арифметическая машина "Элка" (Болгария)	3	2500	7500		
27	Аппарат производственной громкоговорящей связи ПГСПЗ-120М	1	250	250	АГТС-1	
28	Магнитофон "Луза-10 Stereo"	1	300	300		
29	Стробоскопическая приставка СИ-21	1	1000	1000		

30	Анализатор АИ-4096	I	60000	60000		
31	Анализатор SA 40B фирма "Интертекник" (Франция)	I	15000	15000	Р	
32	Кабель РК-19	I, ОКМ	58	58	+3,5км	
33	Розетки приборные СР-50-73ф	I00	2, I	210		
34	Розетки приборно-кабельные СР-50-83ф	I30	2, I	260	+120	
35	Вилки кабельные СР-50-74ф	800	2, I	1680	+120	
36	Переходник прямой СР-50-75ф	200	2, I	420		
37	Переходник тройной СР-50-95ф	50	2, I	105		
38	Кабель РК-50-7-11	4, ОКМ	193	772		
39	Розетка приборная СР-50-65ф	250	2, I	525		
40	Розетка приборно-кабельная СР-50-63ф	150	2, I	315		
41	Вилка кабельная СР-50-64ф	500	2, I	1050		
42	Переходник прямой СР-50-62ф	200	2, I	420		
43	Переходник тройной СР-50-94ф	50	2, I0	105		
44	Провод высоковольтный ПВЛЭ	4, ОКМ	270(1км)	1080		
	Свинец С-1	2,5т	670	1675		
	Свинец листовой 5 мм	I,0	760	760		
45	Электросверлилки С-499	I	18-00	18-00		х)
	С-480	I	24-00	24-00		
	С-437	I	19-00	19-00		
46	Электропаяльники 220х60	20	1-27	25-40		х)
	220х90	10	1-80	18-00		

1	2	3	4	5	6	7
47	Электроточило наст. (П1-138А) с 458	1	30-50	30-50		x)
48	Индивидуальный набор электромонтажных инструментов ПН-3	5	12	60-00		x)
49	Бокорезы	15	1-30	19-50		
	Ножи монтерские	10	2-20	22		x)
	Острогубцы (кусачки)	10	0,29	2-90		
	отвертки малые 135x3мм	10	0,27	2-70		
	150 x 4	10	0,30	3-00		
	200 x 5	10	0-35	3-50		
	200 x 8	10	0-35	3-50		
	Плоскогубцы универс. 200мм	5	0-70	3,5		
50	Пробойники трубчатые ТП-28	10	0-45	4-50		
51	Рулетки металлич. РС-20	5шт.	2-50	12-50		x)
52	Кусачки острогубцы боковые 189-СН с изолиров. ручками	5шт.	1-20	6-00		x)
53	Плоскогубцы ПП-1	5шт.	2-70	13-50		x)
54	Настольно-сверильный станок НС-12А	1шт.	104-00	104-00		x)
55	Набор гаечных ключей в чехле	3шт. ком.	3-75	7-50 3-75		x)
56	Ключ разводной № 1	2шт.	0-50	1-00		x)
	№ 2	2шт.	0-60	1-20		
	№ 3	2шт.	0-60	1-20		
	Метчики ручные ГОСТ 9150-59	10	0,36	3-60		x)
	2 x 0,40	10	0-36	3-60		
	2,5 x 0,45	10	0-31	3-10		
	3 x 0,5					

4x0,7	10	0-28	2-80
5x0,7	10	0-28	2-80
6x1,0	10	0-31	3-10
8x1,25	10	0-41	4-10
10x1,5	5	0-55	2-75
12x1,75	5	0-75	3-95

57 Метчики ручные мелкие

8 x 1,0	10	0,41	4,10
10 x 1,0	10	0,50	5-00
12 x 1,0	10	0-80	8-00

58 Плашки круглые для метрической резьбы
ГОСТ 9150-59

2 x 0,4	10	1,10	11-00
3 x 0,4	10	0-80	8-00
4 x 0,7	10	0-65	6-50
5 x 0,7	10	0-70	7-00
6 x 1,0	10	0-80	8-00
8 x 1,25	10	0-95	9-00
10 x 1,5	5	1-10	5-50
12 x 1,75	5	1-50	7-50

59 Плашки с мелким шагом

8 x 1,0	5	1-00	5-00
10 x 1,0	5	1-25	6-25
12 x 1,0	5	1-60	8-00

60 Надфили набор 10 шт
Штангенциркуль с глубомером 125мм

10 шт	10	4-00	4-00
5шт	5шт	1-10	5-50

61 Штангенциркуль 200мм

5шт	5шт	5-00	25-00
-----	-----	------	-------

Микрометр 0-25
Полотна ножовочные

2шт.	2шт.	5-20	10-40
100шт.	100шт.	62кол.	6-20
		за 10шт	

x)

62	Замок висячий	3 шт.	1-02	3-06	х)
	Леркодержатели	5 шт.	1-20	6-00	
	Метчикодержатели	5шт.	1-00	5-00	
	Скальпели	20	0-40	8-00	
	Пинцеты	10	0-36	3-60	
	Ножницы хирургические	5	0-85	4-25	
63	Ножницы по мет.	5	2-00	10-00	
	Станок ножовочный	5	2-80	14-00	
	Тиски настольные	2	8-00	16-00	
	Тиски ручные	4	3-40	13-60	
	Молотки слесарные	4	0-80	3-20	
	Угольник слесарный	4	1-50	6-00	

Всего 113.813
+ 34.490 ₴

х) Приборы, включенные в заявку на 1968 г. по серпуховским работам (Приложение № 8).

ХІ. СПЕЦИФИКАЦИЯ
НА МЕБЕЛЬ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ
В г. СЕРПУХОВЕ

№ п/п	Наименование	Кол-во	Цена за штуку в руб.	Полная цена в руб.
1	Письменный стол 2-х тум- бовый	2	60	120
2	Книжный шкаф	4	41	164
3	Кресло	4	60	240
4	Диван	2	120	240
5	Несгораемый шкаф № 10	3	46	138
6	Стулья	8	8	64
7	Вешалка	2	12	24
8	Стол лабораторный	2	50	100
Всего				1090

ХП. СПЕЦИФИКАЦИЯ

на оборудование и материалы для жидководородной
мишени

№ п/п	Наименование	Кол-во штук	Стои- мость в руб.	Общая стоим. руб.	Приме- чание
1	2	3	4	5	6
1	Дьюар водородный 50л	5	2000	10000	
2	Дьюар азотный 15л	5	200	1000	
3	Сифон для заливки водорода	2	50	100	
4	Баллон для газообразного водорода	2	15	30	
5	Вакуумный насос ВН-2	1	290	220	
6	Ловушка	1	10	10	
7	Электроподогреватель	1	15	15	
8	ЛАТР	1	25	25	
9	Вентиля разные	10	3	30	155Вр
10	Манометры тип 10+6 кг/см ²	10	1	10	
11	Термометры ТПК № 4	5	2	10	
12	Вакуумметр термопарный ВТ-2П	1	25	25	
13	Лампа термопарная ЛТ-4М	2	2,5	5	
14	Магнитный манометр ММ-8	2	2,5	5	
15	Ионизационный манометр	2	2,5	5	
16	Мишень	1	10000	10000	
17	Течеискатель ПТИ-6	1	1500	1500	
18	Ферма	1	5000	5000	
19	Масло вакуумное ВН-4	20лит.	1	20	
20	Адсорбент марки БАУ	1кг.	5	5	
21	Шланги вакуумные	50м	-	30	
22	Лавсан б=150мк	1 кг.	15	15	
23	Стеклобумага СБР	25кг	3р	75	
24	Лавсан металлизированный б=12мк	50кг	14 руб. за 1 кг.	600	

Итого:

28735

ХШ. СПЕЦИФИКАЦИЯ
на материалы для системы контроля аппаратуры

№№ пп	Наименование	Кол-во	Цена шт.руб.	Сумма руб.
I	2	3	4	5
Сопротивления				
I	МЛТ 75	4	0,015	0,06
2	"- 910	3	"-	0,045
3	"- 680	2	"-	0,03
4	"- 43	6	"-	0,09
5	"- 50	8	"-	0,12
6	"- 100	30	"-	0,45
7	"- 510	30	"-	0,45
8	"- 200	3	"-	0,045
9	"- 4,3ком	2	0,014	0,028
10	"- 1,0ком	5	"-	0,070
11	"- 1,6ком	50	"-	0,70
12	"- 20 ком	4	"-	0,056
13	"- 1,0мг	3	"-	0,042
Конденсаторы				
14	КЛС, КЛГ, КСО-I 150+250пф	500	0,12	60,0
15	КД 100 пф	35	0,03	1,05
16	ЭТО-I 6 мкф 10в	10	1,20	12,0
17	"- 1 мкф х 10в	4	1,20	4,80
18	МБГЦ 0,1 мкф х 400	5	0,45	2,25
19	МБМ 0,1 мкф	6	0,25	1,50
Полупроводники				
20	Триод МП 311А	5	0,80	4,0
21	"- П608	4	3,50	14,0
22	Диод Д312	100	3,50	350,0
23	"- Д18	6	0,53	3,18
24	"- ЗИ301Г	4	1,75	7,0
25	"- КУ201К	5	6,55	32,75

1	2	3	4	5
<u>Разъемы высокочастотные</u>				
26	CP-50 - 83Ф	120	2,10	252,0
27	CP-50 - 74Ф	120	2,10	252,0
Кабели				
28	PK-19 (PK-50-2-17)	3,5км	58,0	203,0
Электролюминесцентные диоды:				
29	из карбида кремния	60	70,0	420,0
30	фосфида галлия	60	70,0	420,0
31	Переключатель ЭПБНПМ	3	1,50	4,50
32	Микротумблер типа МТЗ-ТІ	4	2,65	10,60
33	Фонари типа ФРІ-3	6	0,90	3,60
34	Кнопка типа КМІ-І	4	0,80	3,20
35	Разъем типа РНЗ-30	10	1,16	11,6
Ферритовые изделия				
36	Сердечник М-0,16 вт-к 3х1,4х1	1000		
37	"- М 400НН-Кх40х25х7,5	80		
38	Управляемые диоды ВТУ-9І-600 (фирма "Филлипс")	10	19,0	190
Всего:			2075	
			+	190

XIV. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

Для подготовки и проведения экспериментов с K^0 -мезонами в Серпухове распоряжением № 99 по ЛВЭ от 29 сентября 1967 г. в НЭЭО образована группа в составе:

- 1 БИРУЛЕВ В.К. - инженер
- 2 ВОВЕНКО А.С. - научный сотрудник
- 3 ГУСЬКОВ Б.Н. - ст.инженер
- 4 КАКУРИН И.Н. - ст.техник
- 5 КРИВОХИЖИН В.Г.- инженер
- 6 КУХТИН В.В. - стажер
- 7 ЛИХАЧЕВ М.Ф. - научный сотрудник
- 8 ЛЮБИМОВ А.Л. - ст.научный сотрудник - рук.группы
- 9 САВИН И.А. - научный сотрудник
- 10 ЧЕРНЫШЕВ Н.И. - слесарь 7 разряда.

Планируется в 1968 году включение в состав этой группы 2-3 чехословацких физиков из группы профессора Пернегра.

Руководителем группы назначен САВИН И.А.

В экспериментах будут принимать участие также сотрудники группы Оконова Э.О.

- 11 ОКОНОВ Э.О.
- 12 ТАХТАМЫШЕВ Ю.
- 13 ЛУКСТИНШ Ю.
- 14 ХОРОЗОВ С.
- 15 АНИКИНА М.Х.

В этом случае они работают по планам группы Савина И.А. и персонально отвечают за порученный им участок работы.

В подготовке экспериментов участвует отдел новых научных разработок (начальник Голутвин И.А.). Этот отдел отвечает за:

- 1) проектирование системы магнестрикционных искровых камер для экспериментов на линии с ЭМ;
- 2) настройку системы в лабораторных условиях;
- 3) отладку системы на пучке синхрофазотрона ОИЯИ;
- 4) наладку системы в рабочих условиях в Серпузове (пробные рабочие экспозиции);
- 5) наладку быстрой электроники системы запуска искровых камер:

Эксплуатация установки во время проведения эксперимента должна быть обеспечена с помощью отдела ОИЯИ в ИФВЭ.

Для этой цели минимально требуется 3 инженера и 4 техника.

И.А. Голутвин
И.А. Голутвин
Голутвин

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение № 1.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Э.О.ОКОНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ
АМПЛИТУД РАССЕЯНИЯ И ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ФОРМФАКТОРА K^0 -ЧАСТИЦ В ОПЫТАХ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ
С K_L^0 -МЕЗОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (20-40 ГЭВ)

(Проект эксперимента)

1. ЧТО ДАЕТ ИЗУЧЕНИЕ РЕГЕНЕРАЦИИ $K_L^0 \rightarrow K_S^0$
ПРИ БОЛЬШИХ ЭНЕРГИЯХ х)

1) Исследование асимптотического поведения амплитуд
 KN и $\bar{K}N$ - рассеяния

В обычной постановке опыта при изучении асимптотического поведения взаимодействия частицы и античастицы проводится сопоставление данных, полученных в различных экспериментах. Исследование регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ позволяет избежать эту трудность. Действительно, переход $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ определяется различным взаимодействием K^0 и \bar{K}^0 с веществом, поэтому процесс регенерации зависит непосредственно от разности амплитуд (сечений) взаимодействия KN и $\bar{K}N$. При этом одновременно могут быть получены данные как о разности амплитуд рассеяния вперед ("когерентная регенерация") так и о разности дифференциальных сечений рассеяния под разными углами ("некогерентная регенерация"). Интенсивность когерентно-регенерированных K_S^0 - мезонов в толстой пластине дается выражением (см. например, 2)

$$|R_{\leftarrow}|^2 = \frac{4 |A(0) - \bar{A}(0)|^2 N^2 \Lambda^2 \lambda^2}{1 + 4 \Delta m^2} [1 + e^{-\ell} - 2 \cos(\Delta m \ell) e^{-\ell/2}] \cdot e^{-L/\lambda} \quad (I)$$

где $A(0)$ и $\bar{A}(0)$ - амплитуды рассеяния на угол 0° для K^0 и \bar{K}^0 - соответственно; N - число ядер в 1 см^3 ;

х) Более подробно особенности регенерационных явлений при больших энергиях изложены в работе [1] .

Λ - средний распадный просег K_S^0 - мезона;

λ - длина волны; Δm - разность масс K_L^0 и K_S^0

$\ell = L/\Lambda$ - толщина поглотителя в величинах Λ ;

u - средний ядерный пробег.

Рассмотрим теперь зависимость $|R_K|^2$ от импульса K_L^0 -мезона (P_K), ограничившись для простоты регенерацией, обусловленной различием мнимых частей амплитуд рассеяния KN и $\bar{K}N$.

Принимая во внимание связь $\text{Im} A(0)$ с полным сечением σ , которую дает оптическая теорема: $\text{Im} A(0) = \frac{\sigma}{8\pi\lambda}$ имеем при $\ell > 1$ x)

$$|R_K|^2 \sim |A(0) - \bar{A}(0)|^2 \Lambda^2 \lambda^2 \sim |\sigma - \bar{\sigma}|^2 P_K^2$$

Аналогичным образом для относительного числа K_S^0 - мезонов, дифракционно регенерированных в направлении вперед:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\Delta N}{\Delta \Omega}\right)_0 &= |A(0) - \bar{A}(0)|^2 N \Lambda (1 - e^{-\ell}) \cdot e^{-L/u} \sim \\ &\sim |A(0) - \bar{A}(0)|^2 \Lambda \sim |\sigma - \bar{\sigma}|^2 P_K^3 \end{aligned} \quad (2)$$

Приведенные выше соотношения показывают, что чувствительность регенерации к малым $|\sigma - \bar{\sigma}|$ растёт с энергией, таким образом, повышается эффективность процесса регенерации, как метода изучения асимптотических соотношений. Ещё одно важное преимущество этого метода связано с возможностью исследовать в одном эксперименте асимптотическое поведение как действительной, так и мнимой части амплитуды рассеяния. Для этого необходимо

x) Для жидкого водорода средний ядерный пробег довольно велик ($u \sim 1400$ см), поэтому опыт с толстым регенератором ($\ell > 1$) может быть осуществлен вплоть до импульсов $P_K \sim 100$ Гэв/с без значительных потерь на ядерное поглощение.

наблюдать интерференцию когерентно регенерированной K_S^0 -волны с волной CP-нарушающего распада. $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$. Как было показано в [3], могут быть выбраны такие условия эксперимента, при которых эта интерференция имеет ярко выраженный характер.

Вероятность распада на $\pi^+ \pi^-$ после регенератора с учётом интерференции будет

$$P(\pi^+ \pi^-) \sim [|R_L|^2 e^{-\lambda_S t} + 2 |R_L| |\varepsilon| \sin(\Delta m t - \varphi_R + \varphi_{CP}) \times e^{-(\lambda_S + \lambda_L)t/2} + |\varepsilon|^2 e^{-\lambda_L t}] \quad (3)$$

где $|\varepsilon| \cdot e^{i\varphi_{CP}} = \frac{A_L(\pi^+ \pi^-)}{A_S(\pi^+ \pi^-)}$

λ_S, λ_L - постоянные распада K_S^0 и K_L^0 мезонов соответственно

$$\varphi_R = \arctg \frac{\text{Im}[A(0) - \bar{A}(0)]}{\text{Re}[A(0) - \bar{A}(0)]}$$

(в случае толстого регенератора к этой величине следует прибавить член " - $\arctg(2 \Delta m / \lambda_S)$ "

В настоящее время величины $|\varepsilon|$ и φ_{CP} - измерены [4].

Таким образом, по наблюдаемой интерференционной картине можно

определять $R_L \rightarrow |A(0) - \bar{A}(0)|$ и $\varphi_R \rightarrow \frac{\text{Im}[A(0) - \bar{A}(0)]}{\text{Re}[A(0) - \bar{A}(0)]}$

т.е. реальные и мнимые части амплитуд рассеяния. Это обстоятельство позволяет, например, проверить асимптотическое соотношение, выведенное при довольно общих предположениях об аналитичности и непрерывности [5], согласно которому амплитуда регенерации $K_L^0 \rightarrow P \rightarrow K_S^0 \rightarrow P$ при передаваемом импульсе $t=0$ (т.е. амплитуда когерентной регенерации) должна быть действительной в асимптотике. Особенно полезной отмеченная возможность может

оказаться при изучении дисперсионных соотношений, которые связывают реальную и мнимую части амплитуды рассеяния вперед. Как уже подчеркивалось, процесс регенерации определяется разностью амплитуд KN и $\bar{K}N$ - рассеяния. В терминах реджистики это означает зависимость этого процесса только от нечётных полюсов, что существенно облегчает изучение их асимптотического поведения.

Регенерация даёт, по-видимому, единственный прямой способ проверки одного из предсказаний расширенной SU_6 - симметрии для амплитуд рассеяния вперед [6]

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} [A(K^+p) - A(K^-p)] &= A(K^+p) - A(\bar{K}^+p) = \\ &= A(\pi^+p) - A(\pi^-p) \end{aligned}$$

До сих пор это соотношение проверялось косвенным образом [7] с привлечением данных по K^+n и K^-n - рассеянию и с использованием изотопинвариантности, которая, строго говоря, сама нуждается в проверке при больших энергиях.

2). Изучение резонансных состояний в системе $\bar{K}N$

Сравнение энергетических зависимостей сечений K^-N и K^+N - взаимодействий показывает, что эти кривые имеют тенденцию к сближению в соответствии с общим характером асимптотических соотношений. Вместе с тем обращает на себя внимание существенное различие в характере этих зависимостей: $\sigma(K^+N) = f(E_+)$ - гладкая монотонная функция, в то время как в кривой

$\sigma(K^-N) = f(E_-)$ имеют место нерегулярности и "горбы", что обусловлено в основном рождением "странных" барионных резонансов. Поскольку число каналов различных реакций растёт с

энергией, относительный вклад в $\sigma(K^-N)$ рождения определенного резонансного состояния уменьшается. Таким образом, при исследовании $\sigma(K^-N) = f(E)$ с ростом энергии становится всё труднее выделить резонанс среди растущего с энергией "нерезонансного" фона. Поиски новых $\bar{K}N$ - резонансов по энергетической зависимости процесса регенерации могут проводиться в более благоприятных фоновых условиях. Действительно, общие ("нерезонансные") части сечений KN и $\bar{K}N$ сближаются по величине с ростом энергии, так что процесс регенерации, зависящий от разности сечений (амплитуд), становится все более чувствительным к резонансам, вследствие уменьшения "нерезонансного" фона. Здесь следует также иметь в виду, что регенерация растёт с энергией по абсолютной величине при достаточно толстом регенераторе (жидкий водород).

Исключительный интерес представляет исследование интерференции распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ с распадами K_S^0 - мезонов, когерентно регенерированных при энергиях, близких к резонансной. Как было показано выше (стр.3) это дает возможность определить разность как реальных так и мнимых частей амплитуд рассеяния т.е. позволяет в случае преобладания резонансной $\bar{K}N$ - амплитуды определять её фазу. Это обстоятельство может быть использовано для разделения перекрывающихся резонансов: для этого необходимо исследовать изменение фазы

$$\varphi_R = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im} [A(0) - \bar{A}(0)]}{\operatorname{Re} [A(0) - \bar{A}(0)]}$$

с энергией. Обнаружение в пределах широкого пика нескольких максимумов в величине φ_R послужило бы указанием на "тонкую

структуру" этого резонанса^{х)}. Сведения о $\bar{K}N$ - резонансах могут быть получены также при исследовании регенерации "назад" (на 180° в сцм - системе). При этом "нерезонансный" фон будет меньше, чем в обычной постановке опыта.

3) Изучение электромагнитной структуры K^0 -мезонов.

Исследование регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ дают редкую возможность получить информацию об электромагнитном формфакторе K^0 -мезонов [9]. При прохождении K_L^0 - мезонов через вещество помимо "ядерной" регенерации возникает регенерация, обусловленная различным взаимодействием K^0 и \bar{K}^0 с электронами и зависящая существенным образом от электромагнитной структуры каонов и их энергии. Выделить электронную регенерацию прямым способом из когерентного пика не представляется возможным. Имеется, однако, способ определить когерентную регенерацию на ядре: для этого необходимо экстраполировать дифракционную регенерацию на ядре в область малых углов вылета регенерированных K_S^0 - мезонов. Тем самым можно оценить вклад, который дает регенерация на электронах.

Рассмотрим отношение числа когерентно регенерированных K_S^0 мезонов к числу K_S^0 - мезонов, возникших за счёт дифракционной регенерации на ядре на угол близкий к 0° (см. выражения (1) и (2)).

х) Известно, что в наиболее благоприятных условиях фаза амплитуды рассеяния проходит через 90° в точке резонанса (см., например, [8]).

Вероятности этих обоих процессов пропорциональны квадрату амплитуды ядерной регенерации $|f_{21}|^2 = |A(0) - \bar{A}(0)|^2$ и их отношение не зависит от этой величины

$$\alpha_0 = \frac{|R_{\kappa}|^2}{\left(\frac{\Delta N}{\Delta \Omega}\right)_0} = 4 \lambda^2 N \Lambda \frac{[1 + e^{-\ell} - 2 e^{-\ell/2} \cos(\Delta m \ell)]}{(1 + 4 \Delta m^2) \cdot (1 - e^{-\ell})} \quad (4)$$

Если же учесть регенерацию на электронах отношение α будет иметь вид

$$\alpha = \alpha_0 \left(1 \pm \frac{2 \operatorname{Re} f_{21} \cdot f_{21} + |f_{21}|^2}{|f_{21}|^2} \right) \quad (5)$$

Как было показано В.Любощицем и М.Подгорецким, амплитуда регенерации на электронах $f_{21} = \frac{2Z^2}{3} \frac{e^2}{(\hbar c)^2} E_{\kappa} Z^2$ растёт с энергией $E_{\kappa} = \sqrt{p_{\kappa}^2 + m_{\kappa}^2}$. Она существенным образом зависит также от электромагнитного радиуса K^0 -мезонов Z и материала регенератора (Z).

Сравнивая экспериментально полученное значение α с величиной α_0 , которая может быть рассчитана, можно определить вклад регенерации на электронах и величину Z (если известны значения $\operatorname{Re} f_{21}$ и $|f_{21}|$).

Этот метод был использован в работе [10], в которой на основании имеющихся данных по регенерации сделана первая (и пока единственная) оценка верхнего предела электромагнитного радиуса нейтрального каона. Согласно этой оценке $Z \leq 2,6 \text{ фс}$ (с 95%-ой достоверностью). Обращает на себя внимание тот факт, что с

увеличением энергии увеличивается относительный вклад регенерации на электронах и, следовательно, повышается "чувствительность" к малым Z . Как показывают оценки [1] при $p_e \sim 30$ Гэв/с в случае регенерации на свинце $|f_{\pi}| \sim f_{\pi}$ при $Z \sim 1f$, что делает вполне возможными измерения Z на уровне $\sim 0.2f$.

В формулах (4) и (5) не учитывались члены, зависящие от амплитуды распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$. Однако при малых Z эти члены могут оказаться сравнимыми с вкладом регенерации на электронах. Характерной особенностью членов, содержащих ε , является их острая зависимость от расстояния от точки распада до регенератора, а также от его толщины (l). Это позволяет отделить члены, содержащие ε , в частности, можно выбрать такое l , при котором эти члены очень малы вблизи регенератора.

II. ПРОЕКТ ЭКСПЕРИМЕНТА

1) Рожденные на внутренней мишени ускорителя K_L^0 - мезоны выводятся под углом $(1 \pm 0.5)^\circ$ с помощью системы коллиматоров. Для очистки от заряженных частиц в начале канала предполагается использовать 2 стоящих друг за другом очищающих магнита типа СП-94 с $\int H dl \sim 4000$ кгс x см, перед которым ставится конвертор 5-10 см свинца. Общая длина формирующей части канала 20-30 м, диаметр пучка на выходе 120 мм. В качестве регенератора предполагается использовать водородную мишень длиной 2 + 3 м, диаметром 150 мм. Общая длина канала 60-80 м.

2) Для исследования регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ будет использована установка, аналогичная той, которая подготавливается

увеличением энергии увеличивается относительный вклад регенерации на электронах и, следовательно, повышается "чувствительность" к малым Z . Как показывают оценки [1] при $p_e \sim 30$ Гэв/с в случае регенерации на свинце $|f_{\pi}| \sim f_{\pi}$ при $Z \sim 1f$, что делает вполне возможными измерения Z на уровне $\sim 0.2f$.

В формулах (4) и (5) не учитывались члены, зависящие от амплитуды распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$. Однако при малых Z эти члены могут оказаться сравнимыми с вкладом регенерации на электронах. Характерной особенностью членов, содержащих ε , является их острая зависимость от расстояния от точки распада до регенератора, а также от его толщины (l). Это позволяет отделить члены, содержащие ε , в частности, можно выбрать такое l , при котором эти члены очень малы вблизи регенератора.

II. ПРОЕКТ ЭКСПЕРИМЕНТА

1) Рожденные на внутренней мишени ускорителя K_L^0 - мезоны выводятся под углом $(1 \pm 0.5)^\circ$ с помощью системы коллиматоров. Для очистки от заряженных частиц, в начале канала предполагается использовать 2 стоящих друг за другом очищающих магнита типа СП-94 с $\int H dl \sim 4000$ кгс х см, перед которым ставится конвертор 5-10 см свинца. Общая длина формирующей части канала 20-30 м, диаметр пучка на выходе 120 мм. В качестве регенератора предполагается использовать водородную мишень длиной 2 + 3 м, диаметром 150 мм. Общая длина канала 60-80 м.

2) Для исследования регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ будет использована установка, аналогичная той, которая подготавливается

сейчас для экспериментов на синхрофазотроне ОИЯИ.

Основу её составляет магнитный спектрометр с проволочными искровыми камерами, информация с которого выводится непосредственно на электронно-счётную машину х).

Первая пара камер (I) располагается после распадного объема, вторая (II) на расстоянии $6+10$ м от первой у "входа" в анализирующий магнит. Апертура магнита 1000×300 мм. Поле с $\int H dl \sim 660$ кгс \times см позволяет для значительной части $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ распадов получать после магнита примерно параллельный пучок распадных π^+ и π^- мезонов практически независимо от импульса распавшегося K^0 -мезона и точки его распада.

Измерение координат в камерах I, II, III и IV позволяют определить импульсы пионов. В случае необходимости число камер, включаемых в схему, может быть удвоено. Размеры камер - 550×350 мм² с расстоянием между электродами $5+6$ мм.

Избирательный запуск на распад $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ осуществляется с помощью системы сцинтилляционных телескопов, которые расположены за магнитом и регистрируют пионы, направленные параллельно оси канала. Размеры сцинтилляторов: высота $200+350$ мм, ширина 10 мм, толщина $2+4$ мм. Оценка геометрической эффективности такой

х) Первые результаты испытания такой установки в пучке

синхрофазотрона [II] выявили вполне удовлетворительные рабочие характеристики, которые используются в дальнейшем для обоснования эксперимента.

установки к регистрации распадов $K_1^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ дает величину около 10% в интервале $p_K = 20-40$ Гэв/с. Весьма благоприятным обстоятельством является то, что мониторингирование при регистрации регенерированных K_S^0 -мезонов может проводиться по распадам $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$, что позволяет избежать учёта поправок на эффективность, спектр и т.д.

3) Ожидаемая точность измерения углов $\sim 0,1 \pm 0,2$ мрад (при точности измерения координаты в камерах ~ 1 мм). Угловой разброс за счёт многократного рассеяния распадных пионов в воздухе (~ 4 г/см²) и в сцинтилляторах и стенках камер (1 ± 2 г/см²) составляет $0,3 \pm 0,4$ мрад. При условии измерения поля в анализирующем магните с точностью $\sim 0,5\%$, можно ожидать, что масса распадающегося K^0 -мезона может быть определена с $\Delta m \sim 5 \pm 10$ Мэв, а угол вылета с $\Delta \theta \sim 1$ мрад.

4) Ожидаемый выход регенерированных K_S^0 событий оценивался на основании рассчитанных в ИФВУ дифференциальных сечений рождения K^+ и K^- протонами (70 Гэв) на Ве (~ 10 г/см²).

В выбранной геометрии на 10^{11} ускоренных протонов поток проходящих регенератор K_S^0 -мезонов (с $p_K = 20-40$ Гэв/с) ожидается равным $\sim 10^5$ K_S^0 /цикл.

Вклад в регенерацию мнимых частей $A(0) - \bar{A}(0)$ определялся путем экстраполяции кривых зависимости полных сечений K^-n и K^+n к 30 Гэв/с: $|0 - \bar{0}| \sim 2$ мб, а вклад реальных частей считался приблизительно равным вкладу мнимых.

При этих предположениях в водородном регенераторе толщиной $\sim 2\text{м}$ ожидается ~ 4 регенерированных K_S^0 - мезона в цикл.

При 300 часовой экспозиции при общей эффективности установки $\sim 0,1$ (с учётом нейтральных мод распада) ожидается $\sim 8 \cdot 10^4$ зарегистрированных распадов $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$. На интервал $\pm 0,15$ Гэв/с приходится в среднем $\sim 1,2 \cdot 10^3$ событий, а если учесть фактор надёжности " π ", то получим $\sim 4 \cdot 10^2$ событий. Это позволяет оценить разность сечений (квадратов разности амплитуд) в среднем с точностью $\sim 0,1 \pm 0,2$ мбн в каждом из 60 импульсных интервалов одновременно. При этом фаза φ_R может быть определена для больших импульсных интервалов (± 1 Гэв/с).

5) Аналогичный расчет числа зарегистрированных $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$, которые могут быть регенерированы в 10 см пластине P_2 или U даст за то же время экспозиции (~ 300 часов) $3 \cdot 10^5$ событий, что составляет $\sim 10^5$ событий с поправкой " π ". Такое количество событий даст возможность оценить с хорошей достоверностью ($\sim 90\%$) электромагнитный формфактор K^0 - мезонов вплоть до $\tau = 0,2 f \div 0,4 f$

6) Число фоновых запусков установки оценивалось по данным, полученным в аналогичных условиях в ЦЕРНе ($E_p = 28$ Гэв). Основной фон помимо распадов K_2^0 составляют нейтроны, поток которых $\sim 10^5$ за цикл на площадь 100 см^2 .
Ниже приводятся оценки числа фоновых запусков за цикл от разных источников (n_p) с учётом "избирательности" к запускающей системе.

а) Лептонные распады (K_L^0) - $n_p^{(L)} \leq 1$ (подавление регистрации K_L^0 по сравнению с $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ по крайней мере в 10 раз);

б) взаимодействие нейтрона, движущего в регенераторе 2 (или больше) заряженных частиц, которые проходят без взаимодействия антисовпадательный счётчик А (эффективность $A \geq 0,99$)

$$n_{\text{ф}}^{(б)} < 10^{-1}$$

в) взаимодействие нейтрона в задней стенке счётчика А ($\sim 0,1 \text{ г/см}^2$)

$$n_{\text{ф}}^{(в)} \leq 10^{-2}$$

г) взаимодействие нейтрона в распадном объеме (воздух $\sim 1 \text{ г/см}^2$)

$$n_{\text{ф}}^{(г)} \leq 0,5$$

д) взаимодействие нейтрона в первом совпадательном счётчике ($\sim 0,2 \text{ г/см}^2$)

$$n_{\text{ф}}^{(д)} \leq 0,1$$

Таким образом, общее количество фоновых запусков в цикл не превышает 2 .

Кинематические критерии при ожидаемой точности измерений позволяют выделить распады $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ на фоне других V^0 -событий. Если считать, что средняя множественность заряженных частиц, рожденных нейтроном в регенераторе ~ 5 , то при растяжке $0,1 \text{ сек}$ и времени памяти 10^{-6} сек первые камеры будут регистрировать ~~не более~~ ~ 5 случайных искр.

7) Как уже упоминалось, оборудование, необходимое для эксперимента состоит:

а) из 2-х отклоняющих магнитов (СП-94) с апертурой $A = 100 \times 100 \text{ мм}^2$ и $\int H dl \sim 4000 \text{ кгс} \times \text{см}$;

б) анализирующего магнита $A = 1000 \times 300 \text{ мм}^2$, с $\int H dl \sim 660 \text{ кгс} \times \text{см}$. Желательно с неоднородностью поля по апертуре не более 1% (например, СП-50 с шиммами);

- в) 2-х коллиматоров: $l_c \sim 6-10$ м с $\phi_1 = 60$ мм и $\phi_2 = 100$ мм;
- г) жидководородной мишени $l_m = 2-3$ м, $\phi = 150$ мм;
- д) 16 проволочных искровых камер ($550 \times 250 \times 6$ мм³);
- е) 2-х антисовпадательных счётчиков ($150 \times 150 \times 10$ мм³)
и 32 совпадательных счётчиков ($250 \times 10 \times 2$ мм³).

Для запуска могут быть использованы счётчики аналогичные тем, которые изготавливаются сейчас в ИФВЭ для годоскопических систем. Наиболее эффективная работа установки требует её прямой связи с электронно-вычислительной машиной типа М-220 или БЭСМ-4.

Основные элементы установки, включая схему запуска, будут отработаны в течение 1967 года в ЛВЭ в процессе наладки аналогичной системы, предназначенной для изучения регенерационных процессов на синхрофазотроне ОЯИ.

В подготовке аппаратуры и в работе на ускорителе в Серпухове предполагается участие следующих сотрудников ЛВЭ: Л. Барабаша, И. Голутвина, В. Заневского, В. Лукстыньша, Э. Оконова, Г. Тахтамышева, С. Хорозова. Вопрос об изменениях в этом списке, а также об участии в работе сотрудников ИФВЭ может быть решен дополнительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Э.Оконов...Процесс регенерации $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ при больших энергиях, БЗ-2969. ОИЯИ
 2. Л.Окунь. "Слабое взаимодействие элементарных частиц" физматгиз (1963).
 3. В.Любошиц, Э.Оконов, М.Подгорецкий, У Цзун-фань. Я.Ф. I, 497 (1965)
 4. I. Bell. J. Steinberger. Oxford Inter. Conference on Elementary Particles (1965)
C. Rubbia J. Steinberger, preprint CERN (1966)
 5. А. Логунов, Нгуен Ван Хью, И. Тодоров Ann. of Phys. 31, 203 (1965)
 6. K. Johnson, S. Treiman. Phys. Rev. Lett. 14, 189 (1965)
 7. R. Good, N. Xuong Phys. Rev. Lett. 14, 191 (1965)
 8. R. Tripp preprint CERN (1965)
 9. Я. Зельдович. ЖЭТФ 36, 1381 (1959)
G. Feinberg. Phys. Rev. 109, 1381 (1958)
 10. Л. Киселевич, Э. Оконов, Г. Тахтамышев, С. Хорозов
"Оценка электромагнитного формфактора K^0 -мезонов" Б-4-2923
- II. Аникина М.Х., Барабаш Л.С., Грачев А.Г., Ермолаев В.В.,
Инкин В.Д., Каржавин Ю.А., Кухтина И.Н., Лукстиньш Ю.Р.,
Макаров Л.Г., Оконов Э.О., Тахтамышев Г.Г., Устинов В.И.,
Хорозов С.А. Препринт ОИЯИ I-3050.

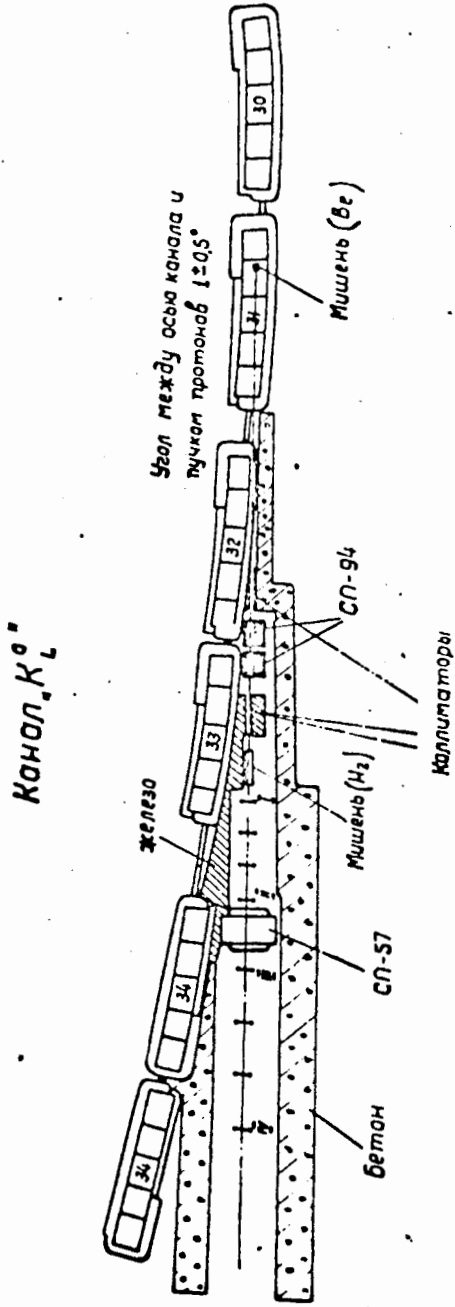
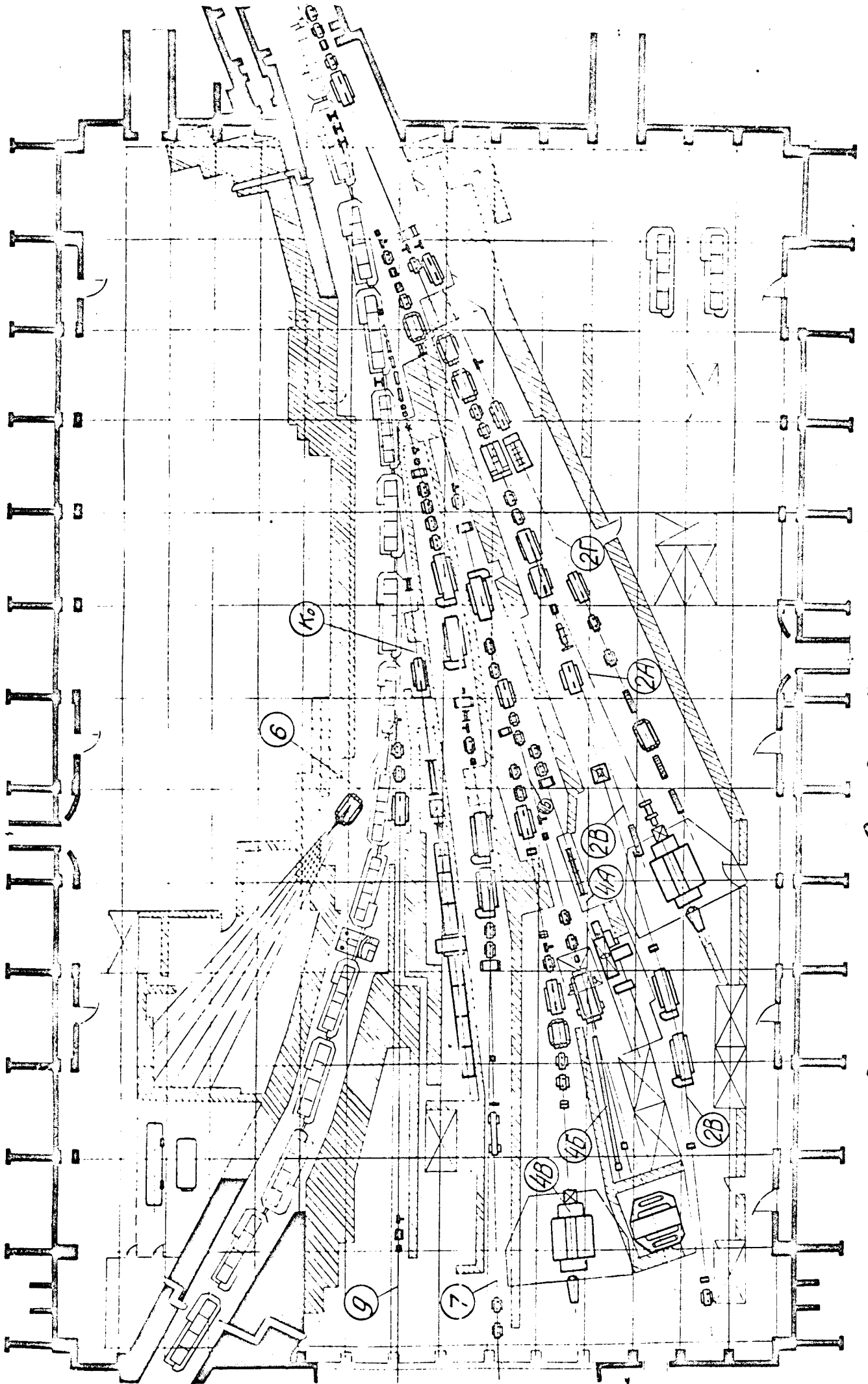


Рис.1. Схема канала.

(В случае необходимости мишень может быть помещена в 32-ой или 33-ий элемент, при этом соответственно сдвигается канал).



ПРИЛОЖЕНИЕ 2. РИС. 2.

ПРОЕКТ ПРОТОКОЛА

технического совещания по подготовке канала нейтральных частиц для экспериментов с K^0 -мезонами

Канал нейтральных частиц сооружается для проведения одобренного Координационным советом при Институте физики высоких энергий эксперимента "Исследование асимптотического поведения амплитуд рассеяния и оценка электромагнитного формфактора K^0 -частиц в опытах по регенерации с K^0 -мезонами высоких энергий (20-40 ГэВ).

Канал нейтральных частиц состоит из следующих основных узлов:

- 1) внутренняя мишень;
- 2) пучковой затвор;
- 3) сменный гамма-фильтр;
- 4) коллиматоры;
- 5) очищающий магнит СП-129;
- 6) ионопровод и эвакуированные объемы;
- 7) спектрометрический магнит СП-40;
- 8) измерительный домик;
- 9) радиационная защита;
- 10) фермы и подставки под счётчики и искровые камеры.

Оборудование для проведения эксперимента, устанавливаемое на канале состоит в основном из следующих узлов:

1. Жидководородная мишень или твердая мишень - регенератор.
2. Проволочные искровые камеры, их электроника и электроника связи с ЭВМ (БЭСМ-4).
3. Система сцинтилляционных и черенковских счётчиков для запуска искровых камер и её электроника.

Технический проект канала разрабатывается в ОИЯИ согласно прилагаемому эксизному проекту и правилам, принятым в ИФВЭ, и утверждается дирекциями ИФВЭ и ОИЯИ.

Монтаж канала ведется Институтом физики высоких энергий. Работы по монтажу оплачиваются Объединенным институтом ядерных исследований.

Оборудование для проведения эксперимента устанавливается на пучке силами ОИЯИ совместно с геодезической службой и ОГМ ИФВЭ.

График создания канала составляется и утверждается представителями ИФВЭ и СМТ после разработки компоновочных чертежей оборудования канала и радиационной защиты, но не позднее 15 марта 1968 года.

При составлении графика необходимо принимать во внимание, что физические измерения на канале должны начаться не позднее конца сентября 1968 года.

Физические эксперименты на канале продолжаются до начала монтажных работ на направлении вывода Б, ориентировочно до начала 1970 года.

При создании рабочего проекта канала необходимо учесть следующие условия и требования.

I. Внутренняя мишень. устанавливается в прямолинейном промежутке между 29 и 30 блоками магнитов кольцевого ускорителя. Конструкция привода мишени разрабатывается в отделе вывода пучков СКУ (К.П. Мызников) в феврале 1968 года и изготавливается в ОИЯИ^х). Насадка мишени имеет сечение $2 \times 2 \text{ мм}^2$ и длину около 100 мм. Материал - медь. Координаты мишени задаются отделом вывода пучков СКУ.

Для мониторинга сброса протонов на мишень отдел вывода пучков СКУ устанавливает монитор стандартной системы принятой в ИФВЭ. Отсчеты монитора подаются в измерительный домик на канале нейтральных частиц.

Оптическая часть мониторингового канала, сцинтилляционные головки и электроника изготавливаются в ОИЯИ по чертежам СКУ ИФВЭ (К.П.Мызников) х).

На первом этапе эксперимента, когда интенсивность внутреннего пучка 10^{11} протонов/цикл можно допустить сброс на мишень в течение $(0,3 \pm 0,5)$ сек на столе при наличии высокочастотной структуры. При повышении интенсивности внутреннего пучка необходимо иметь систему плавной наводки пучка на мишень. Систему плавной наводки обеспечивает СКУ ИФВЭ к середине 1969 года.

Синхронизация работы ускорителя и электроники на канале осуществляется с помощью систем запускающих импульсов В и Т - серий. Необходимое оборудование и прокладку кабелей обеспечивает СКУ ИФВЭ (Писаревский В.Е.). Это оборудование является собственностью ИФВЭ и предоставляется только на время проведения данного эксперимента. До введения в строй систем В и Т возможно использование синхронизирующих импульсов по временным кабелям с центрального пульта управления ускорителя. Прокладку этих кабелей в измерительный домик на канале обеспечивает СКУ ИФВЭ (Писаревский В.Е.).

Сброс протонов на мишень осуществляется при максимальной энергии ускоренных протонов.

2. Очищающий магнит типа СП-129 вместе с соответствующей подставкой и отрезком вакуумпровода предоставляется Институтом физики высоких энергий.

Изменение величин поля в магните и контроль стабильности осуществляется с пульта управления, находящегося в измерительном

х) Оборудование передается с баланса на баланс из ОИЯИ в ИФВЭ.

домике. Блочок управления токами изготавливается в ОИЯИ.

Техническое обслуживание магнита, системы стабилизации, охлаждения и блокировки осуществляет ИФВЭ.

3. Спектрометрический магнит типа СП-40 предоставляется Лабораторией высоких энергий ОИЯИ. Его технические характеристики следующие:

1. Общий вес около - 176 т.
2. Вес наиболее тяжелой части - 40 т
3. Питание от генератора 230В, I305а,
4. Охлаждение осуществляется дистиллированной водой (обессоленной).
5. Расход воды 99 л/мин при напоре 5,5атм
6. Внешние габариты магнита. 4350x3030мм².

Магнит устанавливается на бетонные блоки БЗЗ и швеллерную раму, изготовленную в ОИЯИ.

Требуемая стабильность магнитного поля не хуже $5 \cdot 10^{-4}$ от максимальной величины поля.

Изменение величины магнитного поля и контроль стабильности поля осуществляется с пульта управления, находящегося в измерительном домике. Блочок управления токами изготавливается в ОИЯИ.

Техническое обслуживание магнита, системы охлаждения, стабилизации и блокировки осуществляет ИФВЭ.

После сборки магнита на месте необходимо произвести измерения магнитного поля и калибровку. Измерения и калибровка проводятся ОИЯИ.

Вопрос о монтаже магнита СП-40 подлежит специальному рассмотрению и должен быть решен до утверждения графика монтажа канала.

4. Фермы и подставки под счётчики, искровые камеры и магниты должны быть рассчитаны с учетом того, что высота пучка над уровнем основного перекрытия (поля) в зале ГВВ 2150 мм. Часть ферм изготавливается через ИФВЭ на средства ОИЯИ по чертежам, разработанным в КБ ИФВЭ.

5. Измерительный домик стандартной конструкции изготавливается через ИФВЭ на средства ОИЯИ. Он устанавливается в конце канала с учётом требований службы радиационной безопасности ИФВЭ. В измерительном домике располагается вся электронная аппаратура системы запуска искровых камер, а также вся аппаратура, необходимая для контроля установки в ходе эксперимента. В измерительный домик должны быть проведены:

- а) контрольные кабели от установки (ОИЯИ);
- б) контрольные кабели от мониторов (СКУ ИФВЭ);
- в) кабели системы запускающих импульсов В и Т - серии (СКУ ИФВЭ);
- г) кабели электропитания 220В 0,5% с расчётом на потребление тока 100А (ИФВЭ);
- д) кабели телевизионной установки ОИЯИ;
- е) кабели контроля и управления токами магнитов (ИФВЭ);
- ж) освещение (ИФВЭ);
- з) телефон (ИФВЭ);
- и) кабели связи с пультом управления ускорителя (ИФВЭ);
- к) кабели связи с ЭВМ (БЭСМ-4), (ОИЯИ);
- л) вытяжная вентиляция (ИФВЭ).

6. На канале в зоне размещения аппаратуры должно быть установлено местное освещение во взрывобезопасном исполнении и предусмотрена прокладка магистрали сжатого азота. Район

размещения водородной мишени должен быть оборудован системами вытяжной вентиляции, аварийной сигнализации и аварийного сброса водорода согласно правилам и инструкциям, действующим в ИФВЭ. Изготовление необходимого оборудования для подсоединения к действующим (или проектируемым) в ИФВЭ системам осуществляется в ОИЛИ.

Водородная мишень и связанное с ней оборудование изготавливаются в ОИЛИ и устанавливается в ИФВЭ на втором этапе эксперимента, ориентировочно в начале 1969 г. Монтаж водородной мишени в ИФВЭ и подсоединение ее к действующим системам производится ОИЛИ совместно с ОГМ ИФВЭ.

7. Радиационная защита должна обеспечить минимально-возможный уровень фона в зале размещения аппаратуры и измерительного домика. Должны быть предусмотрены проходы внутрь зоны размещения аппаратуры к измерительному домику и в район водородной мишени. Проходы должны иметь двери с блокировкой, обеспечивающей автоматическую остановку внутренней мишени и перекрытие пучка пучковым затвором. Двери предоставляются и монтируются ИФВЭ.

8. Пучковой затвор изготавливается в ОИЛИ и устанавливается на стандартной подставке, разработанной в КБ ИФВЭ. Пучковой затвор должен быть оборудован блокировкой автоматически закрывающей затвор при открывании двери, ведущей в зону размещения аппаратуры. Открываться затвор должен с пульта управления ускорителя.

9. Сменный фильтр - набор свинцовых пластин разной толщины устанавливается на стандартной подставке с дистанционным управлением. Пучковой затвор и сменный гамма-фильтр расположен в зоне

ускорителя отдельной от зоны размещения аппаратуры бетонной пробкой.

Ю. Коллиматоры проектируются и изготавливаются в ОИЯИ.
Коллиматоры изготавливаются из бетона на основе из швеллеров.

От ИФВЭ:

Сидоров Е.А.
Гигиберян С.Е.
Котов В.И.
Еременко Е.В.
Мызников К.П.
Лебедев В.Н.
Клочков Н.И.
Вакурин Е.В.
Некрасов А.Н.
Часовиков Г.М.
Писаревский В.Е.

от ОИЯИ

Савин И.А.
Оконов Э.О.
Голованов Л.Б.
Вовенко А.С.

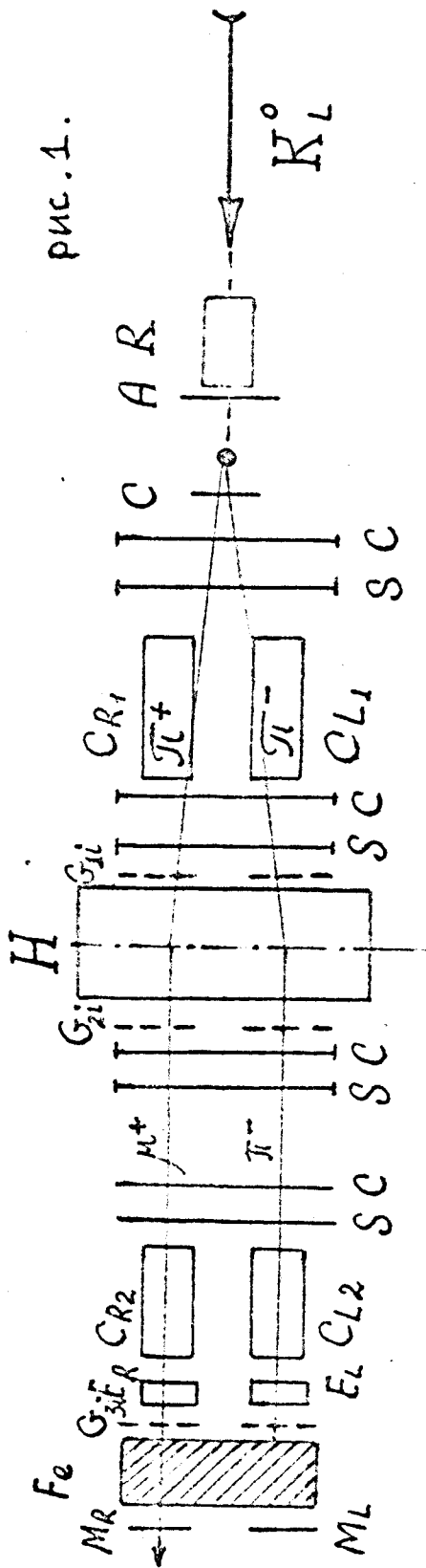


рис. 1.

R - регенератор (твёрдый, H₂).

A - анализатор.

C - конец распадной зоны.

SC - проболотные черенковые камеры на линии с ЭВМ.

CR₁, CR₂, G₁, G₂ - газовые черенковые счётчики.

G₁, G₂, G₃ - цилиндрический годоскоп, i = 1, ..., 8.

ER, E₁ - детектор электронов.

Fe - поглотитель пионов.

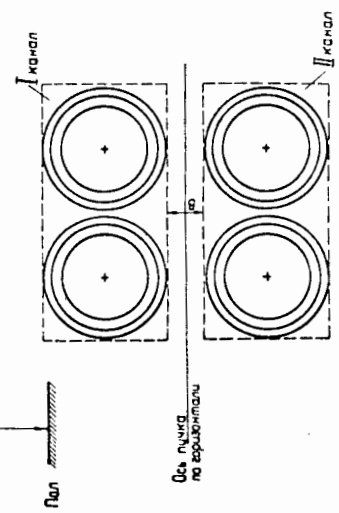
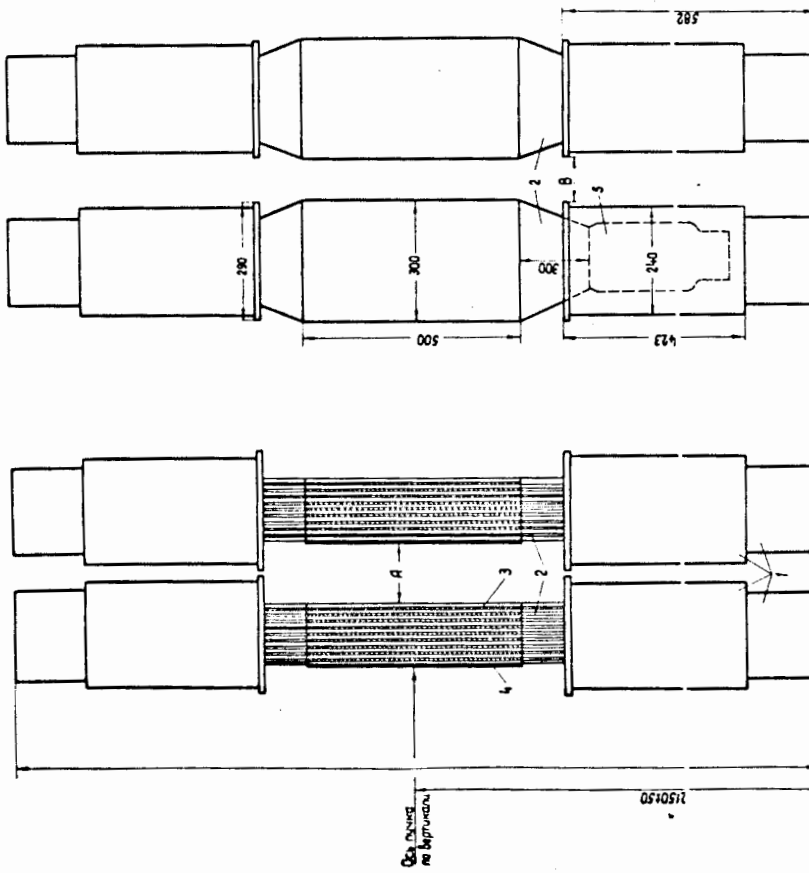
MR, ML - детектор мюонов.

H - спектральный магнит

Схема системы запуска искровых камер в эксперименте с K⁰-мезонами в Серпухове.

Схема расположения детектора
электронов на луче

- 1 Капюль для ФЭУ-65-1
 - 2 Счетало
 - 3 Сцинтиллятор
 - 4 Свч-обые пластины
 - 5 Фотоумножитель ФЭУ-65-5
- Расстояние R-минимальное.



ПРОЕКЦИЯ №4.
РМ.В.

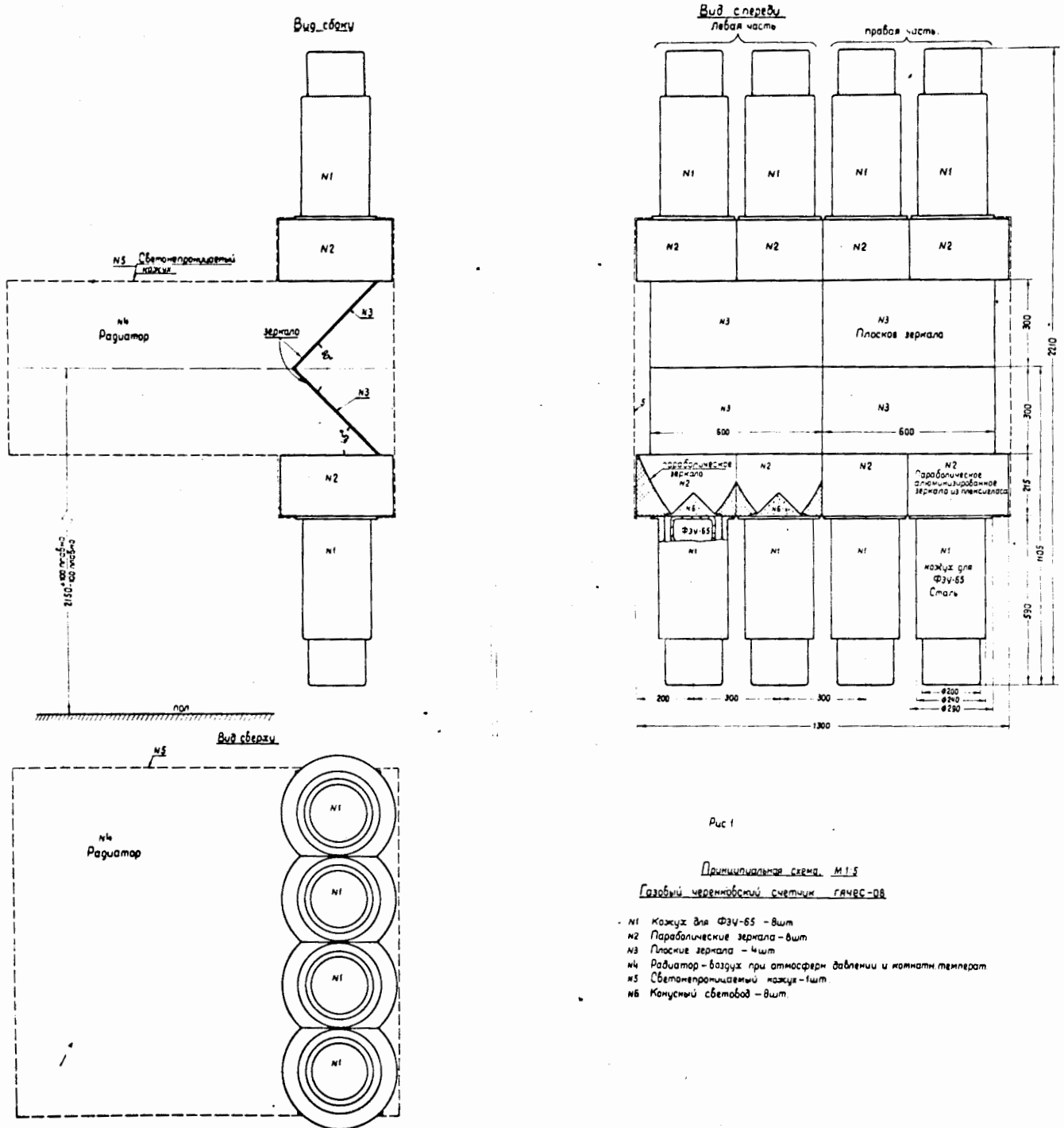


Рис 1

Принципиальная схема. М.1.5
Газовый черенковый счетчик ГЯЧС-08

- N1 Кожух для ФЭУ-65 - 8шт
- N2 Параболические зеркала - 8шт
- N3 Плоские зеркала - 4шт
- N4 Радиатор - воздух при атмосферном давлении и комнатной температуре
- N5 Светонепроницаемый кожух - 1шт
- N6 Конусный световод - 8шт

Приложение 114.

Рис. 3.

Т.В.Беспалова, И.А.Голутвин, Ю.В.Заневский,
И.М.Иванченко, С.С.Кирилов, Ю.Т.Кирюшин,
В.П.Пугачевич, И.А.Савин, Д.А.Смолин

СИСТЕМА МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ
ИСКРОВЫХ КАМЕР ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА
ЛИНИИ с ЭВМ.

(Проект)

§ I. СОСТАВ АППАРАТУРЫ

Разрабатываемая система включает в себя:

- 1) проволочные искровые камеры с магнитострикционным съёмом информации;
- 2) регистрирующую аппаратуру, позволяющую регистрировать многотрековые события;
- 3) устройство связи регистрирующей аппаратуры с электронной вычислительной машиной типа БЭСМ-3М или БЭСМ-4;
- 4) систему импульсного питания искровых камер.

Аппаратура строится по принципу максимальной стандартизации, обеспечивающей повторение как всей системы в целом, так и отдельных её элементов.

Так как предполагается использовать аппаратуру в различных экспериментах на синхрофазотроне ЛВЭ и ускорителе ИФВЭ, предусмотрено блочно-ячеечное выполнение системы, позволяющее легко перестраивать систему в соответствии с требованиями и условиями конкретных экспериментов.

В настоящий проект не вошла часть, касающаяся системы газоподобного обеспечения искровых камер. Этот вопрос требует дополнительной проработки.

Регистрирующая аппаратура, по возможности, выполняется на основе интегральных схем (микромодульная электроника). Насколько известно авторам проекта, это направление в приборостроении является весьма перспективным, так как позволяет существенно повысить надёжность многоэлементных систем и, в настоящее время, усиленно развивается.

Проект разработан с учётом его реализации в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

§ 2. МАГНИТОСТРИКЦИОННЫЕ ИСКРОВЫЕ КАМЕРЫ.

Общий вид искровой камеры показан на рис. I

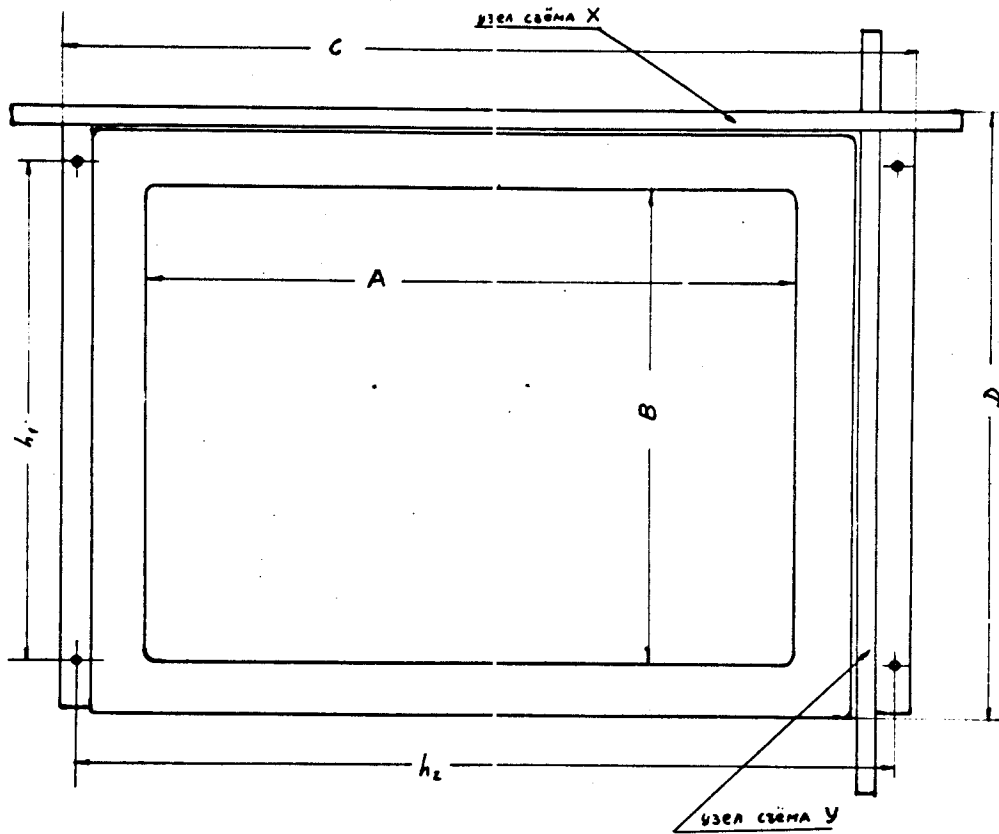


Рис. I.

Размеры искровых камер унифицированы. Предполагается изготавливать три типа искровых камер: ИК-250, ИК-600 и ИК-1000. Основные размеры искровых камер приведены в таблице I.

Таблица I.

Тип камеры	A	B	C	D	h ₁	h ₂
ИК-250	250	250	445	375	300	410
ИК-600	620	420	805	545	435	775
ИК-1000	1000	500				

Предусмотрены крепёжные отверстия (h_1, h_2) для установки камеры на экспериментальной площади. В камере имеется возможность получать 4 реперных импульса, соответствующих началу и концу чувствительной области по X и по Y координатам.

Изоляция объёма искровой камеры от наружного объёма осуществляется майларом толщиной Δ . Намотка электродов осуществляется медной или стальной проволокой диаметром d . Шаг намотки равен h .

Целесообразно изготавливать три варианта каждого типа искровых камер:

Вариант № 1. - камера в обычном исполнении $\Delta = 120$ мк,
 $d = 100$ мк, $h = 1$ мм.

Вариант № 2 - камера с минимальным количеством вещества
 $\Delta = 55$ мк, $d = 50$ мк, $h = 1$ мм.

Вариант № 3 - камера повышенной точности $\Delta = 120$ мк, $d = 50$ мк,
 $h = 0,5$ мм.

Количество вещества по пучку для варианта № 1 составляет $1,65 \cdot 10^{-3} t$ - единиц, для варианта № 2 - $0,7 \cdot 10^{-3} t$ единиц и для варианта № 3 $1,2 \cdot 10^{-3} t$ - единиц.

Искровые камеры изготавливаются из эпоксидной смолы методом вакуумного литья в формы. Эта технология обеспечивает высокую точность и хорошую повторяемость образцов. Основные размеры искровой камеры выдерживаются с точностью $\pm 0,05$.

Каждая камера имеет два узла съёма информации для регистрации X и Y координат искр, соответственно.

Узел съёма информации представляет собой магнитострикционную линию задержки, имеющую две приёмные катушки и обеспечивает возможность регистрации "Левых" и "Правых" координат искр.

§ 3. ИМПУЛЬСНОЕ ПИТАНИЕ ИСКРОВЫХ КАМЕР.

На рис. 2 показана временная диаграмма напряжений на искровой камере

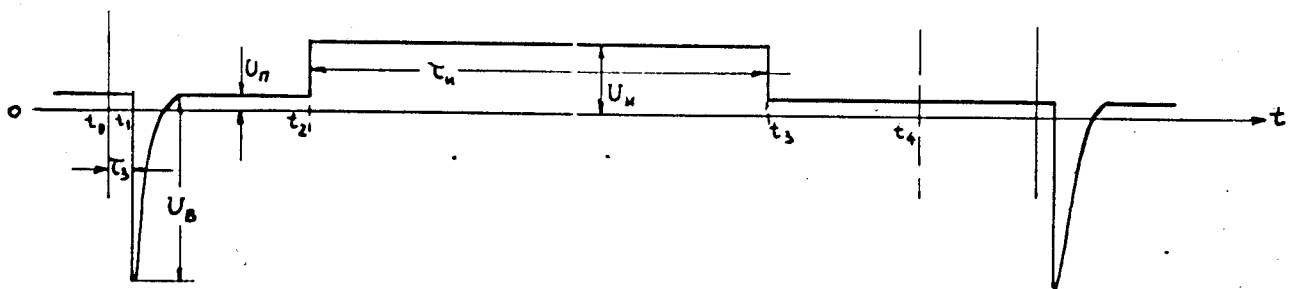


Рис. 2.

На этой диаграмме t_0 соответствует моменту пролёта частицы через искровую камеру. В момент t_1 на камеру подаётся импульс высоковольтного напряжения (~ 5 кВ).

Задержка $T_3 = t_1 - t_0$ должна быть минимальной.

В момент t_2 ($t_2 - t_1 \approx 100 + 200$ мксек) на камеру подаётся импульсное очищающее поле ($U \approx 1,5$ кВ).

В момент t_4 снимается блокировка со схемы запуска и система готова к следующему срабатыванию.

При помощи постоянного очищающего поля (U_n) регулируется время памяти искровой камеры.

В настоящее время разработаны два варианта импульсного питания искровых камер.

На рис. 3 показана схема импульсного питания, в которой в качестве коммутатора используется водородный керамический тиратрон ТГК-1000/25.

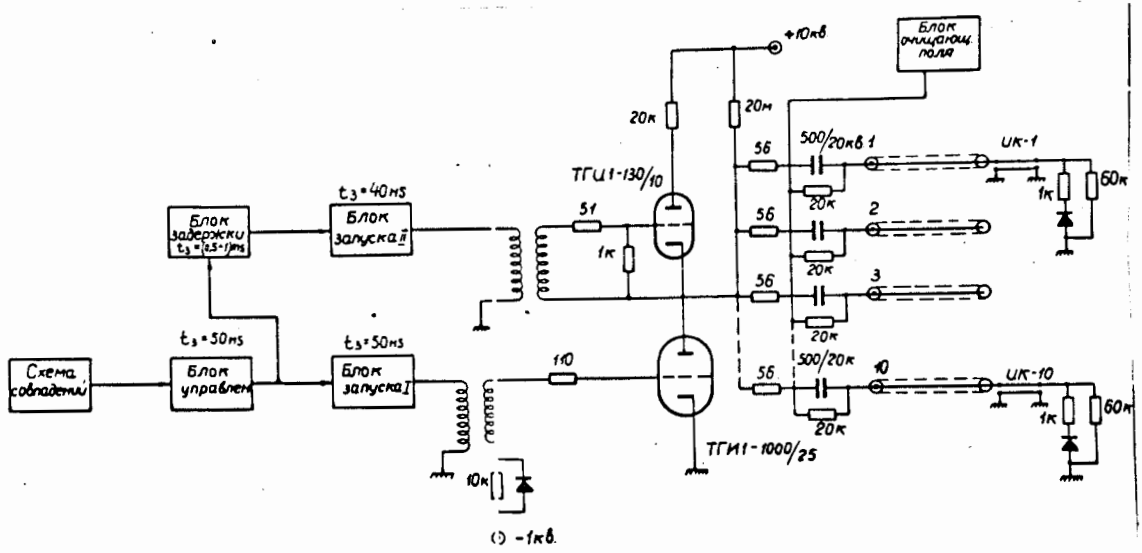


Рис. 3.

На рис. 4 приведена схема импульсного питания на лампе ГИ-17.

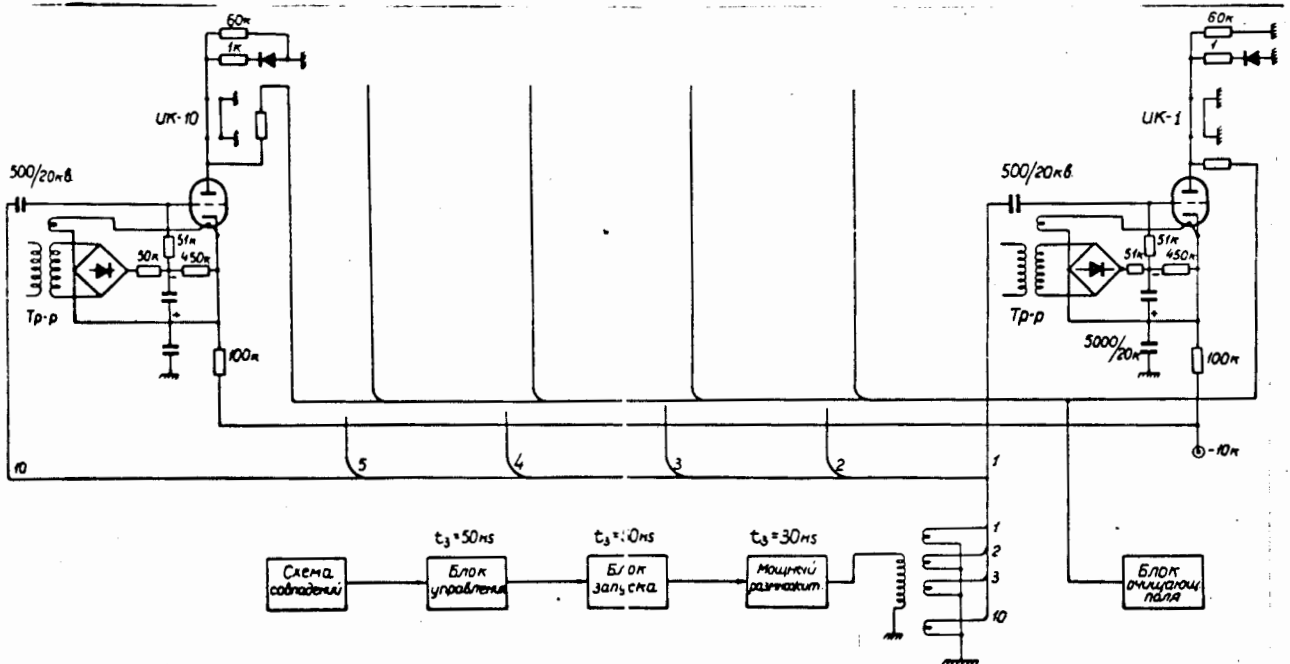


Рис. 4.

Вариант на керамическом тиратроне предпочтительнее для питания магнестрикционных искровых камер.

§ 4. РЕГИСТРАЦИЯ КООРДИНАТ ИСКР.

Система регистрации координат искр построена по блочному принципу. Один блок регистрации позволяет регистрировать координаты (K) искр от M датчиков. Время регистрации составляет величину T . Число блоков R выбирается в соответствии с числом искровых камер, используемых в эксперименте.

Функциональная схема системы регистрации приведена на рис.5.

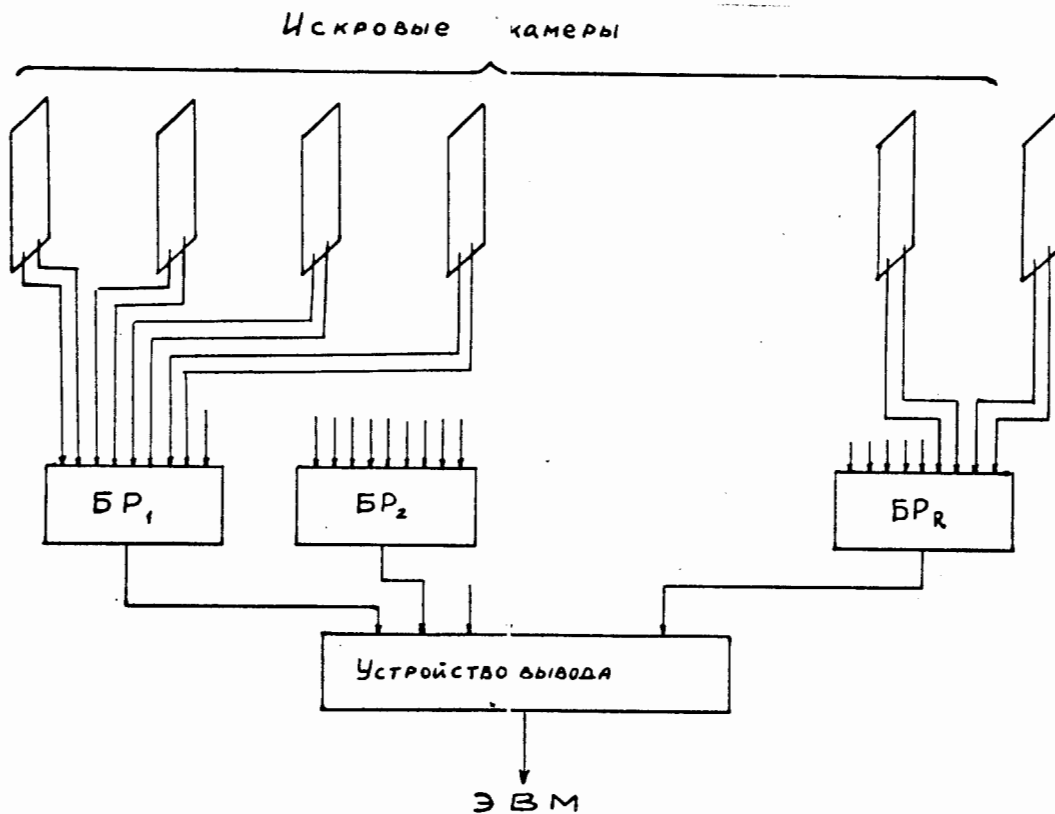


Рис. 5.

Функциональная схема одного блока регистрации показана на рис. 6.

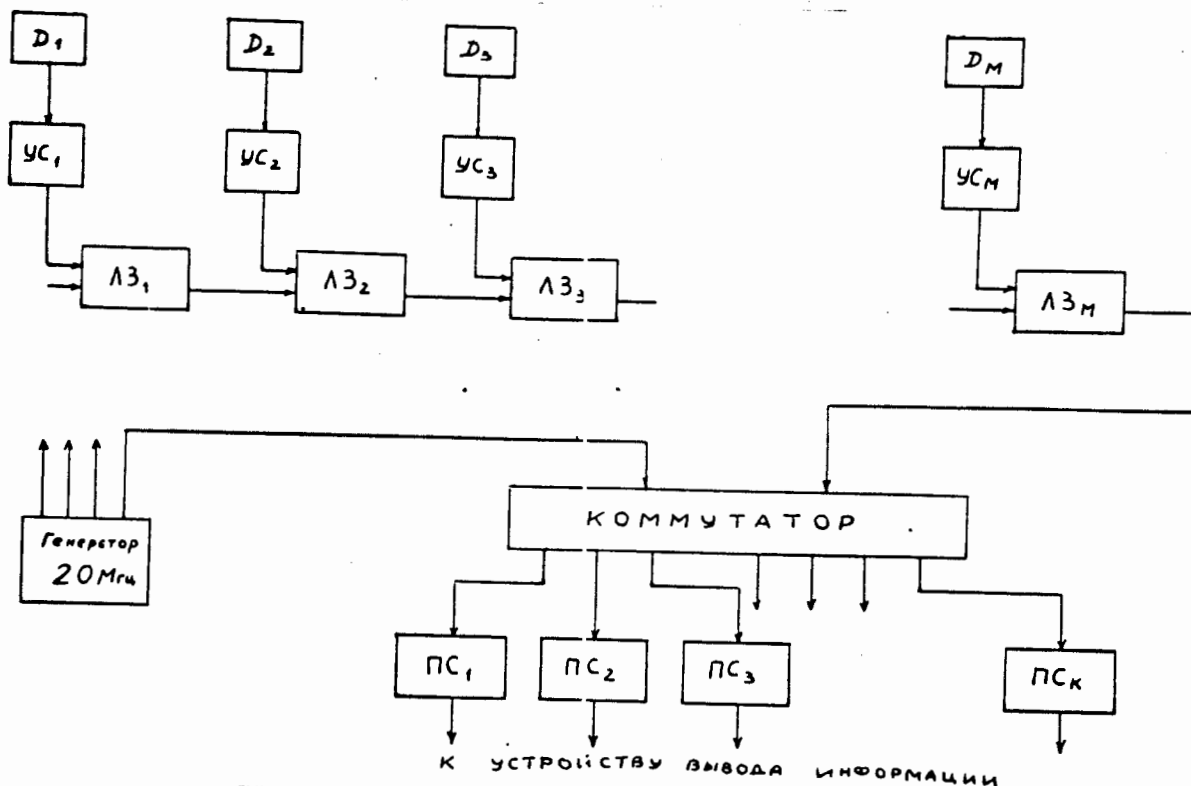


Рис. 6.

Блок регистрации координат имеет ячеечное выполнение. В его состав входят следующие ячейки:

1) M ячеек типа УС. Каждая ячейка УС усиливает сигналы с магнитоотрицательной линии, установленной на искровой камере, и вырабатывает стандартные импульсы в моменты, соответствующие главным максимумам сигналов.

2) M ячеек типа ЛЗ. В ячейке ЛЗ производится задержка стандартного импульса на время T_0 .

Величина задержки T_0 определяется размерами искровых камер, используемых в эксперименте, а также скоростью вывода информации на ЭВМ.

- 3) К + I пересчётных схем ПС емкостью 2^{13} каждая
- 4) коммутатор, который управляет работой пересчётных схем.

Пересчётная схема выполнена, в основном, на интегральных схемах. Принципиальная схема ячейки ПС показана на рис. 7

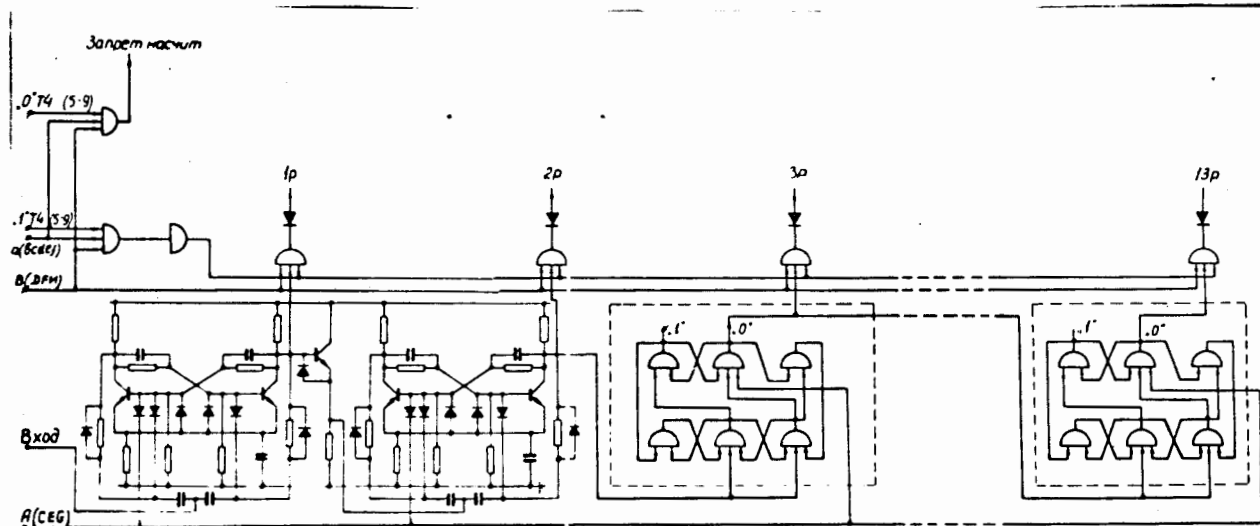


Рис. 7.

Эта схема имеет предельную частоту 40 МГц и очень надёжно работает при частоте 20 МГц.

На рис. 8 показана блок-схема коммутатора, управляющего работой пересчётных схем, для случая К=5.

Коммутатор также выполняется, в основном, на интегральных схемах.

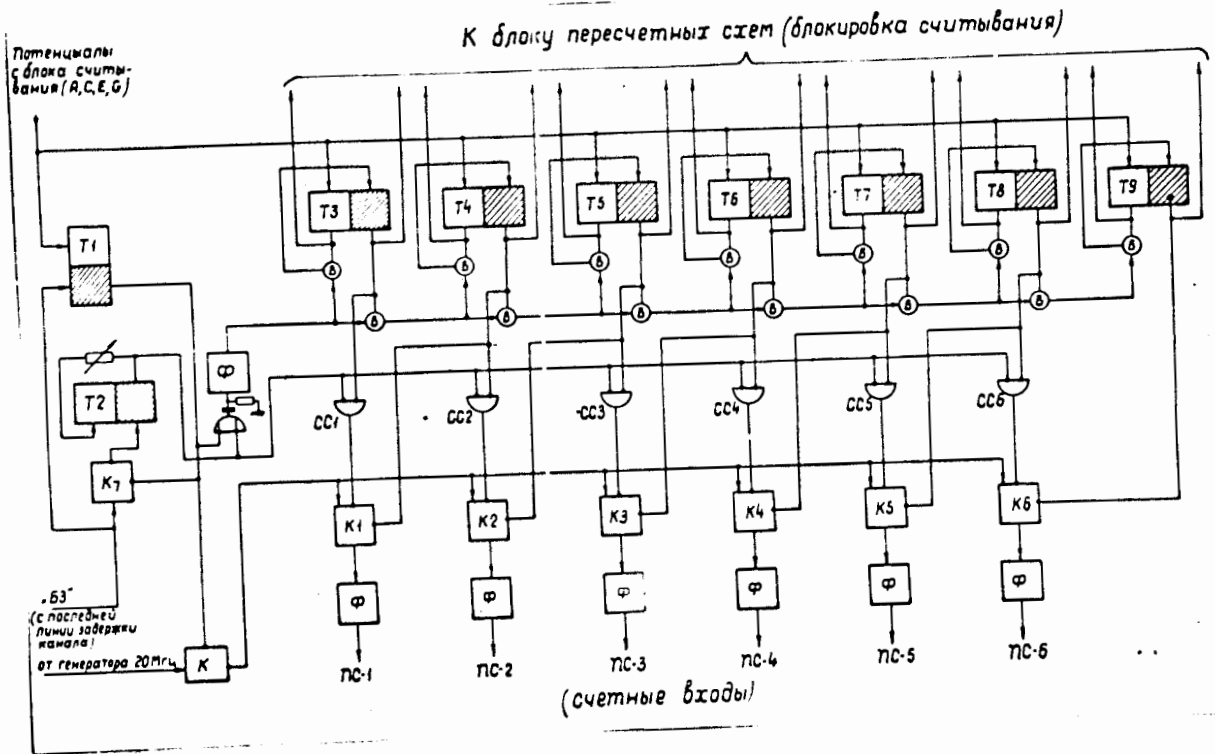


Рис. 8

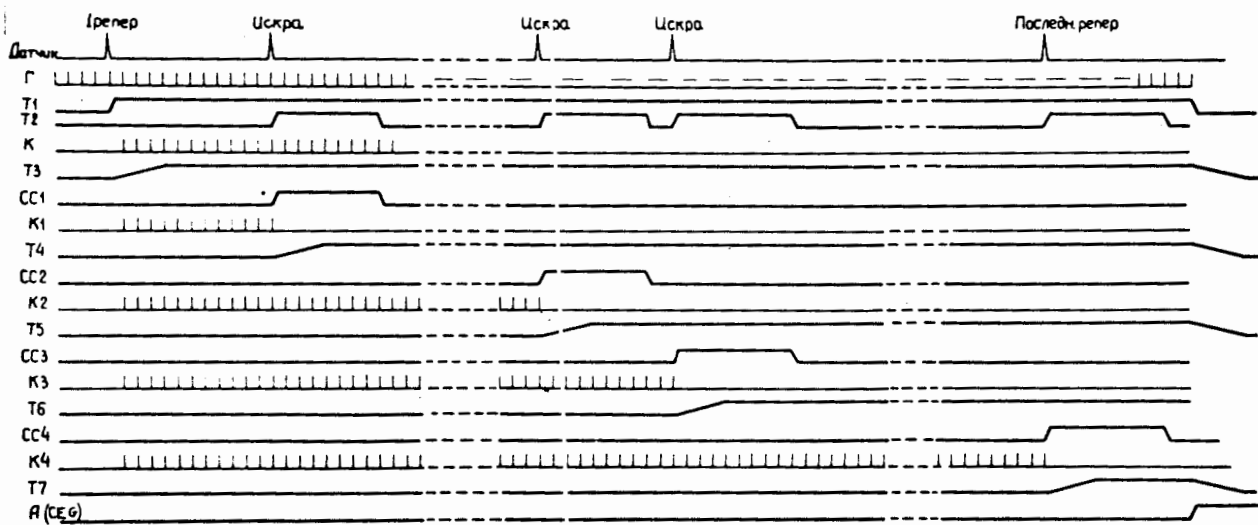


Рис. 9.

Принцип работы этого устройства иллюстрирует временная диаграмма (рис. 9), на которой показан цикл работы коммутатора по регистрации информации, приходящей с одного датчика.

Исходя из разрешающей способности камеры (расстояние между двумя искрами) $\Delta L = 2,5$ мм ($T_k = \Delta L \cdot V = 0,5 \cdot 10^{-6}$ сек) и частоты тактирующего генератора $f_r = 20$ мгц ($T_r = \frac{1}{f_r} = 50 \times 10^{-9}$ сек) определим требования к бездействию элементов коммутатора.

Время открывания ключа $K_0 t_{K_0} \leq \frac{1}{2T_r} = 20 \times 10^{-9}$ сек

Время закрывания ключей $K_{1-n} t_{K_{1-n}} \leq \frac{1}{2T_r} = 20 \times 10^{-9}$ сек

Время включения триггеров $T_1 T_2 t_{T_{1,2}} \leq \frac{1}{2T_r} = 20 \times 10^{-9}$ сек

Время восстановления триггера $T_{2T_{1,2}} t_{2T_{1,2}} \leq T_k = 0,2 \cdot 10^{-6}$ сек

Время восстановления триггеров $T_3 \div T_9 t_{T_3-9} \leq \frac{1}{2T_{1,2}} = 0,2 \cdot 10^{-6}$ сек

§ 5. ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ.

Вывод информации из пересчетных схем (ПС) и передача ее в ЭВМ осуществляется с помощью устройства вывода (см. рис. 5).

Это устройство осуществляет следующие операции:

1. Выборку информации из ПС регистрирующей аппаратуры на промежуточный регистр (формирование машинного слова).

2. Ввод информации с промежуточного регистра в ЭВМ.

3. Синхронизацию работы искровых камер и ЭВМ

На промежуточном регистре формируется машинное слово, структура которого приведена на рис. 10.

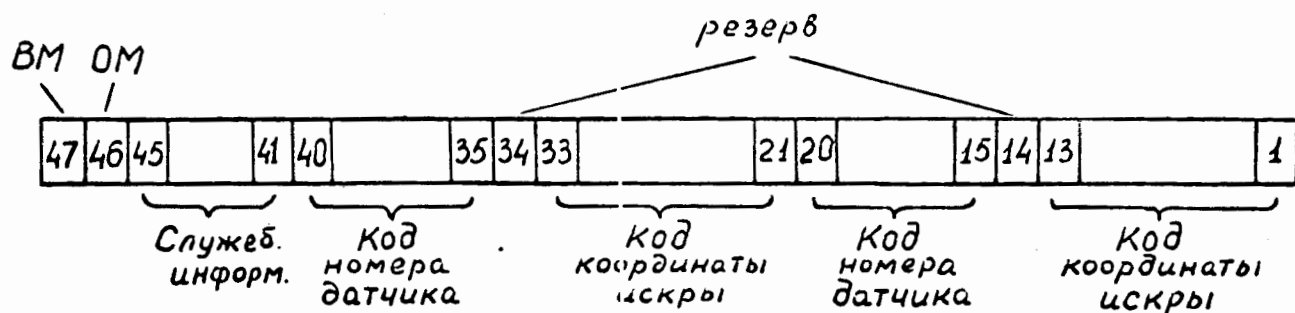


Рис. 10

Занесение информации в регистр производится в два такта, причем, при выполнении второго такта вносится служебная информация (формат) и основной маркер (ОМ).

Информация с промежуточных регистров различных экспериментальных установок подается на распределительное устройство, которое:

- 1) подключает к ЭВМ соответствующий объект,
- 2) стандартизует сигналы на входе в ЭВМ.

Для формирования одного машинного слова в промежуточном регистре, выполнено на интегральных модулях, по произведенным оценкам необходимо не более 11 микросекунды.

Время передачи этого слова в ЭВМ зависит от расстояния между промежуточным регистром и ЭВМ. При расстояниях до 100 метров это время не превышает $7 \div 8$ мксек. При расстояниях от 100 до 1000 - метров - $15 \div 20$ мксек.

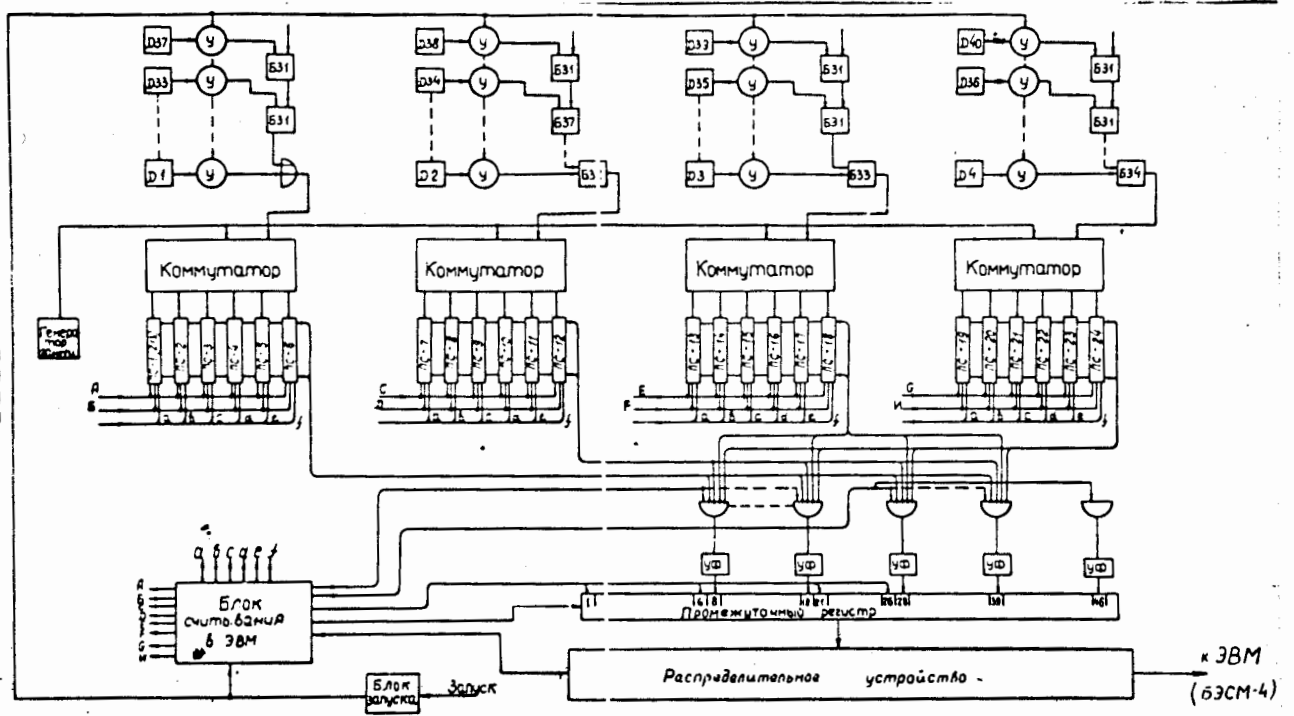


Рис. II

В режиме групповой операции приёма информации ЭВМ работает с тактом обращения к объекту, равным 12 мксек, поэтому желательно иметь малое расстояние между ЭВМ и объектом (до 100 метров).

При увеличении расстояния до 1000 метров необходимо иметь возможность работы ЭВМ с пропуском такта без нарушения режима групповой операции. Этому же требует и распределение во времени информации, поступающей из блока регистрации.

Для вывода информации от одного датчика, при шести искрах в камере, необходимо сформировать 3 машинных слова и затратить на передачу три такта ЭВМ, если расстояние не превышает 100 метров.

При выходе информации из нескольких датчиков, объединенных одним блоком регистрации, передача в ЭВМ будет производиться группами из 3х слоев. Переход при выводе информации от одного датчика к другому сопровождается паузой, пропорциональной длине камеры этого блока. Например, для камеры длиной 1 м пауза длится $200 \div 250$ мксек.

Кроме того, при многократном срабатывании искровых камер за цикл ускорителя между циклами ИК также неизбежны паузы.

В течение паузы ЭВМ должна работать в режиме ожидания.

Использование бустродействующего накопительного устройства большой емкости ($4 \div 8$ тысяч слоев при 45 разрядах), размещенной вблизи регистрирующей аппаратуры позволит сократить время ввода информации в ЭВМ. Скорость ввода информации будет в этом случае определяться возможностями используемой ЭВМ.

В качестве примера на рис. II приведена блок-схема регистрирующей аппаратуры, необходимой для эксперимента по исследованию $K^0_{2-мезон}$ зон на ускорителе ИФВЭ.

ПРИЛОЖЕНИЕ №5.1

Изготовление искровых камер.

Предполагается изготовить следующее количество искровых камер:

ИК-250 - 70 шт.

ИК-600 - 50 шт.

И. - 1000 - 5 шт.

Для этого необходимо выполнить следующий объем работы:

1. Изготовление форм для отлива электродов камер ИК-250 (4 детали).

Материал - орг. стекло толщиной 50 мм в количестве 120 кг.

2. Изготовление форм для отливки электродов камер ИК-600 (4 детали).

Материал - орг. стекло толщиной 60 мм в количестве 250 кг.

3. Изготовление форм для отливки электродов камер ИК-1000 (4 детали).

Материал - орг. стекло толщиной 60 мм в количестве 450 кг.

4. Отливка искровых камер, изготовление приспособлений, подготовительные работы 10.000 человеко-часов (Работа выполняется в ОННР ЛВЭ).

Материалы:

а) компаунд К-115 - 500 кг

б) полиэтиленполиамид - 100 кг

в) кварцевый песок - 500 кг

г) майлар 120 мк - 100 м²

д) -" - 55 мм - 100 м²

е) стекло 4 мм - 50 м²

5. Изготовление металлической арматуры (6 типов деталей)

Фрезерные и слесарные работы. Общее количество деталей 300.

Материалы: а) дюралюминий Д16Т толщиной 4мм - 5 м²

б) -" - -, - 6 мм - 14 м²

Материалы: а) дюралюминий ДІ6Т толщиной 4 мм - 5 м²
б) -" - -" - 6 мм - 14 м²

6. Изготовление охранных крышек (3 типа деталей).

Материал: орг.стекло толщиной 3 мм в количестве 300 кг.

7. Изготовление деталей газового ввода (4 типа деталей).

Токарные работы. Общее количество - 1360 деталей.

8. Изготовление деталей крепления охранных крышек (4 типа деталей).

Общее количество деталей 5000 штук.

9. Изготовление форм для нанесения отпечатков. Фрезерные работы высокой точности. Общее количество деталей - 24.

10. Намотка электродов искровых камер.

Примерно 2000 человеко-часов.

Материал - проволока из бериллиевой бронзы \varnothing 0,1 мм количество: 30 кг.

II. Изготовление магнитострикционных узлов съёма информации:

- а) изготовление форм;
- б) изготовление аппаратуры;
- в) изготовление демпферов;
- г) электрический монтаж.

Материалы: а) магнитострикционная лента из материала К-49 0,35 x 0,05 в количестве 500 метров.

- б) разъем типа ВР-73 - 900 штук
- в) -" - ВР-74 - 900 штук
- г) магниты оксидобариевые - 1500 штук.

12. Электрический монтаж искровых камер 2000 человеко-часов.

Материалы: а) разъём типа ВР-63 - 150 штук
б) -"- ВР-74 - 150 штук
в) -"- ВР-64 - 150 штук
г) -"- ВР-66 - 150 штук
д) Диод 6Ц10К - 150 штук

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5.2

П Е Р Е Ч Е Н Ь.

материалов, необходимых для изготовления искровых камер.

№ пп	Наименование	Един.изм.	Кол-во	Стоимость руб.
1.	Компаунд К-115	кг	500	2650
2.	Полиэтиленполиамин	кг	100	140
3.	Орг.стекло блочное	кг	820	1040
4.	Проволока из бериллие- вой бронзы \varnothing 0,1 мм	кг	30	
5.	Орг.стекло листовое	кг	300	540
6.	Лента из материала К-49		кг	500
7.	Дюраль Д16Т лист	кг	280	
8.	Разъём ВР-73	шт	1050	2205
9.	Разъём ВР-74	шт	1050	2205
10.	Разъём ВР-64	шт	150	315
11.	Разъём ВР-66	шт	150	315
12.	Диод 6Ц10П	шт	150	75
13.	Майлар 120 мк	кг	10	<i>SFr</i> 300
14.	Лавсан 55 мк	кг	10	
15.	Кварцевый песок	кг	500	
16.	Магниты оксидобариевые	шт	1500	

Всего:

~ 11000

ПРИЛОЖЕНИЕ №53.

Перечень материалов, необходимых для изготовления регистрирующей аппаратуры

№ пп	Наименование	Кол-во в штуках	Общая стоимость в рублях	Примечание
1	2	3	4	5
1.	Триоды 1Т308В	2500	4625	
2.	Триоды А400Б (А479А)	2000	15000	
3.	Триоды 1Б02АИ	200	340	
4.	Туннельные диоды 3И301В	1000	1750	
5.	--- 3И301Г	500	875	
6.	Диоды Д18	2000	1060	
7.	Триоды 1Т311	1000	2450	
8.	Туннельный диод ГИ305А	500	2000	
9.	Интегральная схема И2113А	5000	85000	
10.	Конденсаторы ЭТО-1	2500	3000	
11.	--- МБМ	3000	750	
12.	--- ПМ-1-2	2500	150	
13.	--- К53-1	1000	1800	
14.	--- КТ-1	2000	100	
15.	--- КТ-2	6000	300	
16.	--- КД-1	3000	90	
17.	--- КД-2	3000	90	
18.	Разъём ВР-73	1200	2310	
19.	--- ВР-74	1200	2310	
20.	--- ВР-75	50	105	
21.	--- ВР-95	50	105	
22.	Резистор МЛТ 0,25	20000	1000	
23.	Ячейки БЭСМ-4	300	6000	
Всего:			131210	

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5.4.

ПЕРЕЧЕНЬ

материалов, необходимых для изготовления газового пульта.

№№ пп	Наименование	Кол-во	Общая стоимость	Примечание
1	2	3	4	5
1.	Ротаметр ()	40	100	
2.	Вентиль специальный	40	1000	
3.	Неон-гелиевая смесь	50 м ³	25000	
4.	Баллон гелиевый	6 шт	300	
5.	Серебряный припой	0,5 кг		
Всего :			26000	

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5.5.

С П И С О К
материалов, необходимых для изготовления системы
импульсного питания

№ п/п	Наименование	Кол-во	Общая стоим.	Примечание
1	Тиратрон ТТИ 1000/25	5	7500	
2.	Лампа ГИ-17	50	500	
3	Лампа ГИ-30	50	205	
4	Дiod Д1008	30	3180	
5	Дiod Д234Б	200	530	
6	Резистор ТВО	5000	500	
7	Резистор КЛМ	2000	300	
8	Конденсатор К-15-4	500	1000	
9	Разъём ВР-64	100	210	
10	Разъём ВР-66	100	210	
Всего:			14135	

из-10
9/1-68г.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 5.6

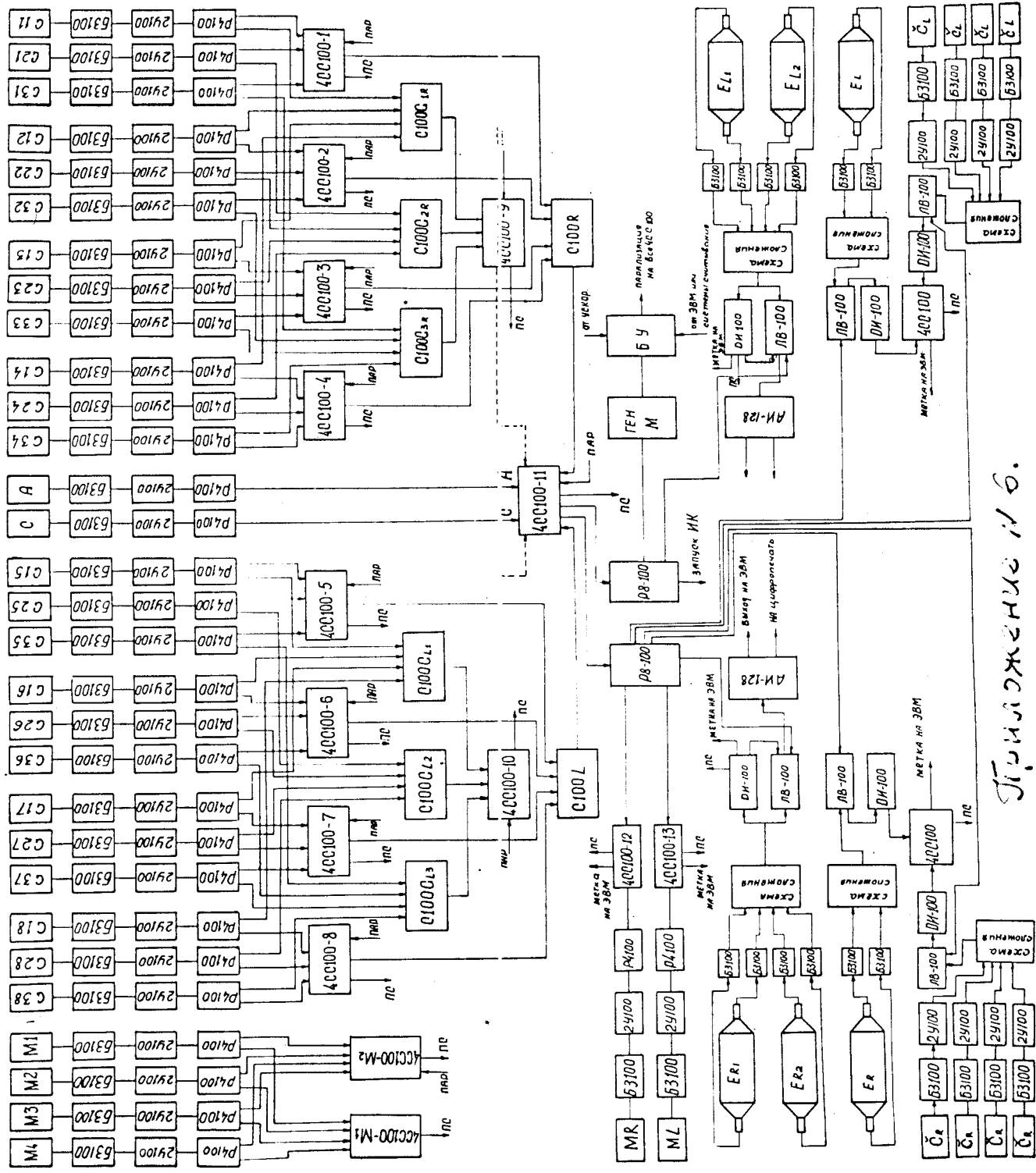
П Е Р Е Ч Е Н Ь

дополнительного оборудования и материалов, необходимых для изготовления системы искровых камер.

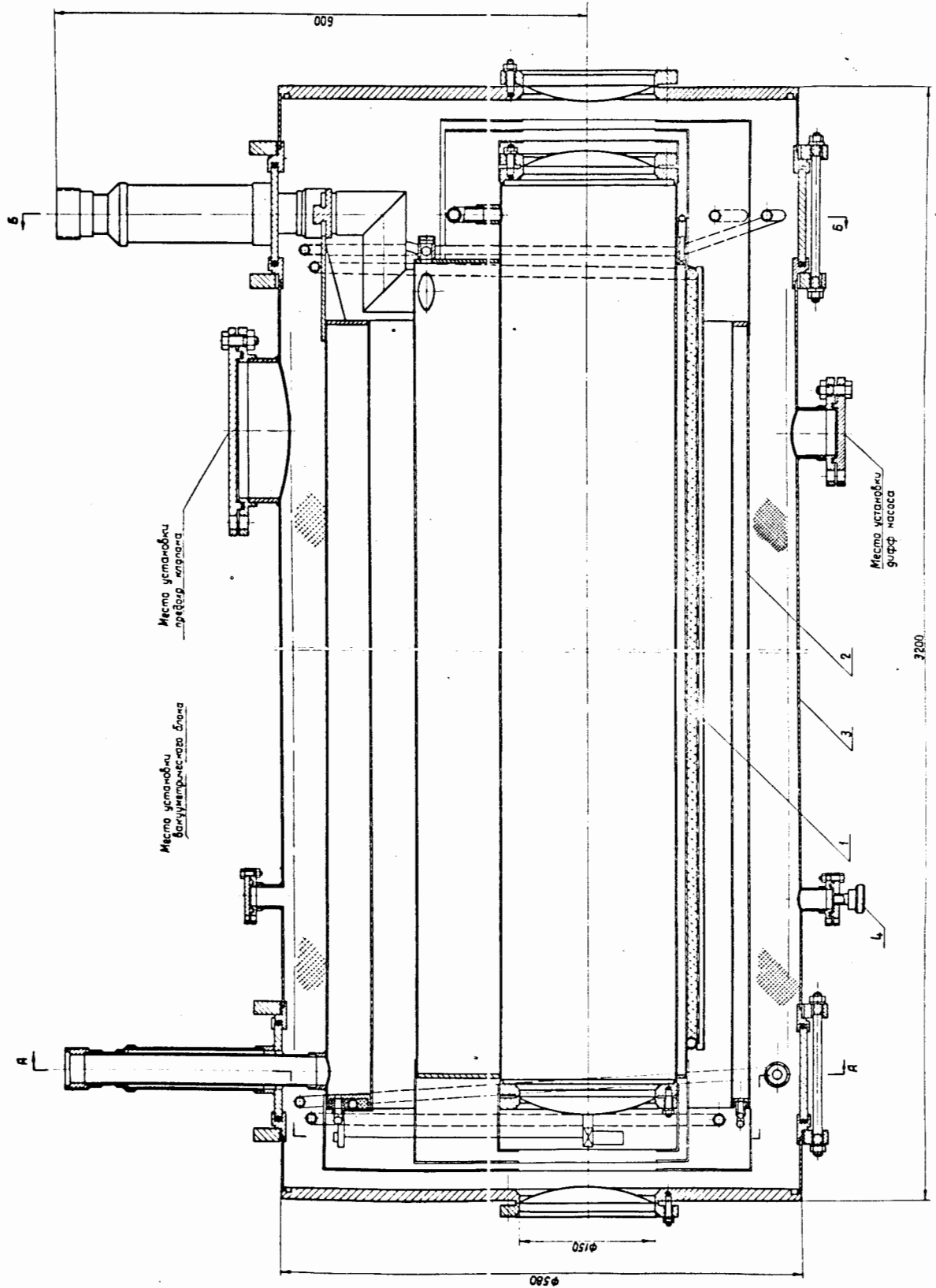
№№ пп	Наименование	Един. измер.	Кол-во	Общая стоимость руб.	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	✓ Кабель РК-19	км	20	1270	✓
2	✓ Кабель РК-75-7-15	км	2	510	✓
3	✓ Провод БПВЛЭ-1	км	20	2700	
4	Стойка от БЭСМ-3	шт	3	-	ЦЭМ
5	✓ Кабель РК-50-2-21	км	5	800	
6	Стойка универсальная	шт	4	8000	ЦЭМ
7	Выпрямитель БСУ	шт	100	12000	ЦЭМ
8	Выпрямитель ИП-2	шт	10	5000	ЦЭМ
9	✓ Выпрямитель УИП-2	шт	4	1600	
10	✓ Выпрямитель КВСВ	шт	4	1080	
11	✓ Выпрямитель ВВС-1	шт	2	800	
12	✓ Пробойная установка УПУ-1М	шт	5	950	
13	✓ Осциллограф <i>textconix</i> 66I	шт	1	3400	
14	✓ Выносной щуп тип (США) к осц. <i>textconix</i> 66I	шт	1		
15	✓ Генератор <i>Datapulse</i> тип 109	шт	1	~ 200	
16	✓ Генератор <i>Tekelec</i> (Франция) тип 150	шт	1	1000	
17	✓ Осциллограф <i>OSA</i> 60I	шт	1	~ 6000	
Всего:				40710 руб.	
				+ 4600 \$	

БЛОК СХЕМА ЭЛЕКТРОНИКИ КАМЕР

СИСТЕМОЙ ЗАПУСКА ИСКРОВОЙ



Т.И.И.А.Ж.Е.Н.У.Е.И.В.О.



Страница № 17. Рис. 1.

П Е Р Е Ч Е Н Ь № 3

материалов и приборов для Серпуховских работ, заявленных
на 1968 год

№ п/п	Наименование	Кол-во и ед. изм.	Стоимость 1 шт.	Сумма
1	2	3	4	5
<u>Кабели</u>				
I.	РК-119	1 км	58 р	58 р
2.	РК-101	1 км	110 р	110 р
3.	ПВЛЭ	1 км	190 р	190 р
4.	Розетки с круглым фланцем ВР-73 ф	120 шт.	2 р 10	252 р
5.	Вставка прямая ВР-74 ф	120 шт.	2 р 10	252 р
6.	Переходник прямой ВР-75 ф	20 шт.	2 р 10	42 р
7.	Переходник тройной ВР-95 ф	20 шт.	2 р 10	42 р
8.	Розетка с квадратным фланцем ВР-66 ф	80 шт.	2 р 10	168 р
9.	Вставка прямая ВР-54 ф	80 шт.	2 р 10	168 р
10.	Переходник прямой ВР-50 ф	15 шт.	2 р 10	31 р 50
11.	Переходник тройной ВР-93	15 шт.	2 р 10	31 р 50
<u>Осциллографы</u>				
I.	С-1-42	1 шт.	3300	3300 р
2.	С-1-31 (либо <i>OSA-601</i>)	1 шт.	2000	2000 р
3.	С-1-10	1 шт.	1000	1000 р
4.	"Тектроникс" 661"	1 шт.	7500	7500 р
5.	Генератор импульсов Г5-22	1 шт.	1920	1920 р
6.	Выпрямитель ВСВ	20 шт.	200	4000 р
7.	Генератор импульсов Г5-23	1 шт.	2400	2400 р
8.	ФЭУ-36	70 шт.	29	2030 р
9.	Фотообъективы "Мир"	6 шт.	300	1800 р
10.	Машинка печатающая электрическая "Оптима"	2 шт.	250	500 р
11.	Неон	2000 л	2 р 30	4600 р
12.	Тестер ТТ-3 (ВК-7-1)	2 шт.	33	66 р
13.	Вольтметр цифровой Щ-1411М	1 шт.	3600	3600р
14.	Комплект РФК-5	1 шт.	7500	7500 р
15.	Масс-спектрограф МИ-13-05	1 шт.	20000	20000 р

ИТОГО:

64317 руб