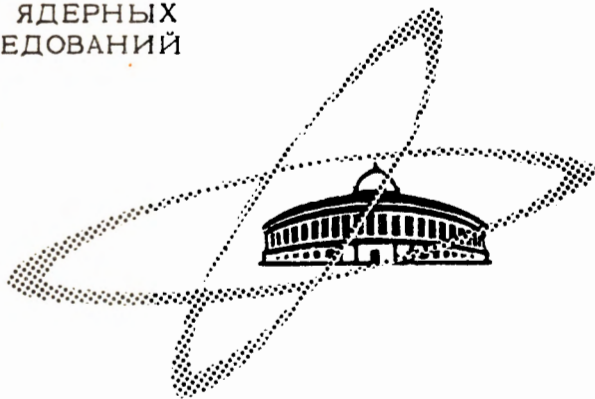


3-123

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



13 - 3397

Г.И. Забиякин, Л.С. Золин, В.А. Никитин,
Б.Н. Соловьев, В.Г. Тишин, Т. Шетет, В.Д. Шibaев

МНОГОПАРАМЕТРОВАЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ
УСТАНОВКА С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВЫВОДОМ
ИНФОРМАЦИИ В ЦИФРОВУЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ
МАШИНУ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1967.

13 - 3397

5199/3 мф.
Г.И. Забиякин, Л.С. Золин, В.А. Никитин,
Б.Н. Соловьев, В.Г. Тишин, Т. Шетет, В.Д. Шibaев

МНОГОПАРАМЕТРОВАЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ
УСТАНОВКА С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВЫВОДОМ
ИНФОРМАЦИИ В ЦИФРОВУЮ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ
МАШИНУ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

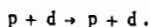
В в е д е н и е

Предлагаемая в настоящей работе установка может использоваться в экспериментах, где необходимо производить амплитудный анализ одновременно по нескольким каналам (до 16 каналов) и независимо в нескольких временных интервалах (до 64 временных интервалов). Установка соединена линией связи с ЦВМ БЭСМ-3М. Информация поступает в МОЗУ машины и обрабатывается в процессе эксперимента.

Настоящая разработка проведена для исследования упругого рассеяния протонов на протонах и ядрах в области высоких энергий. Проверка некоторых важных положений теории элементарных частиц требует данных об упругом рассеянии частиц на очень малые углы, где существенную роль играет как электромагнитное, так и ядерное взаимодействия. Схема опыта ^{1/} приведена на рис.1. Внутренний пучок синхрофазотрона, направленный по оси x , падает на тонкую водородосодержащую мишень T . Частицы отдачи проходят через вакуумный канал 2 и попадают на полупроводниковые кремниевые детекторы, расположенные на плоскости 1. Регистрация ведется в интервале углов $90-80^\circ$ и в интервале энергий 0,5-30 Мэв. Счет сцинтилляционных телескопов s_1 пропорционален полному потоку первичного пучка. После соответствующей калибровки счетчики s_1 используются как мониторы интенсивности первичного пучка ускорителя.

Характерный вид энергетического спектра частиц отдачи, наблюдаемого под определенным углом и при фиксированной энергии первичного пучка протонов, показан на рис. 2. (Эксперимент по исследованию упругого рассеяния протонов на дейтонах). Пик соответствует упругому pd -рассеянию. Обработка

спектра^{/2/} позволяет выделить эффект упругого рассеяния из фоновых процессов и вычислить дифференциальное сечение реакции



Описанная схема эксперимента использовалась ранее^{/3,4/} для исследования упругого pp - и pd -рассеяния в интервале 1-10 Гэв. Спектрометрирование частиц отдачи велось либо ядерной эмульсией, либо полупроводниковым детектором, работающим на амплитудный анализатор. Применение многопараметровой спектрометрической установки позволит существенно ускорить получение физических результатов, так как дифференциальное сечение рассеяния измеряется одновременно в 8-16 угловых точках. Важное преимущество вытекает из возможности работы при непрерывном сбросе первичного пучка на мишень в процессе ускорения. В каждом цикле ускорения облучение мишени длится 1-2 секунды. За это время энергия пучка непрерывно меняется на величину, равную нескольким Гэв. Спектрометрическая установка разбивает всю информацию на 64 временных канала; таким образом, один эксперимент позволит измерить дифференциальное сечение упругого рассеяния в 8-16 угловых точках и в 64 энергетических интервалах. ЦВМ, работающая в линии с регистрирующей аппаратурой, обеспечивает автоматизацию процесса обработки данных эксперимента.

1. Блок-схема установки (рис. 3)

Полученные из 8(16) полупроводниковых детекторов сигналы после усиления поступают на кодировщик номера детектора (описание приводится ниже). Кодировщик выдает в устройство промежуточной памяти (УПП) код о номере детектора, из которого получена информация, а также подает исследуемый импульс на вход амплитудного кодировщика для измерения его амплитуды. В качестве амплитудного кодировщика используется стандартный блок, разработанный в Лаборатории нейтронной физики^{/5/}. Он имеет следующие технические характеристики:

- а) число каналов 256;
- б) мертвое время переменное $(3 + 0,05 n)$ мксек, где n - число каналов;
 мертвое время постоянное 18(32) мсек;
- в) диапазон напряжений на входе 0-0,8 в с усилителем;
 0 - 8 в без усилителя;

- г) порог экспандирования 50%;
- д) интегральная нелинейность 0,2%;
- е) дифференциальная нелинейность $\pm 1\%$;
- ж) уход порога на 1 канал происходит при скорости счета 10^5 имп/сек;
- з) температурная нестабильность 1 канал на 10°C ;
уход усиления 0,5% на 10°C ;
- и) поляриность входных импульсов - любая.

"Логика" кодировщика позволяет использовать его для многомерных измерений (амплитуда - время, амплитуда - номер датчика, амплитуда - амплитуда). Как код номера детектора (ND), так и амплитудный код (A) в виде параллельных импульсных кодов по 11 двоичных разрядов поступают на 1 часть устройства промежуточной памяти (УПП)-буфер "А". Буфер "А" состоит из 4-х линеек, каждая из которых содержит по 11 феррито-диодных ячеек. Запись производится последовательно, в каждую линейку заносятся код A и код ND. Считывание производится одновременно со всех 4 линеек буфера А только после того, как они будут все заполнены. Считываемая информация из буфера "А" переносится на выходной регистр импульсами "Перенос", поступающими из временного кодировщика с периодом, меньшим мертвого времени амплитудного кодировщика. Как уже было сказано выше, одновременно проводится и анализ событий по времени их поступления (временной анализ). Для этих целей служит временной кодировщик (в основу которого положено несколько широко известных разработок^{6,7/}) со следующими характеристиками:

- а) число каналов - 64,
- б) ширина каналов - 16, 32, 64, 128 мсек,
- в) задержка начала измерения - переменная с шагом, равным $16 \times \Delta t$,
где Δt - ширина канала,
- г) максимальная задержка $5 \times 16 \times \Delta t$.

Измеряемый временной интервал можно разбить на 4 группы по 16 каналов в каждой с одинаковой шириной канала.

Задержка между группами устанавливается так же, как и задержка начала измерения.

В связи с тем, что используемые ширины каналов временного кодировщика достаточно велики, а интенсивность поступления событий на вход установки

высока, было предложено присваивать временной адрес не каждому событию, а сразу группе событий, приходящих во время данного временного канала. Временной адрес заносится при изменении номера во II часть УПП – буфер Б.

Одновременно в буфер Б заносится содержание 3-х мониторных счетчиков (емкость каждого – 256 импульсов). После опроса мониторные счетчики сбрасываются в нуль. В качестве буфера Б используется одна линейка ферритов с индивидуальным приводом по записи и общим приводом по считыванию. Линейка содержит всего 45 ферритовых ячеек (по числу разрядов в машинном слове). В них заносится в виде параллельного двоичного кода следующая информация:

временной код (В) – 6 разрядов,

код I -го мониторного счетчика (M_1) – 8 разрядов,

код II -го мониторного счетчика (M_2) – 8 разрядов,

код номера облучения (У) – 10 разрядов.

Всего используется 40 разрядов. Информация из буфера Б (так же как из буфера А) переносится на выходной регистр. Если к моменту переноса информации оба буфера заполнены, преимущественным правом переноса обладает информация буфера Б (коды В, M_1 , M_2 , M_3 , У). Так как перенос кодов на выходной регистр осуществляется импульсами, период которых меньше мертвого времени амплитудного кодировщика, то выходной регистр можно считать частью УПП, в два раза увеличивающей его емкость. Опрос выходного регистра осуществляется импульсами "Опрос из ЦВМ", период которых равен 120 мксек. Этими же импульсами с небольшой задержкой осуществляется и сброс триггеров выходного регистра.

2. Кодировщик номера детектора

Кодировщик номера детектора (КНД-8) выполняет следующие функции:

1. Формирование двоичного кода номера детектора.
2. Формирование сигнала запрета при появлении импульсов от двух детекторов, разделенных временным интервалом меньше заданного.
3. Согласование отдельных каналов регистрации со входом амплитудного кодировщика (схема сложения).

Функциональная схема кодировщика изображена на рис. 4. Импульсы от спектрометрических усилителей поступают на схему сложения Sx "+" и входные формирователи-дискриминаторы $\Phi_1 - \Phi_8$. Порог срабатывания формирователей устанавливается несколько ниже порога амплитудного кодировщика (АК) во избежание ложного кодирования импульсов малой амплитуды. Импульсы с выхода формирователей (-7 в, 1 мксек) через схему диодного шифратора ($D_1 - D_{12}$) и эмиттерные повторители (T_4, T_5, T_6) поступают на буфер А устройства промежуточной памяти. Управление формирователя осуществляется импульсом блокировки АК, который закрывает ключи, блокирующие входы формирователей на время блокировки всех входов установки, и открывает ключи на выходе формирователей, пропускающие сформированный импульс на диодный шифратор, — задержка выходного импульса формирователя относительно импульса на входе превышает задержку в появлении импульса блокировки АК. Таким образом, код номера детектора выдается только при одновременном наличии кода амплитуды.

Для предотвращения регистрации случаев с наложением импульсов от двух детекторов в интервале времени от момента появления первого импульса до момента блокировки входа АК в схему логики АК со схемы совпадения кодировщика ($R_{13} + R_{20}, D_{13}, T_1, T_2, T_3$) подается импульс запрета регистрации.

На вход амплитудного кодировщика детекторные импульсы поступают через схему сложения (Sx "+"), выполненную на основе усилителя тока с низким входным импедансом. Коэффициент передачи по напряжению схемы сложения равен 0,5.

3. Функциональная схема УПП (рис. 5)

Устройство промежуточной памяти выполнено в виде 12 идентичных взаимозаменяемых кассет. Каждая кассета включает в себя 4 феррито-диодных ячейки (буфер Б), 4 выходных усилителя (общие для обоих буферов), 4 триггера выходного регистра с эмиттерными повторителями, а также соответствующие схемы индикации.

Устройство управления УПП служит для выбора линеек при записи кода ($A+ND$) организации считывания с обоих буферов и связи со стойкой передачи данных в цифровую вычислительную машину (ЦВМ). Задний фронт импульса "Пуск логики из АК" формируется одновибратором ОВ и поступает на коммутатор линеек, выполненный в виде двух триггеров (T_1, T_2) с дешифратором.

Выходы дешифратора через эмиттерные повторители управляют диодными ключами феррито-диодных ячеек, направляя каждый раз коды ($A + ND$) в следующую линейку. При заполнении всех 4 линеек взводится триггер T_3 , дающий запрет для амплитудного кодировщика и разрешение на вентиль V_1 , управляющий считыванием из буфера А. Информация в ферритовые ячейки буфера Б заносится с помощью устройств привода, связанных непосредственно с соответствующими блоками (мониторные счетчики, адресное устройство временного кодировщика, установка номеров облучений). Эти устройства опрашиваются импульсами из временного кодировщика при каждом переходе на следующий временный канал. Считывание информации из буфера А или Б осуществляется импульсами "считывание", поступающими из задающего генератора временного кодировщика. Эти импульсы поступают на вентиль V_3 , который будет открыт только в том случае, если выходной регистр опрошен и находится в сброшенном состоянии. Прошедшие вентиль V_3 импульсы формируются одновибратором OB_4 и через повторитель $ЭП_5$ поступают одновременно на два вентиля V_1 и V_2 , которые управляются триггером T_4 . Так как преимущественным правом считывания обладает буфер Б, то, если этот буфер содержит информацию, вентиль V_2 открыт, а вентиль V_1 закрыт.

После считывания из буфера Б триггер T_4 сбрасывается, закрывая вентиль V_2 и открывая вентиль V_1 .

Импульс переноса проходит через открытый вентиль V_2 , формируется одновибратором OB_3 и через повторитель $ЭП_4$ поступает на генератор импульсов тока считывания Φ_1 . Этот же импульс после формирования одновибратором OB_1 сбрасывает триггеры T_1 , T_2 и T_3 , снимая блокировку с амплитудного кодировщика. Импульсы, запускающие генераторы считывания Φ_1 и Φ_2 , поступают через схему ИЛИ и повторитель $ЭП_6$ на триггер T_5 , выход которого является 46-ым разрядом для стойки передачи информации в машину. Взведение этого триггера означает, что на выходной регистр уже выведена информация, которая может быть передана в машину. Сброс выходного регистра, а также триггера T_5 (46-ой разряд) осуществляется импульсом "Опрос из ЦВМ", который поступает в УПП уже после того, как информация с выходного регистра будет передана в ЦВМ. Этот импульс запускает генератор сброса Φ_3 , выход которого подключен к сбросовой шине выходного регистра, а также ко второму входу триггера T_5 .

4. Контроль работы аппаратуры и обработка информации

Программа обработки информации, поступающей с установки, делится на 2 части.

Первая часть принимает информацию с линии связи, располагает ее в МОЗУ, осуществляет проверку работы аппаратуры по определенной системе тестов и записывает проверенную информацию на магнитную ленту.

Вторая часть вступает в работу после завершения набора статистики. Цель ее - вычисление дифференциального сечения упругого рассеяния и других характеристик исследуемой реакции.

Рассмотрим коротко функции первой части программы. ЦВМ БЭСМ-3М, установленная в ОИЯИ, имеет два МОЗУ по 4096 45-разрядных ячеек каждое. Первое МОЗУ мы отводим для программы и накопления результатов обработки информации. Во второе МОЗУ засылаются коды с линии связи. Таким образом, в одном цикле работы ускорителя может быть записано 4096 45-разрядных слов. Как сказано выше, код (A+ND), несущий амплитудную информацию, содержит данные о 4-х зарегистрированных датчиками частицах. Весь массив кодов (A+ND) разбит на 64 группы. Каждая группа относится к определенному интервалу времени, т.е. к определенному интервалу энергии первичного пучка. В каждой группе есть код $(B + M_1 + M_2 + M_3 + Y)$, который несет номер временного канала, счет мониторных телескопов и некоторую служебную информацию. В одном цикле ускорителя можно зарегистрировать не больше $(4096 - 64) \cdot 4 = 16128$ частиц отдачи. Принятая информация анализируется в течение времени между циклами работы ускорителя (7 сек).

Отметим наиболее важные моменты этого анализа.

Для нескольких заданных временных каналов ведется расшифровка принятых кодов. Строятся амплитудные спектры для каждого датчика. Построение делается с суммированием по заданному числу циклов ускорителя. Накопленные спектры могут быть выданы на печать по команде с пульта управления ЦВМ. Можно выдать на печать разность любой пары спектров (вычитание фона).

Вычисляется полное число частиц, зарегистрированных каждым датчиком n_i . По критерию χ^2 проверяется постоянство отношений n_i/n_j от цикла к циклу ускорителя, i, j - номера датчиков. Аномально большое χ^2 для некоторой пары спектров выдается на печать. Это говорит о нестабильной работе

данного спектрометрического канала. Оператор может принять решение об исключении его из дальнейшего анализа. Аналогично контролируется работа мониторов телескопов.

Вычисляется число кодов, поступивших в каждый временной канал. Проверяется равномерность заполнения временных каналов. Если в некотором канале число кодов меньше заданной величины, то номер его выдается на печать. Это является сигналом неравномерности сброса пучка на мишень.

Аналогичному контролю подлежит полное число принятых кодов (контроль интенсивности ускорителя).

Л и т е р а т у р а

1. В.А. Никитин, А.А. Номофилов, В.А. Свиридов, Л.Н. Струнов, М.Г. Шафранова. ПТЭ, № 6, 18 (1963).
2. В.А. Никитин. Преприят ОИЯИ Р-1476, Дубна 1963.
3. XII Международная конференция по физике высоких энергий. Дубна 1964, т. 1, 123, Доклад В.А. Свиридова.
4. Ю.К. Акимов, Л.С. Золин, А.И. Калинин, В.А. Никитин, В.С. Пантуев, Л.Роб, В.А. Свиридов, М.Н. Хачатурян. Ядерная физика, т.4, вып. 1, 88 (1966).
5. В.Г. Тишин. Преприят ОИЯИ 2163, Дубна 1965.
6. Л.А. Маталин, А.И. Шиманский, С.И. Чубаров. Многоканальные амплитудные и временные анализаторы с системой регистрации на ферритовых сердечниках. Москва, ЦИТЭИН, 1961.
7. Ю.С. Кулабухов, Л.А. Тимохин, В.Р. Трубников. Труды У1 конференции по ядерной электронике, т. II, стр. 160. Атомиздат, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 июня 1967 г.

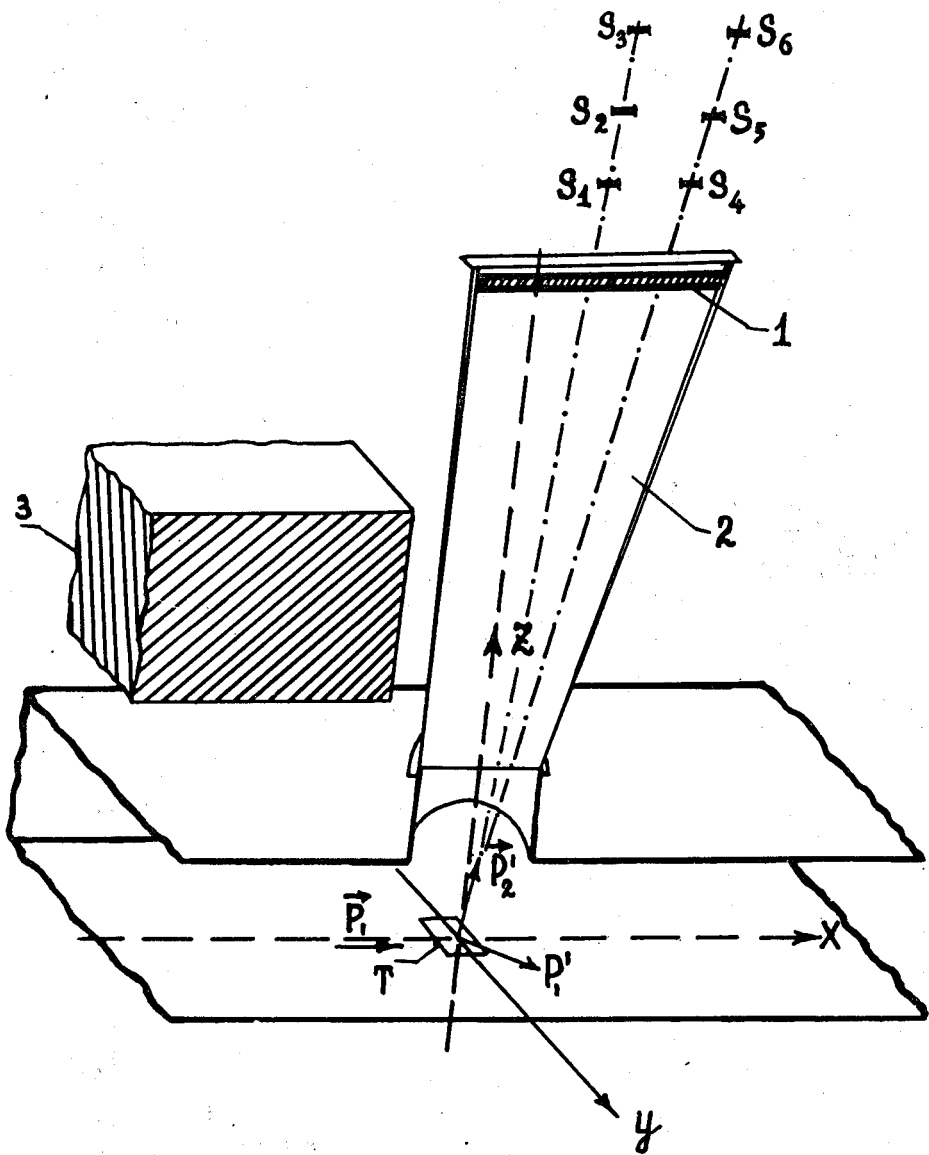


Рис. 1. Схема эксперимента.

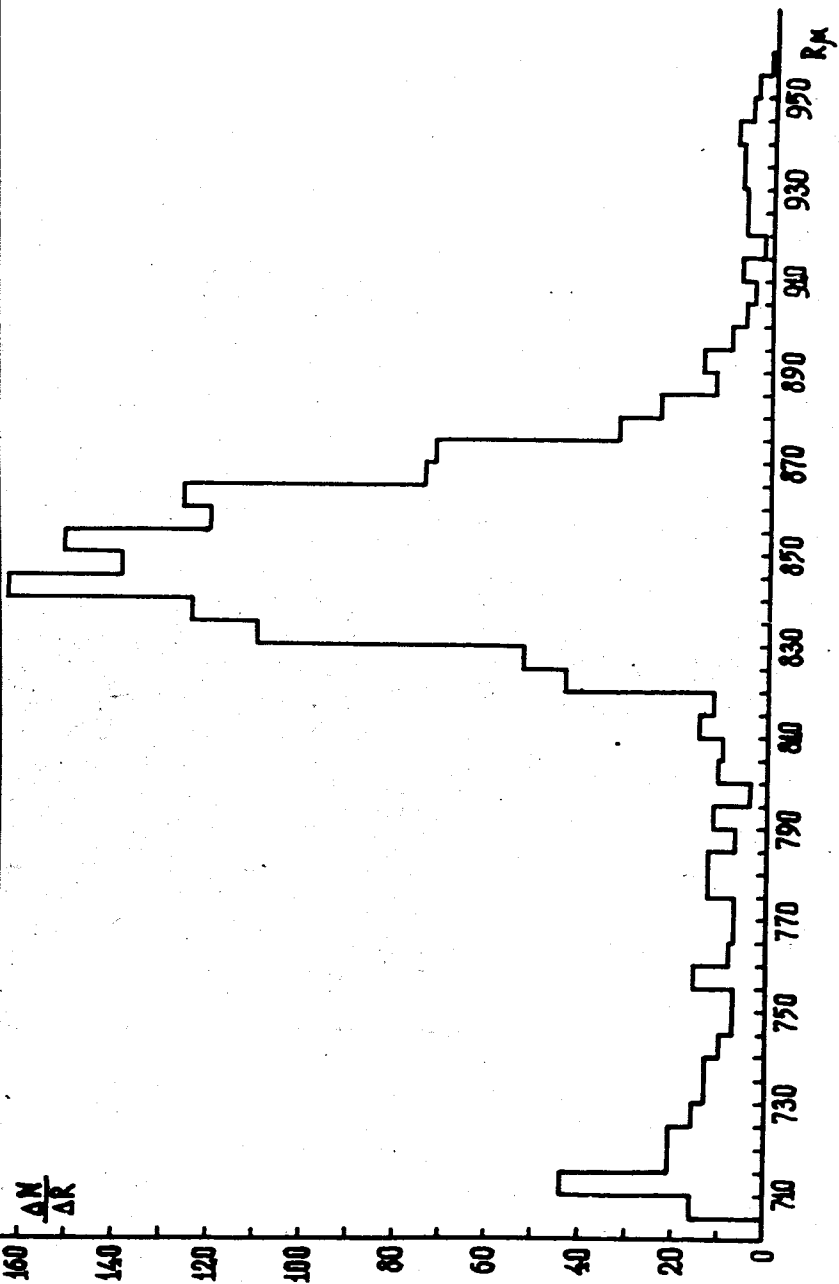


Рис. 2. Пример спектра частот отдачи.

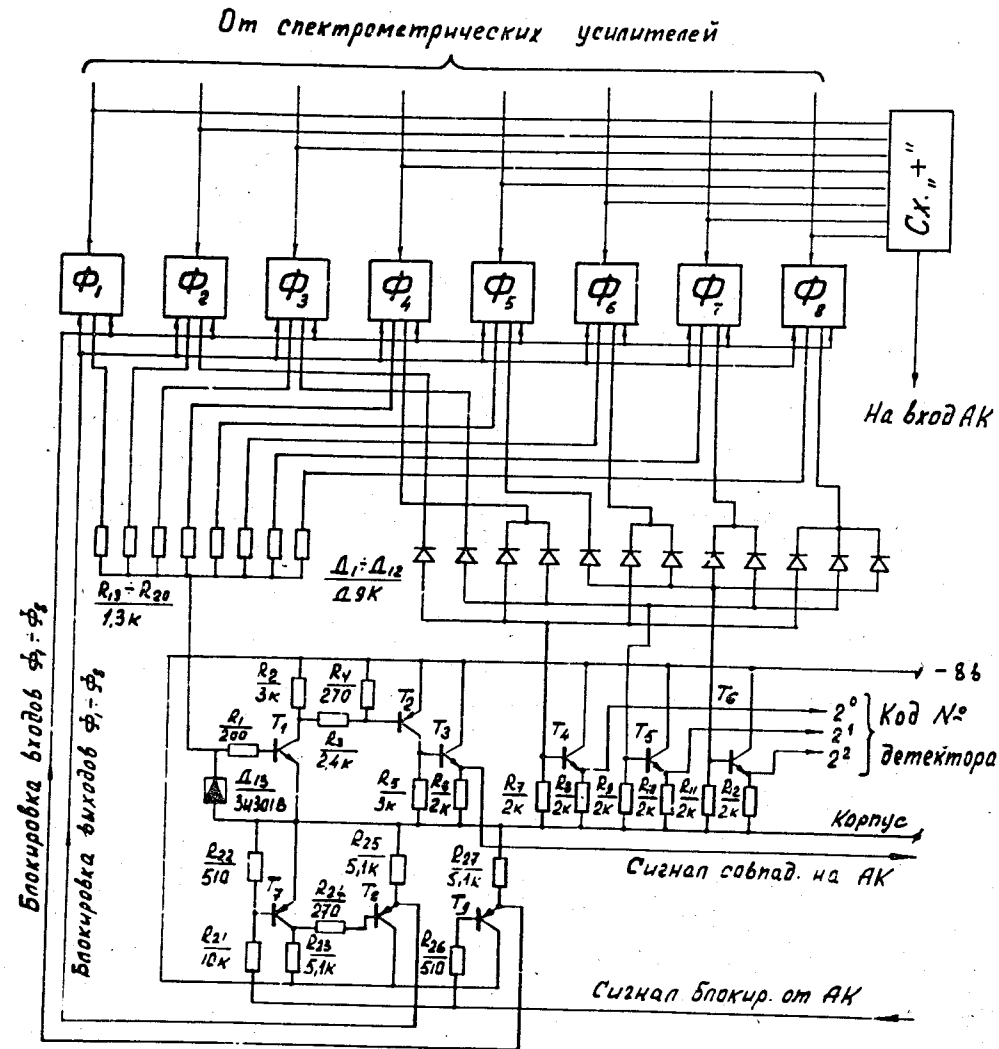


Рис. 3. Блок-схема установки.

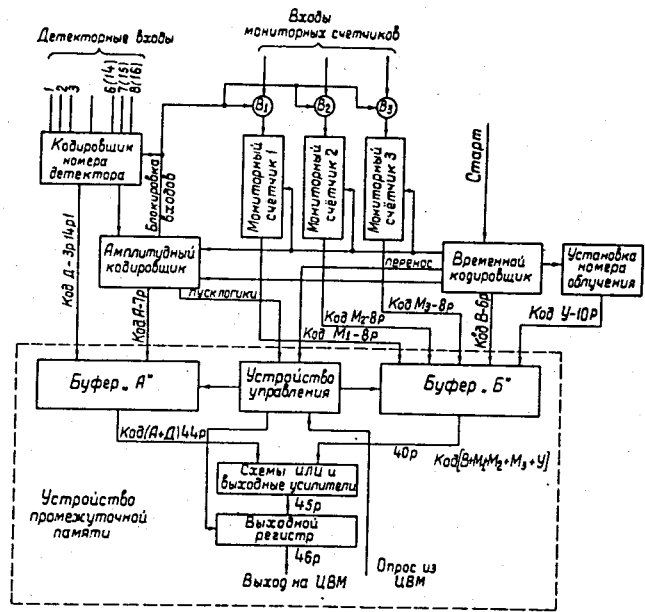


Рис. 4. Функциональная схема кодировщика номера детектора.

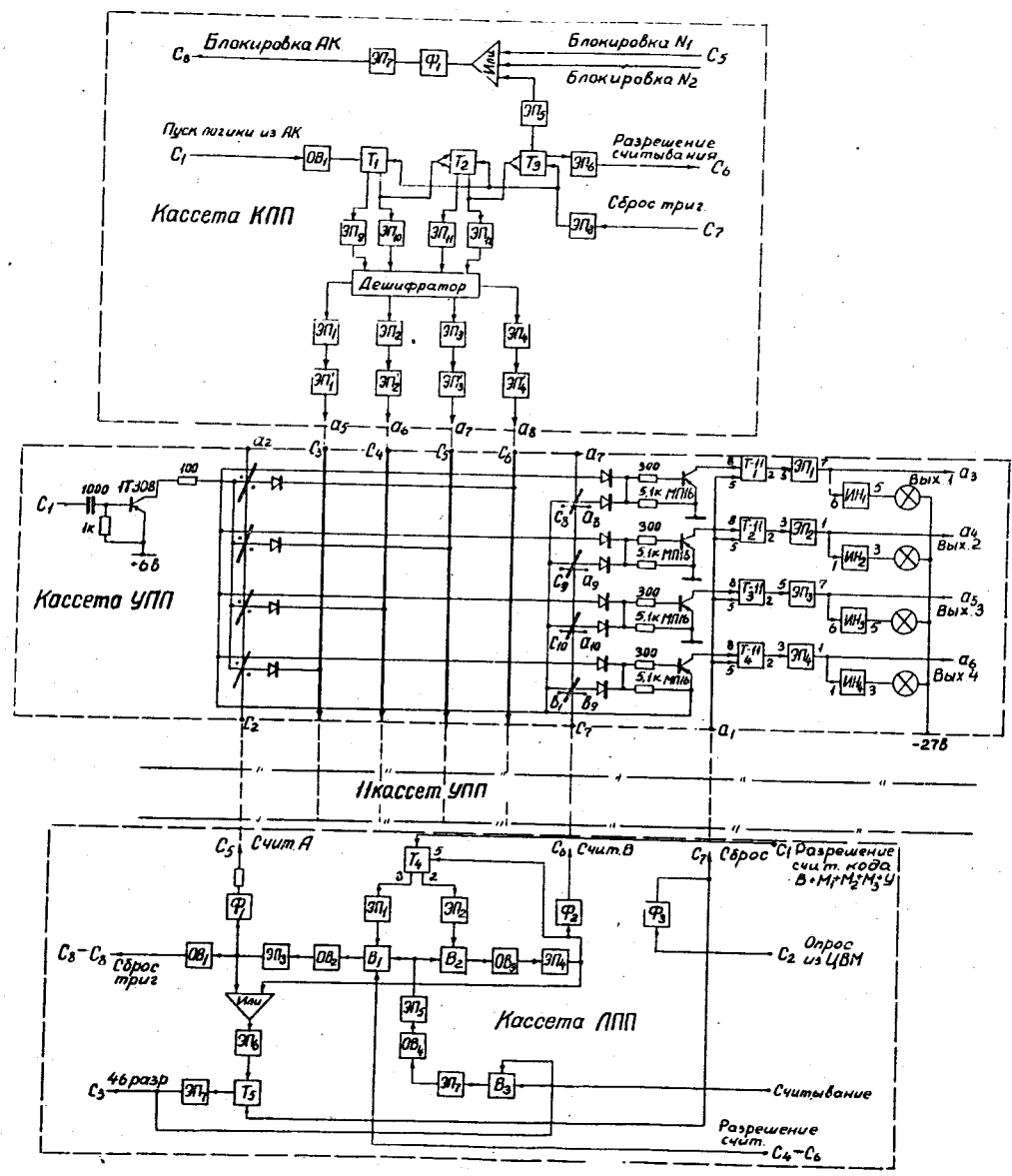


Рис. 5. Функциональная схема устройства промежуточной памяти.