

С 344.1ж

К-891

27/II-66

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2486



А.С. Кузнецов, С.Б. Нурушев, Хань Вэ-цюань

ГОДСКОПИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ
ЭФФЕКТОВ В НУКЛОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

2486

3960/1, 49
А.С. Кузнецов, С.Б. Нурушев, Хань Вэ-люань

ГОДСКОПИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ
ЭФФЕКТОВ В ЯДРОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

1. Введение

Годоскопические системы, составленные из большого числа сцинтилляционных счетчиков, находят все более широкое применение при исследовании процессов взаимодействия элементарных частиц ^{1,2/}. Такие системы обеспечивают высокое быстродействие, охват большого телесного угла при хорошем пространственном разрешении и возможность использования электронной вычислительной машины непосредственно в ходе эксперимента.

В настоящей работе описывается годоскопическая система, разработанная для исследования поляризационных эффектов в pp -взаимодействиях вблизи 660 Мэв. В этой системе применяется до 160 сцинтилляционных счетчиков на малогабаритных фотоэлектронных умножителях ФЭУ-35, образующих 16 независимых годоскопических элементов. Система регистрации годоскопа имеет запоминающее устройство на 32 канала с емкостью каждого канала 10^4 импульсов. Вывод информации из запоминающего устройства осуществляется на бумажную ленту в десятичном коде и на перфоленту в двоично-десятичном коде, пригодном для ввода в ЭВМ "Минск-2".

Для наблюдения за ходом эксперимента и состоянием всех элементов годоскопа предусмотрена визуальная индикация информации, накапливающейся в запоминающем устройстве, при помощи контрольной осциллографической трубки.

Механическая конструкция годоскопа обеспечивает возможность для постановки ряда экспериментов. Так, например, на данной годоскопической установке были проведены измерения энергетических спектров и асимметрии в испускании π^+ -мезонов в реакции $pp \rightarrow p\pi^+$, не запланированные заранее. С помощью описываемого годоскопа можно также ставить опыты на поляризованной мишени и другие эксперименты, например, по измерению корреляций в испускании π^+ -мезонов и нуклонов в реакции $NN \rightarrow NN\pi$.

2. Расположение счетчиков годоскопа

Пространственное расположение счетчиков, отвечающее требованиям эксперимента по измерению параметра "А" тройного рассеяния протонов на продольно поляризованном пучке, показано на рис. 1.

Рассеянные на мишенях протоны регистрируются сцинтилляционными счетчиками, сгруппированными в 10 рядов, по 16 счетчиков в каждом. Один ряд счетчиков, объединенных общим кожухом, называется экраном. При выборе расположения и размеров экранов исходили из необходимости охватить в упругом pp -рассеянии весь угловой интервал, в котором возможна регистрация как рассеянных частиц, так и частиц отдачи. Число экранов определяется требованием образования телескопических систем, направленных на мишени, и уровнем фона случайных совпадений.

Первое рассеяние поляризованных протонов происходит на жидководородной мишени М1 в горизонтальной плоскости. Рассеянные протоны регистрируются экраном Г1, а протоны отдачи — экранами Г5, Г6. Затем рассеянные протоны попадают в анализирующую мишень М2 и испытывают вторичное рассеяние уже в вертикальной плоскости. После вторичного рассеяния частицы детектируются экранами Г2, Г3 и Г4, если рассеяние происходит вверх от горизонтальной плоскости, или экранами Г2', Г3' и Г4' если рассеяние происходит вниз от горизонтальной плоскости. Экран Г4 регистрирует частицы, не испытавшие вторичного рассеяния на мишени М2; импульсы с экрана Г4 участвуют в формировании запрещающего сигнала для схем антисовпадений.

Для измерения асимметрии вверх-вниз в рассеянии протонов на мишени М2 предусмотрена возможность взаимной перестановки экранов Г2, Г3, Г4 и Г2', Г3', Г4' путем вращения их вокруг горизонтальных осей. Экраны Г5 и Г6 являются неподвижными.

Водородная мишень М1 представляет собой стеклянный сосуд Дьюара объемом 3 литра, заполненный жидким водородом. При рабочем диаметре сосуда 12 см и ширине пучка 4 см экраны Г1, Г5, Г6 не просматривают стенок дьюара, находящихся на пути пучка, а выделяют область внутри мишени. Добавление водорода производится через каждые пять-шесть часов работы.

Мишенью М2 служит блок углерода с размерами 25 x 25 x 200 мм, который может быть убран или поставлен на рабочее место с помощью дистанционного привода.

В качестве выделенной оси телескопической установки была выбрана ось, проходящая через центр мишени и середины седьмых сцинтилляторов в экранах, поскольку именно для этих сцинтилляторов выполняется равенство угла рассеяния и угла отдачи в упругом pp -рассеянии. Этот угол для кинетической энергии E падающих протонов в лабораторной системе вычисляется из соотношения

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{E}{Mc^2}}}$$

где Mc^2 — энергия покоя протона. Определяющий экран Г1 располагается перпендикулярно этой оси, так же как экраны Г2, Г3, Г4 и Г2', Г3', Г4'. Сопряженные экраны Г5 и Г6 устанавливаются перпендикулярно к другой линии, которая проходит через центр мишени под углом Ψ к пучку

$$\Psi = \theta + \alpha,$$

причем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E}{Mc^2} \operatorname{tg} \theta$$

При таком расположении сопряженных экранов Г5, Г6 и точечной мишени достигается охват всего телесного угла, выделяемого любым из определяющих сцинтилляторов экрана Г1.

Размеры экранов, сцинтилляторов и другие геометрические параметры установки приведены в таблице 1. В пятом столбце проставлено угловое разрешение для счетчиков каждого экрана, вычисленное из соотношения

$$\Delta \theta = \frac{1}{2R\sqrt{3}} \sqrt{(w \sin \theta + \phi \cos \theta)^2 + t^2},$$

где ϕ — диаметр мишени, w — длина мишени по пучку,
 θ — угол рассеяния, t — ширина сцинтиллятора,
 R — расстояние от мишени до середины сцинтиллятора.

При одинаковых размерах сцинтилляторов одного и того же экрана из-за некоторого различия в расстояниях от центра мишени до сцинтилляторов угловые разрешения внутри экрана меняются. В девятом столбце указаны пороги регистрации данного экрана для протонов с учетом потери энергии во всех предыдущих экранах. Заметим, что в экранах Г5 и Г6 сцинтилляторы расположены в четыре ряда. Это связано с тем, что сопряженные телесные углы, относящиеся к разным каналам отбора событий, перекрываются друг с другом.

Внешний вид экранов Г1, Г2, Г3, Г4 и расположение их при проведении эксперимента по измерению асимметрии в испускании π^+ -мезонов в реакции $pp \rightarrow pp\pi^+$ показан на рис. 2. Кожух с экрана Г2 снят, видны сцинтилляторы и световоды.

3. Блок-схема телескопической установки

Блок-схема телескопа приведена на рис. 3. Обозначенные на ней узлы подразделяются на две части: систему выбора событий и систему регистрации.

Система выбора событий предназначена для выделения исследуемой физической реакции из большого количества сопутствующих ей процессов.

Геометрические параметры годоскопа

п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10
	Номера экранов	Расстояние от мишени М1 до экрана (мм)	Число сплит-двигателей в экране (шт)	Размеры сплит-двигателей (мм)	Угловое разрешение для точечной мишени (град)	Горизонтальные размеры экрана (мм)	Вертикальные размеры экрана (мм)	Телесный угол экрана (стерад)	Порог регистрации протонов (Мэв)	Угловой интервал в лаб. системе (град)	
1	Г1	235	16	12x30x7	$\pm (0,78 \pm 0,85)$	192	30	0,1043	24	16 \pm 60	
2	Г2(2 ^I)	235	16	24x20x7	$\pm 1,44$	384	20	0,1390	88	10 \pm 15	
3	Г3(3 ^I)	470	16	36x30x7	$\pm 1,10$	576	30	0,0782	92	10 \pm 15	
4	Г4(4 ^I)	705	16	48x40x7	$\pm 0,96$	768	40	0,0618	96	10 \pm 15	
5	Г5	181 [±]	16	40x60x7	$\pm (2,8 \pm 3,7)$	160	60	0,2930	88	20 \pm 66	
6	Г6	307 [±]	16	68x100x7	$\pm (3,0 \pm 3,7)$	272	100	0,2880	48	20 \pm 66	
7	ГА	310	16	28x50x10	$\pm 2,7$	448	50	0,2330	73	- 6 \pm 6	

x/ Указано расстояние до первого ряда сплит-двигателей в экране.

Кроме сцинтилляционных счетчиков, она включает в себя схемы совпадений и антисовпадений, объединяющие группы счетчиков в годоскопические элементы.

Назначением системы регистрации является поканальный счет импульсов, поступающих от системы выбора событий, длительное хранение результатов и вывод данных.

4. Система выбора событий

Система выбора событий включает в себя 16 годоскопических элементов. Каждый годоскопический элемент регистрирует протоны, испытавшие упругое рр-рассеяние на определенный угол в мишени М1 и далее вторично рассеянные в мишени М2.

Элемент годоскопа^{/3/} (рис. 4) состоит из 10 сцинтилляционных счетчиков (по одному из каждого экрана), усилителей-формирователей, двух схем 6-кратных совпадений и одной схемы 4-кратных совпадений, выдающей запрещающие импульсы на две схемы антисовпадений, с выхода которых импульсы по высокочастотным кабелям поступают на систему регистрации. Импульсы на выходе канала 1 соответствуют рассеянию частиц на мишени М2 вверх, импульсы на выходе канала 2 - рассеянию вниз.

Принципиальная схема элемента годоскопа показана на рис. 5. Импульсы с анодов ФУЭ-35 через согласующие трансформаторы (Ф 1000, 18x8x6, 24/8 вит. ПЭЛ \varnothing 0,31) и отрезки кабеля РК-50 длиной = 10 метров поступают на входы усилителей (Л₁, Л₂). Каскад на лампе Л₂ ограничивает импульсы по амплитуде и формирует их по длительности. Сформированные импульсы положительной полярности подаются на схемы совпадений, выполненные на диодах Д10А по схеме Гарвина. Импульсы со схемы 6-кратных совпадений через лампу Л₃ и линию задержки поступают на вход схемы антисовпадений^{/4/}. На второй вход схемы антисовпадений приходят запрещающие импульсы от 4-кратной схемы совпадений после их усиления и формирования каскадами на лампах Л₄, Л₅, Л₆. Импульсы со схемы антисовпадений через усилитель (Л₇, Л₈) и катодный повторитель (Л₉) подаются на выход.

Разрешающее время схем совпадений, измеренное методом задержанных совпадений на пучке протонов, составляет = 8 нсек, а схемы антисовпадений = 18 нсек. Более полные результаты испытаний элемента годоскопа и счетные характеристики приведены в работе^{/3/}.

Импульсы с системы выбора событий подаются по 32 высокочастотным кабелям на систему регистрации.

Б. Система регистрации

Блок-схема системы регистрации показана на рис. 6. Система состоит из следующих блоков: входного устройства, блока управления, блока отклонения, блока электронно-лучевых трубок, усилителя импульсов считывания и блока вывода с телеграфным аппаратом СТА-35. Каждый из этих блоков конструктивно оформлен на самостоятельном шасси.

Входное устройство представляет собой сдвигающий регистр, который преобразует поступающую на него параллельную информацию от 32 каналов в последовательный код для передачи на запоминающее устройство. За время одного "выброса" частиц из ускорителя (≈ 650 мксек) каждый канал входного устройства способен зарегистрировать не более одного импульса. В период паузы между "выбросами" вся информация из сдвигающего регистра за время ≈ 6 мсек переписывается на запоминающее устройство, после чего входное устройство вновь готово к приему новой информации.

В качестве запоминающего устройства (памяти) применена схема на потенциало-скопе ЛН-4. Принцип действия подобных устройств подробно описан в работах ^{/5,8/}, поэтому здесь мы ограничимся кратким рассмотрением примененных конкретных схем, в основу которых положены устройства, описанные в работе ^{/7/}.

Блок управления и блок отклонения, а также усилитель импульсов считывания предназначены для управления работой потенциало-скопа ЛН-4 и контрольной трубки 18ЛО47А. В зависимости от поступающих с входного устройства сигналов система работает или в режиме регенерации данных, или в режиме записи нового импульса. Для каждого канала на экранах трубок отводится вертикальный столбик из 16 элементов памяти. Запись чисел может производиться либо в двоичной системе (емкость канала 2^{16} имп.), либо в двоично-десятичной системе счисления (емкость канала 10^4 имп.). Работа в режиме двоично-десятичной записи предпочтительнее, так как при этом удается осуществить наиболее простыми способами автоматический вывод данных на цифropечать ^{/8,9/}.

В качестве цифropечатающего устройства применен телеграфный аппарат СТА-35, имеющий перфоратор, посредством которого запись на обычной телеграфной ленте дублируется пятидорожкой перфорацией на бумажной ленте шириной 17 мм. Связь телеграфного аппарата с запоминающим устройством осуществляется с помощью блока вывода.

На рис. 7 показан общий вид аппаратуры, входящей в систему регистрации.

а) Входное устройство

Блок-схема входного устройства изображена на рис. 8, диаграммы работы - на рис. 9. Схема входного устройства выполнена на полупроводниковых приборах (рис. 10 и 12), с применением печатного монтажа в шести стандартных блочках. В двух блочках

(БУ-1, БУ-2) смонтирована схема управления, в остальных (БВ+1 - БВ+4) - сдвигающий регистр на 32 канала.

В моменты периодических "выбросов" частиц из ускорителя от годоскопических элементов, зарегистрировавших изучаемое физическое явление, на входы каналов регистра поступают положительные импульсы с амплитудой $\approx 8-10$ в. Эти импульсы дискриминируются диодами и запускают блокинг-генераторы, формирующие положительные импульсы длительностью ≈ 5 мксек, амплитудой 4,5 в. Импульсы от блокинг-генераторов опрокидывают в состояние "единица" соответствующие триггеры регистра (Тр1 + Тр32). Таким образом в триггерах сдвигающего регистра за время одного "выброса" частиц происходит накопление информации, которая в период паузы между "выбросами" переписывается из регистра на запоминающее устройство.

Для синхронизации работы входного устройства с работой ускорителя с блока синхрои-мпульсов ускорителя (датчик пучка) ^{/10/} снимаются импульсы положительной полярности длительностью ≈ 3 мсек, задний фронт которых совпадает по времени с моментом начала "выброса" (рис. 9). Синхрои-мпульсы от датчика пучка поступают на дифференцирующую схему 1. Импульсом, соответствующим заднему фронту синхрои-мпульса, запускается фантастронная задержка ^{/11/} на 850 мксек (рис. 12; Т1 + Т4). В течение этого времени входное устройство способно принимать информацию, поступающую на его входы. Концом импульса фантастрона опрокидывается Тр35, который открывает клапан 1. Через клапан 1 пройдет очередной импульс конца канала с блока отклонения (импульс сдвига) на формирователь 1, импульсом которого Тр35 вернется в первоначальное состояние (клапан 1 закроется). Кроме того, импульс от формирователя 1 произведет сброс луча потенциало-скопа в начальную точку первого канала, а также опрокинет триггер 34 в состояние, при котором откроются клапаны 2 и 3. Импульсы конца канала смогут беспрепятственно проходить через клапан 3 на формирователь 3, импульсы которого поступят в качестве сдвигающих на регистр и через дифференцирующую схему 2 - на клапан 4. Информация, содержащаяся в триггерах регистра, будет перемещаться в направлении от Тр1 к Тр33 с частотой сдвигающих импульсов (≈ 6 кгц). Причем первым сдвигающим импульсом будет импульс, соответствующий концу первого канала. Этим импульсом информация из Тр2 будет передана на Тр33. Если это была "единица", то Тр33 откроет клапан 4, и импульс с дифференцирующей схемы 2, соответствующий заднему фронту импульса сдвига, будет передан на выход клапана, откуда по кабелю - на блок управления в качестве импульса записи "+1". Во втором канале потенциало-скопа к имеющемуся числу будет добавлена "единица". Аналогично передается информация на блок управления и из остальных каналов.

С приходом от блока отклонения импульса конца последнего канала срабатывает формирователь 2, импульсом которого сбрасывается в исходное состояние Тр34; остальные триггеры схемы для гарантии от случайных сбоев также получают импульс

сброса. Цикл переписи информации из регистра на потенциалоскоп на этом заканчивается.

Как уже было сказано выше, накопление информации во входном устройстве происходит синхронно с работой ускорителя, и, следовательно, во время пауз между "выбросами" частиц никаких сигналов от годоскопических элементов не поступает. Однако для гарантии от занесения случайных импульсов в сдвигающий регистр в моменты переписи информации из него на запоминающее устройство в схему входного устройства была введена блокировка входов каналов. Для этой цели потенциометры, регулирующие напряжение на дискриминирующих диодах в блоках БВ-1 ÷ БВ-4 (рис. 10), были подсоединены к шине блокировки с управляемым потенциалом.

Переключение потенциала шины блокировки осуществляется с помощью установленно-го в блоке БУ-2 транзистора T_{21} , управляемого от Tr_{34} (рис. 12). Во время "регистрации" транзистор T_{21} находится в режиме насыщения, и напряжение на шине блокировки будет около - 10 вольт. С переключением триггера Tr_{34} "на перепись" транзистор T_{21} закрывается, потенциал на шине поднимается до - 20 вольт и, следовательно, напряжение дискриминации на всех диодах независимо от положения движков потенциометров возрастает до максимального значения.

В случае, если для записи информации, поступающей от годоскопических элементов, используются не все каналы регистрирующего устройства, имеется возможность выделить несколько каналов для ввода в них в определенном коде различных признаков проводимого эксперимента (например, положение счетчиков, вид мишени, характер поглопителя и т.п.). Один канал отводится при этом для счета импульсов, поступающих от монитора пучка.

Занесение импульсов признаков и импульсов от монитора в каналы входного устройства должно производиться только во время "выбросов" частиц из ускорителя. Это достигается с помощью синхронизатора признаков, входящего в состав блока БУ-1 входного устройства (рис. 8, 11а).

Для получения однократного импульса признаков, а также распределения по каналам регистрирующего устройства импульса, выданного синхронизатором признаков, служит небольшой самостоятельный блок-датчик признаков (рис. 13). Однократный импульс признаков вырабатывается датчиком признаков, если нажать и опустить кнопку "ввод". Этот импульс поступает на синхронизатор признаков и опрокидывает Tr_{37} , в результате чего открывается клапан 5. Очередной импульс от датчика пучка пройдет через клапан 5 и заставит сработать формирователь 5, который выдаст импульс положительной полярности длительностью 10 мксек. Импульс от формирователя 5 будет передан на датчик признаков, где, пройдя через тумблеры, поступит на входы каналов, выделенных для записи признаков. Задним фронтом этого же импульса Tr_{37} будет возвращен в исходное состояние.

В качестве монитора пучка в установке используется ионизационная камера с электронной схемой, выдающей импульсы, частота следования которых пропорциональна интенсивности пучка. Естественно, что для регистрации импульсов монитора без просчетов частота следования их должна быть не выше частоты синхронимпульсов от датчика пучка.

Импульсы монитора "запоминаются" Tr_{36} , а затем с помощью схемы совпадений и одновибратора на 650 мксек синхронизируются с импульсами от датчика пучка. Импульсы совпадений, сформированные формирователем 4, подаются для регистрации в один из каналов входного устройства. Задним фронтом импульса от формирователя 4 Tr_{36} сбрасывается в исходное состояние.

Для проверки работы входного устройства и всей регистрирующей части годоскопа во входном устройстве предусмотрена система проверки (рис. 11), состоящая из генератора импульсов, работающего на частоте 100 и 1 гц, переключателей $П_1$ и $П_2$ и диодных ключей. С помощью этой системы осуществляется посылка "единиц" в любые каналы входного устройства, а также выдается команда на перепись информации из сдвигающего регистра на запоминающее устройство.

б) Усилитель импульсов с потенциалоскопа

Принципиальная схема усилителя изображена на рис. 14. На вход усилителя подаются импульсы считывания с пластины потенциалоскопа ЛН-4 величиной в несколько милливольт. Перед усилителем помещена схема нейтрализации^{1/12/}, препятствующая поступлению на его вход импульсов записи, подаваемых с блока управления на пластину потенциалоскопа. Связь потенциалоскопа со схемой нейтрализации осуществляется коротким отрезком кабеля РК-50, причем внутренняя жила соединяется с пластиной, а оплетка - с сеткой потенциалоскопа. Усилитель содержит два усилительных каскада на лампах 6ЖБП (L_1, L_2) и катодный повторитель (L_3 -6Н1П). Потенциометр в сеточной цепи катодного повторителя служит для регулирования уровня постоянной составляющей напряжения на выходе усилителя. Это напряжение является запирающим для клапана считывания схемы управления и зависит от амплитуды импульсов считывания на выходе усилителя.

в) Блок управления

Функциональная схема блока управления изображена на рис. 15, принципиальная - на рис. 16, а осциллограммы напряжений, поясняющие работу схемы, - на рис. 17.

Задающий блокинг-генератор (L_{20}) генерирует импульсы с частотой 100 кГц. Импульсы с блокинг-генератора, пройдя через открытый клапан печати (L_{21}) (закрыт при выводе данных на цифropечать), запускают одновибратор подсвета (L_{22}, L_{23a}). Отри-

пательные импульсы с одновибратора подсвета длительностью 5 мксек поступают на схему сложения (L_{24}), усилитель (L_{25}) и дифференцирующую схему (L_{236}).

Со схемы сложения импульсы подсвета подаются на управляющий электрод трубки 18L047A и на блок отклонения. С усилителя (L_{25}) через катодный повторитель (L_{27}) импульсы положительной полярности амплитудой ~ 80 вольт поступают на подсветку ЛН-4. Импульсы отрицательной полярности с выхода дифференцирующей схемы, соответствующие заднему фронту импульсов подсвета, передаются на блок отклонения в качестве импульсов, управляющих перемещением луча электронно-лучевых трубок.

Отрицательные импульсы с одновибратора подсвета поступают также на формирователь (L_{15}), который с помощью линий задержки формирует отрицательные импульсы положительной полярности длительностью 2 мксек для клапана считывания (L_1). Кроме этого, формирователь (L_{15}) через инвертор (L_{18}) выдает задержанные на 2 мксек отрицательные импульсы длительностью 1 мксек, которые через катодный повторитель (L_{17}) проходят на ключ режима (L_4, L_5) и на одновибратор записи "нулей" (L_8).

Клапан считывания (L_1) открывается на 2 мксек после каждого импульса подсвета. Если в это же время на выходе усилителя появляются положительные импульсы, соответствующие считыванию "единиц", то они проходят через клапан и запускают одновибратор "запоминания" (L_2, L_{3a}), выдающий импульсы обеих полярностей на ключ режима (L_4, L_5). Кроме этого, ключ режима управляется потенциалами от триггера режима (L_{13}, L_{14}), который может находиться в двух состояниях - в состоянии "регенерации", т.е. восстановления данных, или в состоянии "работы", т.е. записи нового импульса. Перевод триггера режима в состояние "работы" осуществляется импульсом "записи +1" от входного блока или импульсом проверки от блока отклонения.

При положении триггера режима в состоянии "регенерация" и считывании с потенциалоскопа "единицы" на выходе ключа режима (L_4, L_5) в момент прихода задержанного импульса с катодного повторителя (L_{17}) появляется отрицательный импульс, который запускает одновибратор записи "единиц" (L_6, L_7). Положительный импульс с одновибратора, пройдя через схему сложения (L_9) и катодный повторитель (L_{10}), подается на схему нейтрализации усилителя импульсов считывания, с которой поступает на пластину потенциалоскопа. Таким образом, на месте считываемой "единицы" будет опять записываться "единица", а вместо "нуля" - "нуль", т.е. происходит регенерация.

При положении триггера режима в состоянии "работа" и считывании с потенциалоскопа "единицы" на выходе ключа режима импульс появиться не будет и, следовательно, вместо считываемых "единиц" будут записываться "нули". При считывании же с потенциалоскопа "нуля" на выходе ключа режима появится импульс, сработает одновибратор записи "единиц" и, таким образом, вместо "нуля" будет записана "единица". Задним фронтом импульса одновибратора записи "единиц" триггер режима переводится

в состояние "регенерация", на этом прибавление единицы в канале заканчивается и продолжается восстановление данных.

Необходимо отметить также, что при положении триггера режима в состоянии "работа" импульсы с одновибратора записи "единиц" проходят через клапан перехода из двоичной системы в двоично-десятичную и подаются на блок отклонения в качестве импульсов переключения с двоичной на двоично-десятичную систему записи данных.

Схема сложения (L_{24}) формирует импульсы подсвета для контрольной трубки, причем несколько увеличенные по амплитуде при записи "единиц", благодаря чему на экране трубки "единицы" светятся более ярко, чем "нули".

Схема сложения (L_{18}) и катодный повторитель (L_{19}) вырабатывают отрицательные импульсы "нулей" для передачи их на блок вывода.

Для включения блока управления на проверку записи "единиц" или "нулей" служат реле P_1 и P_2 соответственно.

г) Блок отклонения

Блок отклонения предназначен для вырабатывания напряжений ступенчатой формы, служащих для управления лучами потенциалоскопа и контрольной трубки. Функциональная схема блока отклонения приведена на рис. 18, а принципиальная схема - на рис. 19.

Вертикальная и горизонтальная развертки осуществляются двумя цепочками триггеров ($L_{22} \div L_{25}; L_9 \div L_{13}$), представляющими собой двоичные пересчетные схемы.

Каждый триггер соединен с ключевой лампой ($L_{29} \div L_{32}; L_1 \div L_5$). Токи ключевых ламп протекают через общие анодные сопротивления и подобраны так, что возрастают в два раза для каждого следующего каскада. Напряжение, снимаемое с общих анодных сопротивлений, имеет ступенчатую форму. Оно подается через катодные повторители ($L_{34}, L_{35}; L_6, L_7$) на вертикальные и горизонтальные отклоняющие пластины электронно-лучевых трубок.

С помощью описанной схемы осуществляется развертка на 32 канала с 16 элементами памяти в каждом.

Переключение системы записи с двоичной на двоично-десятичную осуществляется с помощью триггера реверса (L_{17}, L_{18}) и клапанов (L_{16}, L_{19}), включаемых в работу при размыкании контактов реле P_5 . Двоично-десятичная декада осуществляется на 4-х элементах памяти, и, следовательно, емкость канала при 16 элементах памяти будет составлять 4 декады. Числа с "1" до "7" записываются так же, как и в двоичной системе. При записи числа "8" сначала, как и обычно, происходит стирание "единиц" и запись на их месте "нулей". На четвертом элементе памяти прочитывается "0", и на его

месте записывается "1". В этот момент вырабатывается сигнал совпадений потенциалов от первого и второго триггеров (L_{22} , L_{23}), который открывает клапан десятичной системы (L_{18}), и импульс перехода с двоичной системы в двоично-десятичную от блока управления проходит через этот клапан и опрокидывает триггер реверса (L_{17} , L_{18}). В результате опрокидывания произойдет следующее: второй триггер вертикальной развертки (L_{23}) переключится на запуск с левой лампы первого триггера, благодаря чему двоичный счетчик начнет работать в режиме вычитания; третий триггер (L_{24}) отключится от предыдущего; на триггер режима схемы управления поступит импульс напряжения "П", удерживающий его в режиме "работа". Таким образом, при записи числа "8" луч перейдет с четвертого элемента памяти на третий, а с третьего на второй, и на всех трех элементах будут записаны единицы (1110). При переходе на второй элемент срабатывает схема совпадений "2-я точка", открывается клапан (L_{18}), и импульсом подсвета триггер реверса возвращается в нормальное состояние; схема снова будет работать в двоичной системе записи. Число "9" запишется в виде 1111, а десятый импульс переведет все четыре элемента памяти в состояние "0" и добавит "единицу" в следующей декаде. На рис. 20 приведены диаграммы напряжений, поясняющие работу схемы.

Одновибратор (L_{20}) и катодные повторители (L_{21a} , L_{21b}) формируют импульсы конца канала для подачи их в качестве сдвигающих на входной блок, импульсов тире (пробела) - на блок вывода и импульсов проверки записи "единиц" - на блок управления. Аналогично лампами L_{14} , L_{15} формируется импульс конца последнего канала для подачи его на входной блок и блок вывода. Импульсы конца 5, 10, 15, 20, 25, 30, 31, 32 каналов формируются с помощью диодного дешифратора, подключенного к триггерам горизонтальной развертки и фазоинвертора (L_{8a}). Эти импульсы подаются на блок вывода и предназначены для создания между каналами двойных пробелов, во время печати которых проводится один цикл регенерации данных на потенциалоскопе.

д) Блок электронно-лучевых трубок

Схема блока электронно-лучевых трубок приведена на рис. 21. Схема обеспечивает все электроды потенциалоскопа ЛН-4 и контрольной осциллографической трубки 18ЛО47А напряжениями, необходимыми для нормальной работы. Это достигается с помощью делителей на сопротивлениях. Для создания положительного запирающего напряжения (~ 120 в) на катоде ЛН-4 относительно управляющего электрода на участке делителя между этими электродами включена цепочка из девяти последовательно соединенных стабилитронов ДВ13. Применение в делителе стабилитронов обеспечивает стабильность режима трубки при значительных изменениях частоты следования импульсов подсвета, что очень важно при съеме данных с потенциалоскопа на цифropечать, когда частота импульсов подсвета понижается в ~ 2000 раз. Питание блока осуществляется

стабилизированным напряжением - 1700 вольт.

6. Блок вывода

Блок вывода данных предназначен для передачи информации с запоминающего устройства на цифropечатающий телеграфный аппарат СТА-35.

Телеграфный аппарат управляется включением и выключением тока в цепи электромагнита. Каждому знаку соответствует определенная комбинация из 5 "токовых" и "бестоковых" импульсных посылок. Для нормальной работы аппарата в цепи электромагнита необходимо поддерживать ток 50-60 ма и обеспечивать длительность импульсов 23 мсек (+ 7%). Скорость печати - 8 знаков в секунду.

Из 32-х различных кодовых комбинаций телеграфного аппарата были отобраны 11, совпадающих с двоично-десятичным кодом, примененным в системе регистрации. На печатающих рычагах были произведены в соответствии с выбранными кодами перепайки цифровых знаков, а также выполнены переделки, позволяющие использовать комбинации, ранее предназначенные для включения звонка и латинского регистра, для печати нуля и пробела.

При подготовке аппарата к автоматической цифropечати необходимо включить цифровой регистр. Возможна также и ручная работа на телеграфном аппарате с использованием русского и цифрового регистров.

Функциональная и принципиальная схемы блока вывода приведены на рис. 22, 23.

Для включения цифropечати в работу нужно нажать и отпустить кнопку "пуск". При этом импульсом конца последнего канала триггер печати перебрасывается в состояние "печать", в результате чего открываются клапаны "конца канала", "нуля", "запр. опроса в", а схема "или" включает в работу генератор тактовых импульсов (ГТИ). ГТИ выдает импульсы длительностью ~ 5 мксек с периодом 23 мсек, которые с помощью пересчета ПС-8 и дешифратора делятся на циклы по 8 импульсов в каждом. За один цикл опрашиваются 4 ячейки памяти и печатается один знак. Управление телеграфным аппаратом осуществляется триггером кода, который синхронно с импульсами цикла переводит электромагнит аппарата в "токовое" или "бестоковое" состояние. Второй импульс цикла является стартовым и всегда переводит триггер кода в "бестоковое" состояние. Импульсы с третьего по шестой используются для опроса ячеек памяти. Если в ячейке памяти записана "единица", то триггер кода остается в "токовом" состоянии, перевод в которое осуществляется каждым импульсом от ГТИ. Если же в ячейке записан "0", то со схемы управления поступит "импульс нуля", который опрокинет триггер кода в "бестоковое" состояние. Интервал времени между импульсом от ГТИ и "импульсом нуля", поступающими на триггер кода, весьма мал, и поэтому электромагнит на эти изменения не реагирует.

При приходе импульса конца канала триггер тире переходит в состояние, при котором закрывается клапан "запр. опроса а", открывается клапан "тире 3,4,5,6" и закрывается клапан "тире 7", в результате чего за следующий цикл ГТИ на ленте будет получаться пробел. Шестым импульсом триггер тире возвращается в исходное состояние.

Периодически с блока отклонения приходят импульсы конца групп ("импульсы пробела"). Они переключают триггер печати на "регенерацию", при этом одновременно переключается триггер пробела, и через задерживающую РС петь открывается клапан пробела. Импульсы пробела, поступающие во время регенерации, пересчитываются пересчетом ПС-8; восьмым импульсом, т.е. в тот момент, когда луч потенциалоскопа будет находиться в точке, с которой началась регенерация, триггер печати вернется в положение "печатать".

На ленте импульсу конца группы будет соответствовать печать двойного пробела, что при чтении помогает отсчитывать номер канала.

Для упрощения ввода информации с перфоленты в ЭВМ двойной пробел следует печатать после каждого канала. Это достигается подключением дополнительной цепочки запуска триггера пробела от триггера тире, благодаря чему триггер пробела срабатывает после печати информации из каждого канала.

Прекращается печать при нажатии на кнопку "стоп" или автоматически по окончании вывода информации из всех каналов. При замыкании контактов кнопки восьмой импульс цикла переводит триггер печати в положение "регенерация". Автоматическая остановка производится импульсом конца последнего канала, который, пройдя через открытый клапан конца печати, удерживает триггер пробела в состоянии "цифры", при одновременном переключении импульсом пробела триггера печати на "регенерацию".

7. Источники питания

Питание анодных цепей всех электронных схем годоскопической установки, а также потенциалоскопа ЛН-4 и электронно-лучевой трубки 18Л047А производится от стабилизированных выпрямителей.

Питание фотоэлектронных умножителей осуществляется от двух соединенных последовательно стабилизированных высоковольтных выпрямителей типа ВВС-1, обеспечивающих ток до 100 ма при напряжении от 1000 до 2000 вольт. Напряжение от выпрямителей подается на группы фотоумножителей через панель распределения высокого напряжения. Схема панели позволяет подключать до 12 групп фотоумножителей и производить независимую регулировку и измерение напряжения в каждой группе.

Для дистанционного управления дискриминаторами схем антисовпадений, а также для изменения в необходимых случаях кратности схем совпадений годоскопических элементов служит панель управления и контроля. На эту же панель выведена сигнализация о наличии питающих напряжений на схемах годоскопических элементов.

Подбор длины отрезков кабелей, соединяющих фотоумножители со схемами совпадений, при наладке аппаратуры на пучке протонов от ускорителя производится с помощью блока сменных задержек с дистанционным управлением.

Для проверки и наладки схем годоскопических элементов предусмотрен генератор, вырабатывающий импульсы шириной 50 нсек с частотой 1-200 кГц, имеющий 10 параллельных выходов.

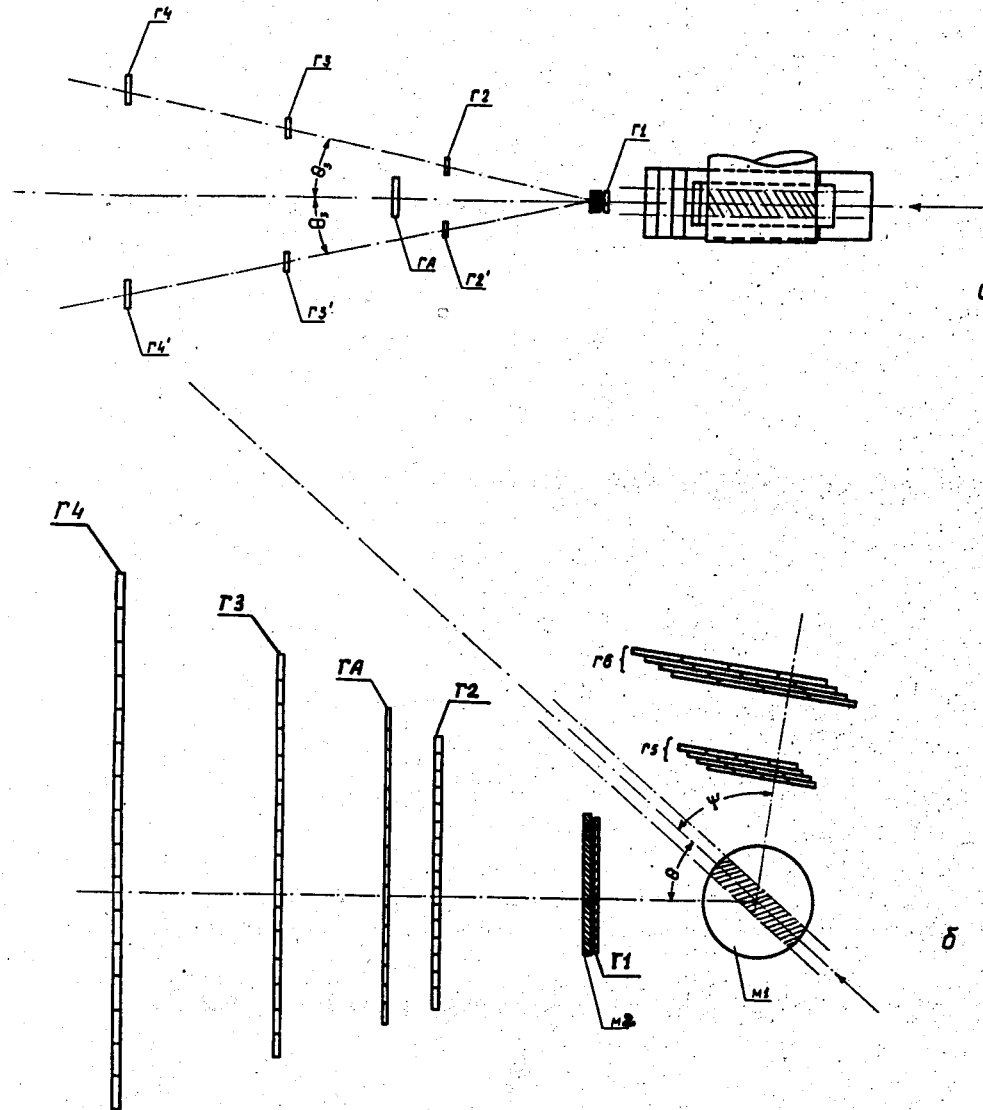
В заключение авторы благодарят за содействие в создании аппаратуры и полезные обсуждения А.Н. Синаева, М.Г. Мешерякова; за участие в монтаже и наладке аппаратуры Л.В. Будкина; за радиотехнический монтаж В.И. Никиткина и Г.В. Рыкова; за разработку механических конструкций годоскопа Н.Н. Белокрылину и В.И. Сидорову; за помощь при проведении измерений характеристик аппаратуры и участие в запуске ее на пучке частиц А.А. Борисова, В.Е. Лукашова и В.Л. Соловьянова; за оформление чертежей радиосхем Т.Ф. Жмырову и В.И. Прокофьеву. Авторы признательны также А.Г. Грачеву за обсуждение отдельных вопросов, связанных с разработкой входного устройства.

Л и т е р а т у р а

1. K.F.Folley, S.J.Lindenbaum, W.A.Love, S.Ozaki, J.J.Russel and L.C.L.Yuan. Phys. Rev. Lett., **11**, 503 (1963).
2. K.J.Folley, W.A.Higinbotham, S.J.Lindenbaum, W.A.Love, S.Ozaki, D.Potter and L.C.L.Yuan. Proc. CERN Conf. on Film-less Spark Chamber Technique and Associated Computer Use, March, 1964, CERN, Report 64-30, p.21, 1964.
3. А.С. Кузнецов, С.Б. Нурушев, Хань Вэ-дуньш. Препринт ОИЯИ, 1315, Дубна, 1963.
4. А.А. Руденко. ПТЭ, № 2, 59 (1962).
5. А.Н. Синаев. Электронные системы многоканальных спектрометров ядерных частиц. Госатомиздат, 1962.
6. А.Н. Синаев. Препринт ОИЯИ, 867, Дубна, 1961.
7. В.А. Казаков, В.В. Моисеева, А.Н. Синаев, Цао Го-чжэн. Препринт ОИЯИ, 1943, Дубна, 1965.
8. О.Ф. Афонин, Л.Н. Гальперин. ПТЭ № 2, 89 (1962).
9. Ю.А. Глухов, А.А. Курашев, Г.П. Мельников, В.А. Сидоров. ПТЭ, № 2, 70 (1962).

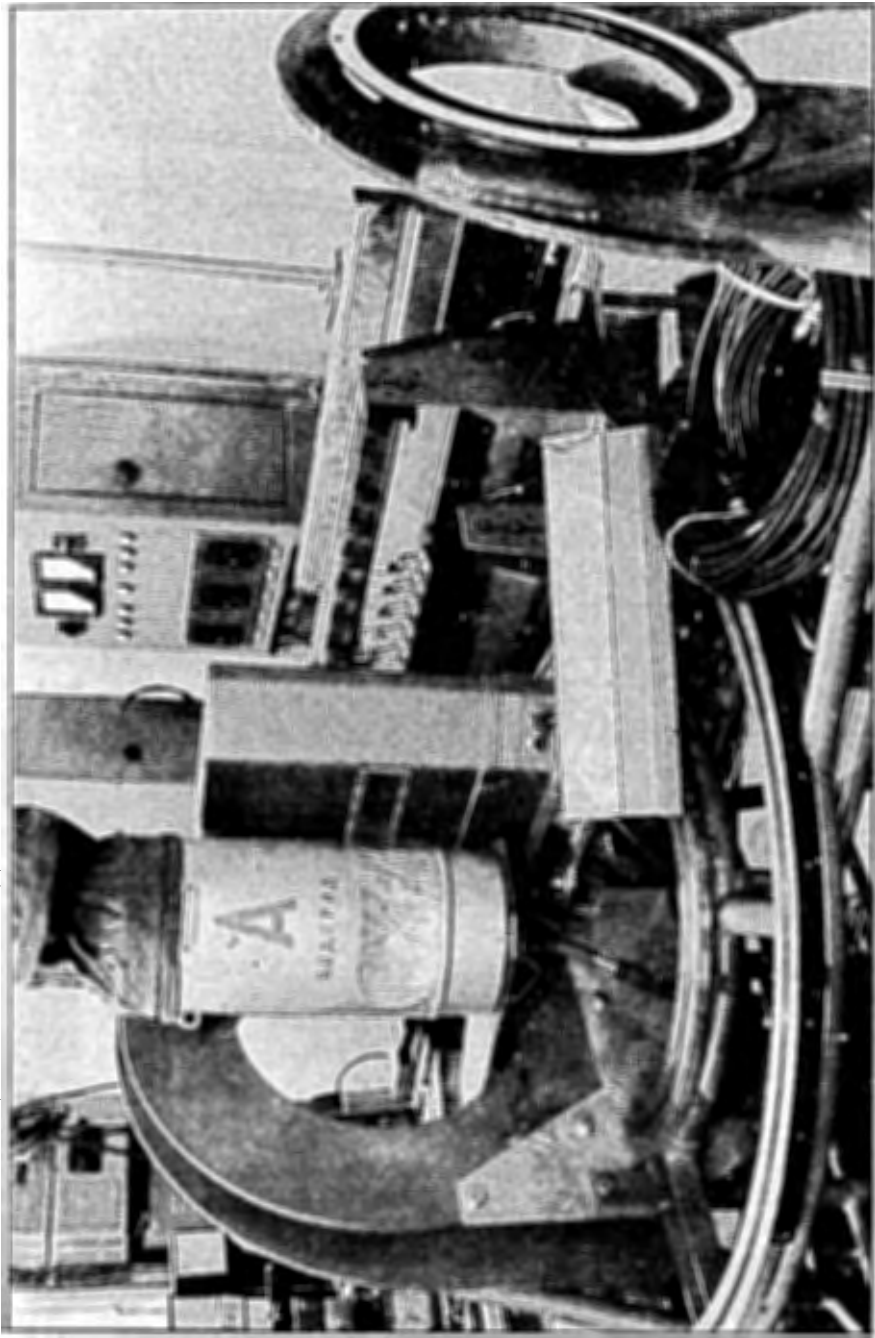
10. Т.Н. Томилина, А.В. Шестов. Препринт ОИЯИ, 1837, Дубна, 1964.
 11. В.Ф. Вольнец. Радиотехника, № 11, 87 (1961).
 12. В.Н. Лаут, Л.А. Любович. Запоминающее устройство на электронно-лучевых трубках счетной машины БЭСМ. Изд. АН СССР, 1957.

Рукопись поступила в издательский отдел
 6 декабря 1965 г.

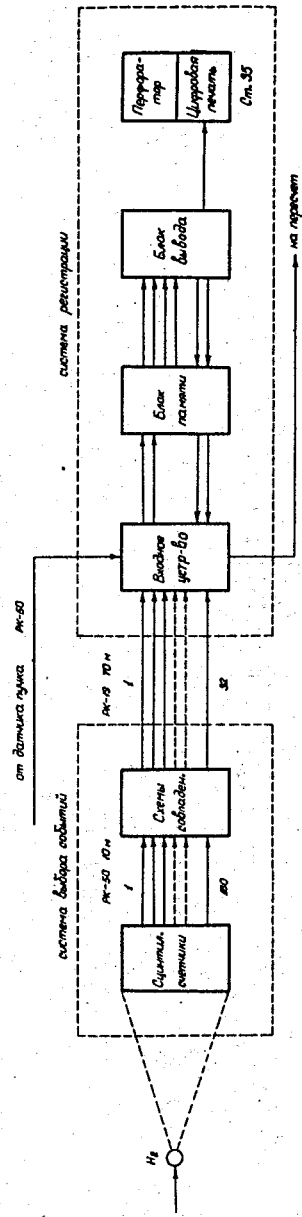


а) вид сбоку б) вид сверху

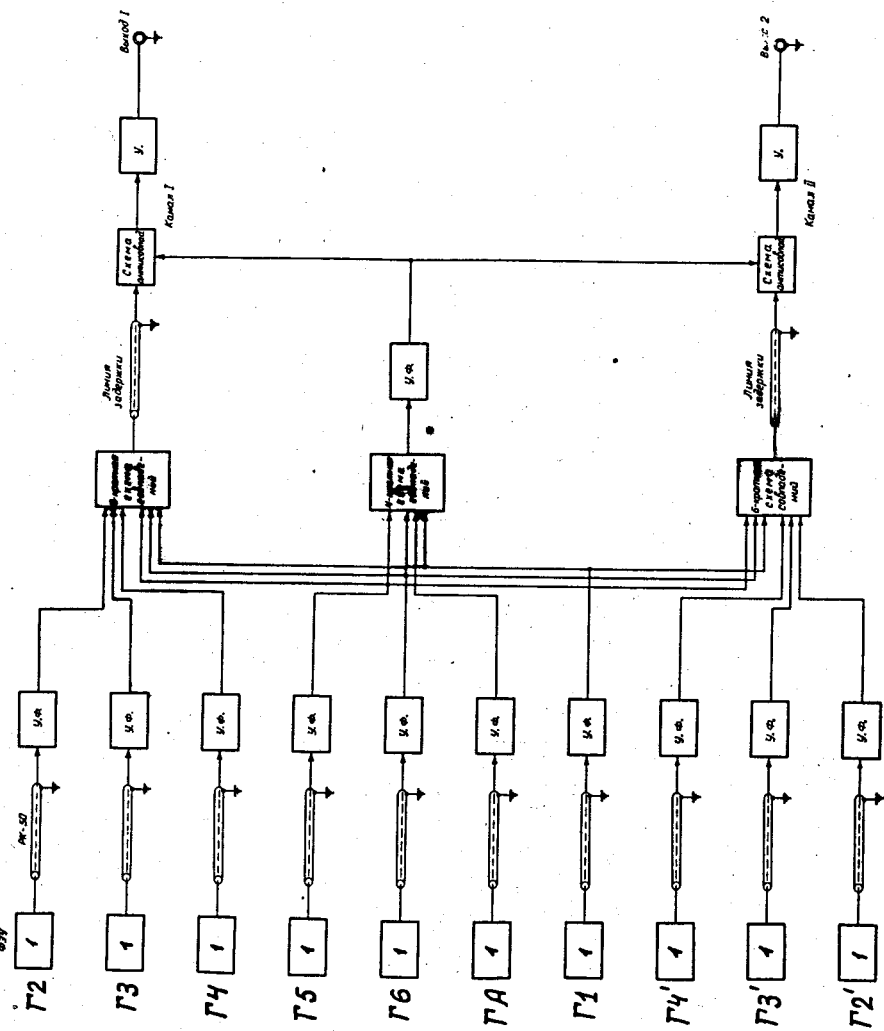
Р и с. 1. Расположение счетчиков годоскопа.



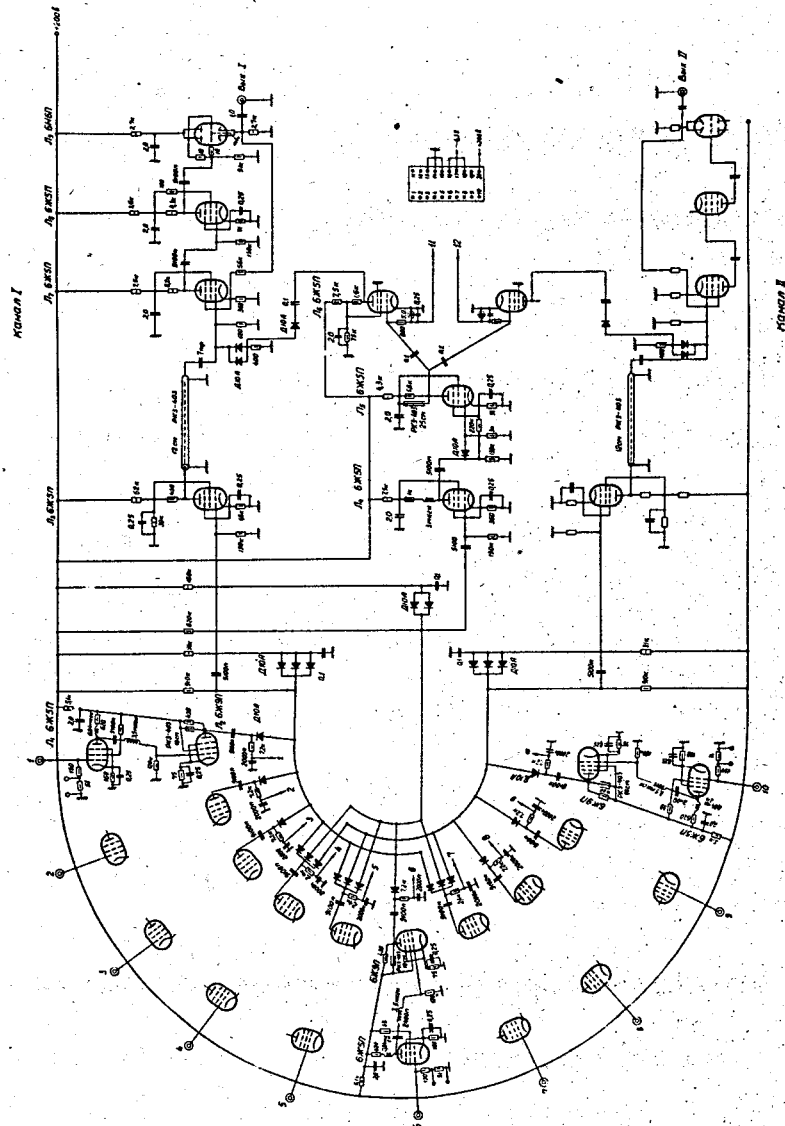
Р и с. 2. Расположение экранов голоскопической установки в эксперименте по измерению асимметрии испускания π^- -мезонов в реакции $pp \rightarrow pp\pi^+$



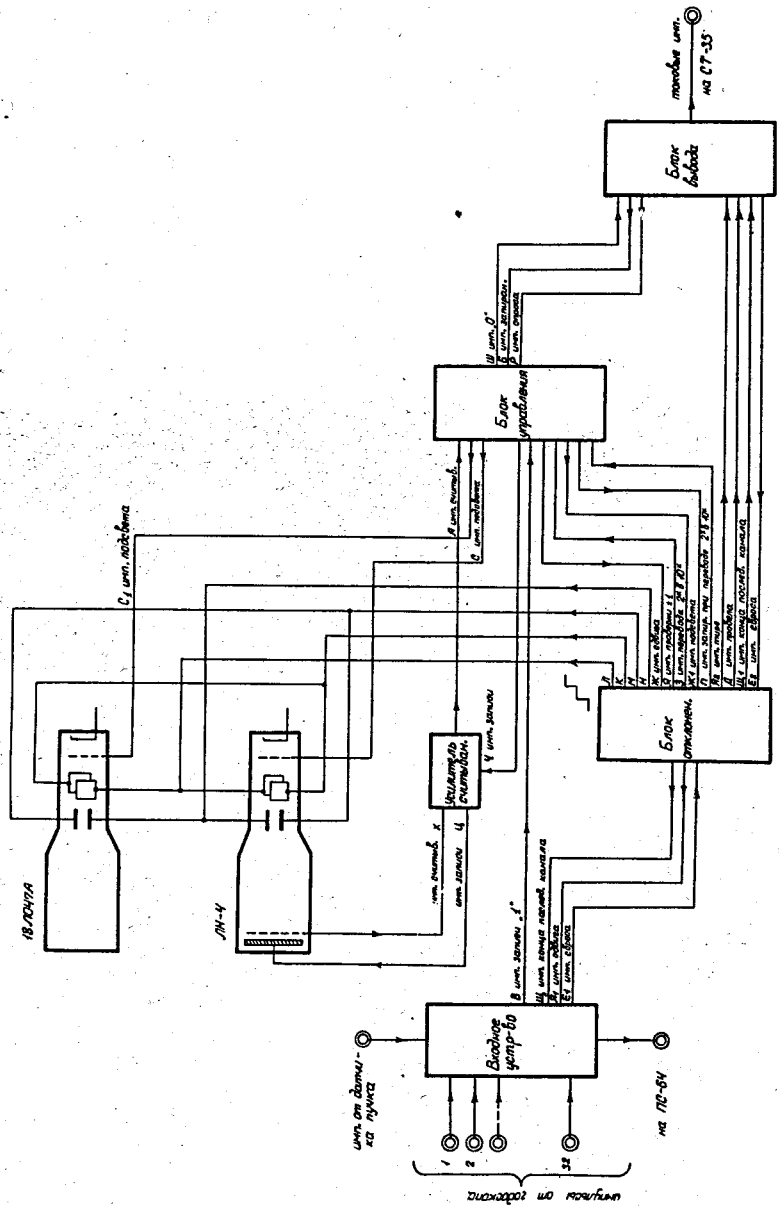
Р и с. 3. Блок-схема голоскопической установки.



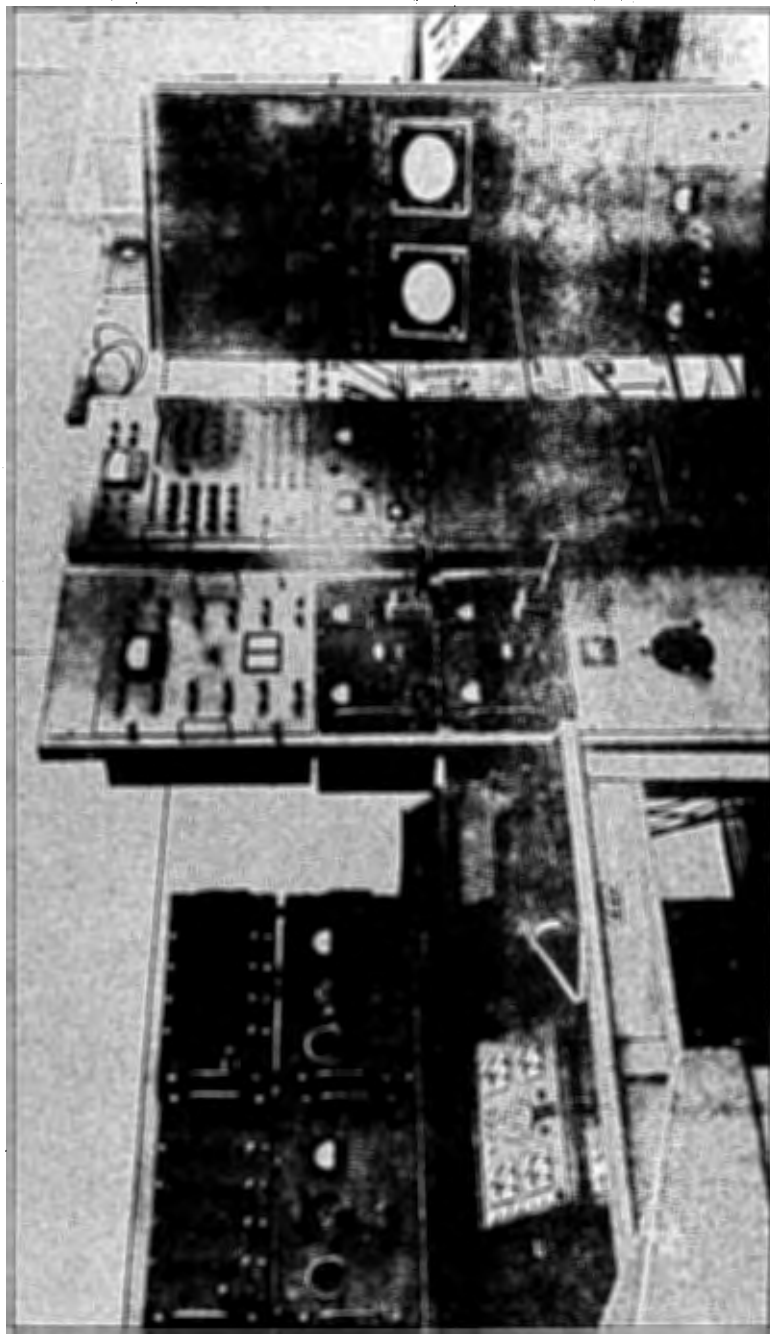
Р и с. 4. Блок-схема элемента голоскопа.



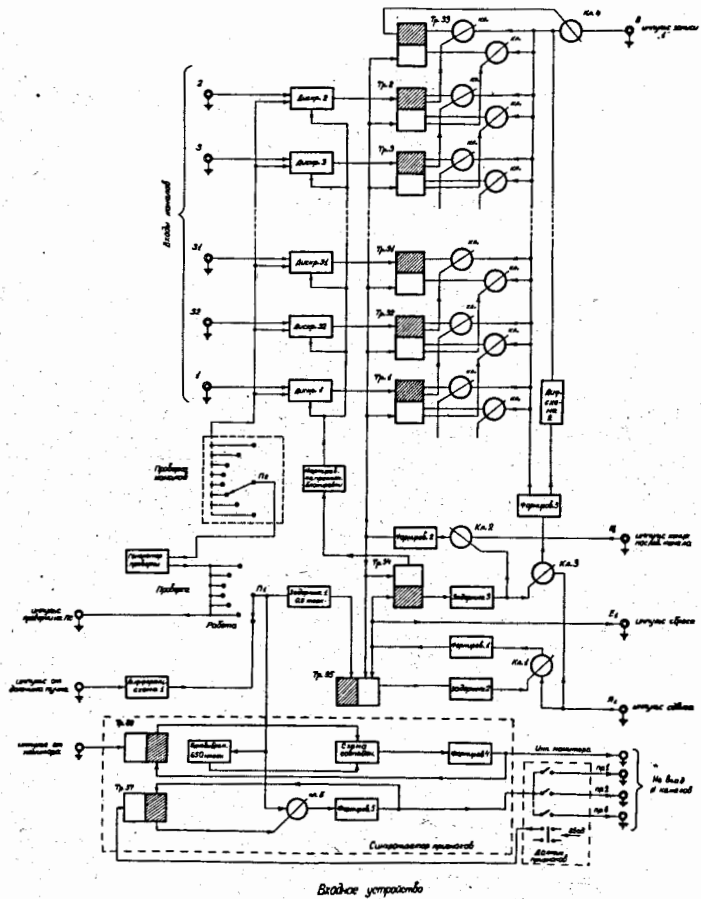
Р и с. 5. Принципиальная схема элемента голоскопа.



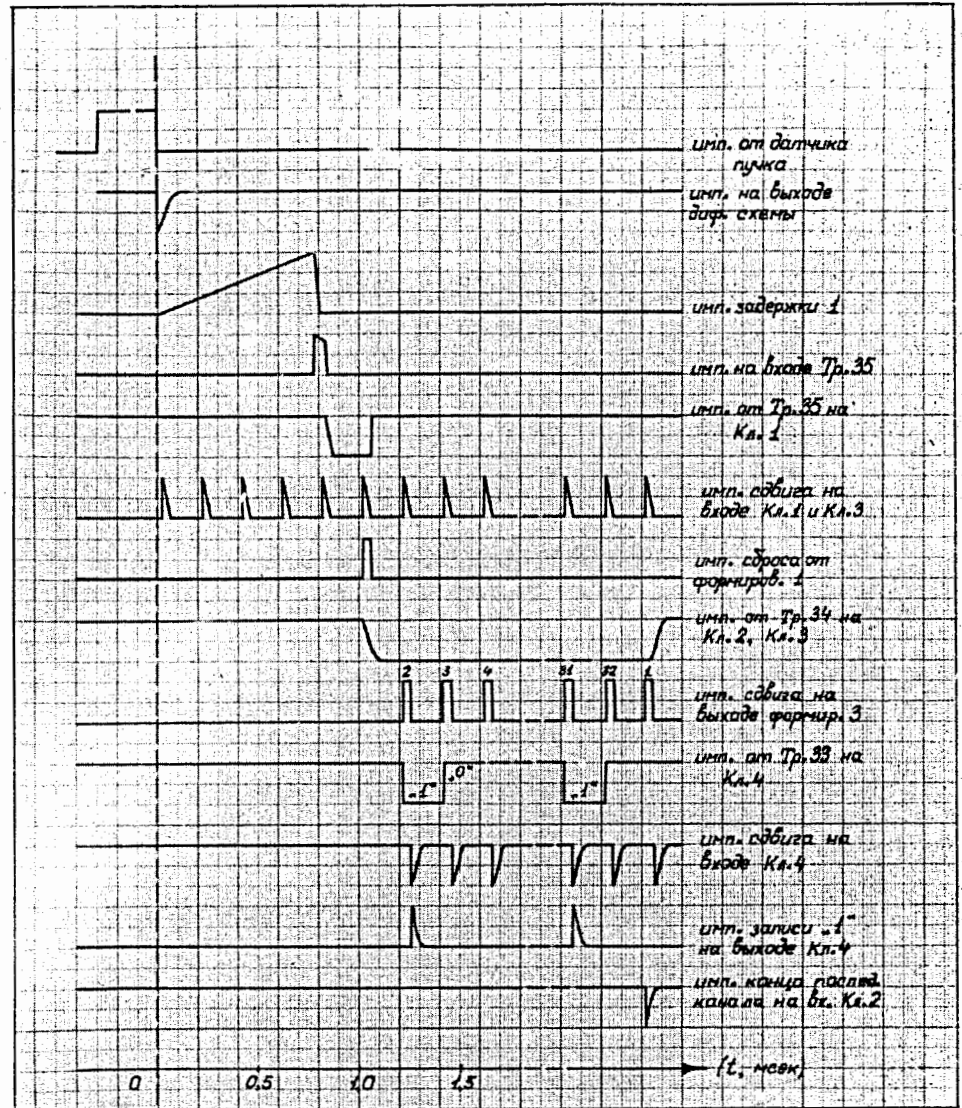
Р и с. 6. Блок-схема системы регистрации.



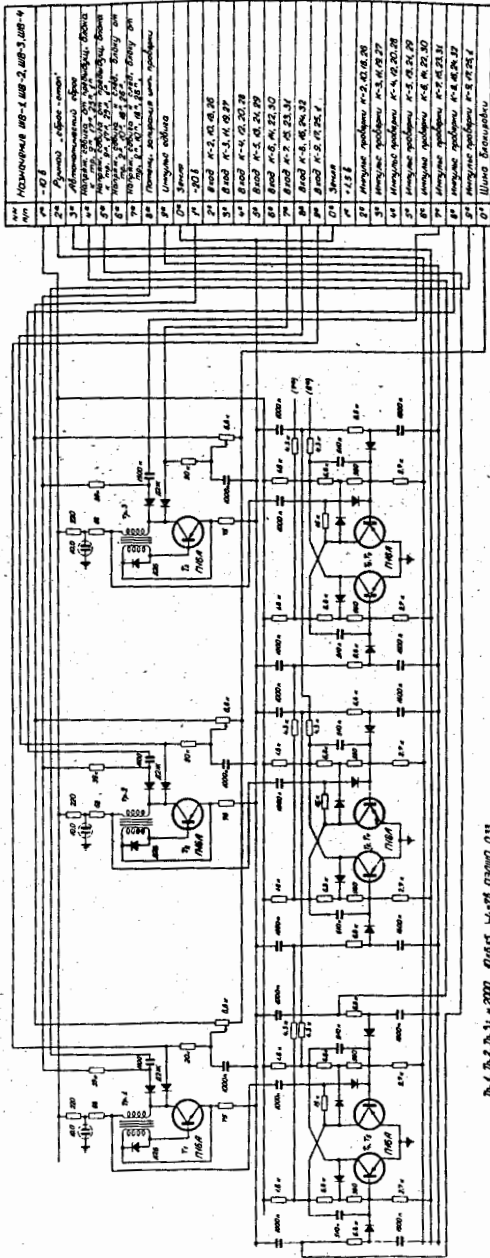
Р и с. 7. Внешний вид аппаратуры, входящей в систему регистрации, а также стойки с высоковольтными выпрямителями.



Р и с. 8. Блок-схема входного устройства.

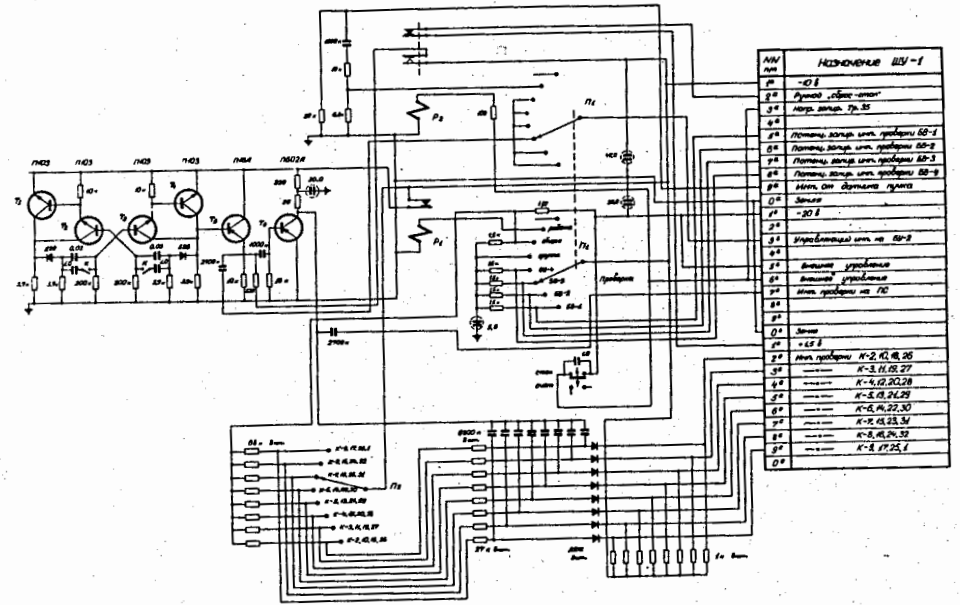


Р и с. 9. Диаграммы работы входного устройства.



Р-1, Б-2, Б-3, Б-4, Б-5, Б-6, Б-7, Б-8, Б-9, Б-10, Б-11, Б-12, Б-13, Б-14, Б-15, Б-16, Б-17, Б-18, Б-19, Б-20, Б-21, Б-22, Б-23, Б-24, Б-25, Б-26, Б-27, Б-28, Б-29, Б-30, Б-31, Б-32, Б-33, Б-34, Б-35, Б-36, Б-37, Б-38, Б-39, Б-40, Б-41, Б-42, Б-43, Б-44, Б-45, Б-46, Б-47, Б-48, Б-49, Б-50, Б-51, Б-52, Б-53, Б-54, Б-55, Б-56, Б-57, Б-58, Б-59, Б-60, Б-61, Б-62, Б-63, Б-64, Б-65, Б-66, Б-67, Б-68, Б-69, Б-70, Б-71, Б-72, Б-73, Б-74, Б-75, Б-76, Б-77, Б-78, Б-79, Б-80, Б-81, Б-82, Б-83, Б-84, Б-85, Б-86, Б-87, Б-88, Б-89, Б-90, Б-91, Б-92, Б-93, Б-94, Б-95, Б-96, Б-97, Б-98, Б-99, Б-100

Р и с. 10. Входное устройство. Принципиальная схема блока БВ-1 ÷ БВ-4.



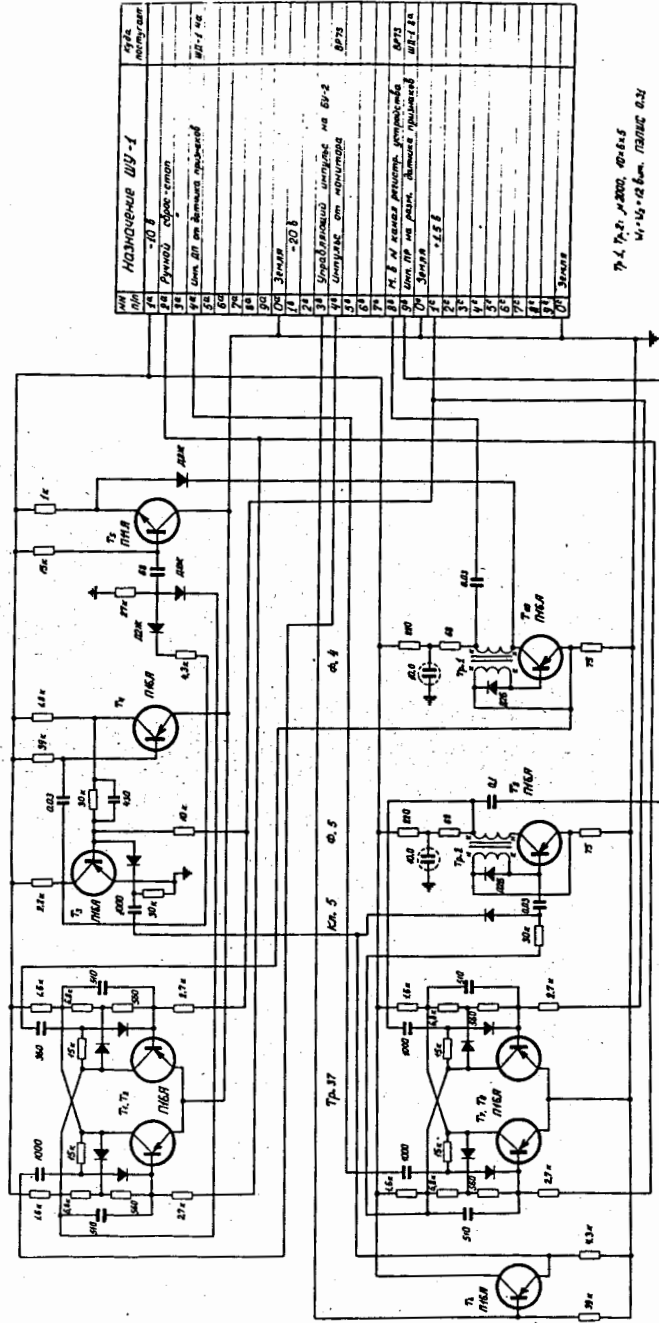
ИЗМЕНЕНИЯ БУ-1	
1	101
2	102
3	103
4	104
5	105
6	106
7	107
8	108
9	109
10	110
11	111
12	112
13	113
14	114
15	115
16	116
17	117
18	118
19	119
20	120
21	121
22	122
23	123
24	124
25	125
26	126
27	127
28	128
29	129
30	130
31	131
32	132
33	133
34	134
35	135
36	136
37	137
38	138
39	139
40	140
41	141
42	142
43	143
44	144
45	145
46	146
47	147
48	148
49	149
50	150
51	151
52	152
53	153
54	154
55	155
56	156
57	157
58	158
59	159
60	160
61	161
62	162
63	163
64	164
65	165
66	166
67	167
68	168
69	169
70	170
71	171
72	172
73	173
74	174
75	175
76	176
77	177
78	178
79	179
80	180
81	181
82	182
83	183
84	184
85	185
86	186
87	187
88	188
89	189
90	190
91	191
92	192
93	193
94	194
95	195
96	196
97	197
98	198
99	199
100	200

Р и с. 11. Входное устройство. Принципиальная схема блока БУ-1.

С.С.1

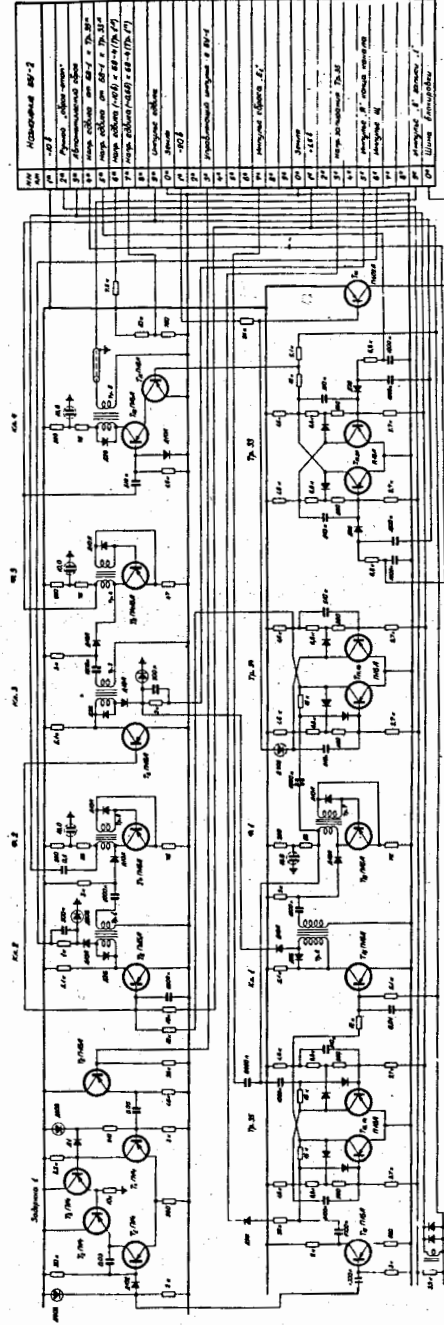
Обработка 1

Тр. 38



Тр. 1, Тр. 2, Тр. 3, Тр. 4, Тр. 5, Тр. 6, Тр. 7, Тр. 8, Тр. 9, Тр. 10, Тр. 11, Тр. 12, Тр. 13, Тр. 14, Тр. 15, Тр. 16, Тр. 17, Тр. 18, Тр. 19, Тр. 20, Тр. 21, Тр. 22, Тр. 23, Тр. 24, Тр. 25, Тр. 26, Тр. 27, Тр. 28, Тр. 29, Тр. 30, Тр. 31, Тр. 32, Тр. 33, Тр. 34, Тр. 35, Тр. 36, Тр. 37, Тр. 38, Тр. 39, Тр. 40, Тр. 41, Тр. 42, Тр. 43, Тр. 44, Тр. 45, Тр. 46, Тр. 47, Тр. 48, Тр. 49, Тр. 50, Тр. 51, Тр. 52, Тр. 53, Тр. 54, Тр. 55, Тр. 56, Тр. 57, Тр. 58, Тр. 59, Тр. 60, Тр. 61, Тр. 62, Тр. 63, Тр. 64, Тр. 65, Тр. 66, Тр. 67, Тр. 68, Тр. 69, Тр. 70, Тр. 71, Тр. 72, Тр. 73, Тр. 74, Тр. 75, Тр. 76, Тр. 77, Тр. 78, Тр. 79, Тр. 80, Тр. 81, Тр. 82, Тр. 83, Тр. 84, Тр. 85, Тр. 86, Тр. 87, Тр. 88, Тр. 89, Тр. 90, Тр. 91, Тр. 92, Тр. 93, Тр. 94, Тр. 95, Тр. 96, Тр. 97, Тр. 98, Тр. 99, Тр. 100

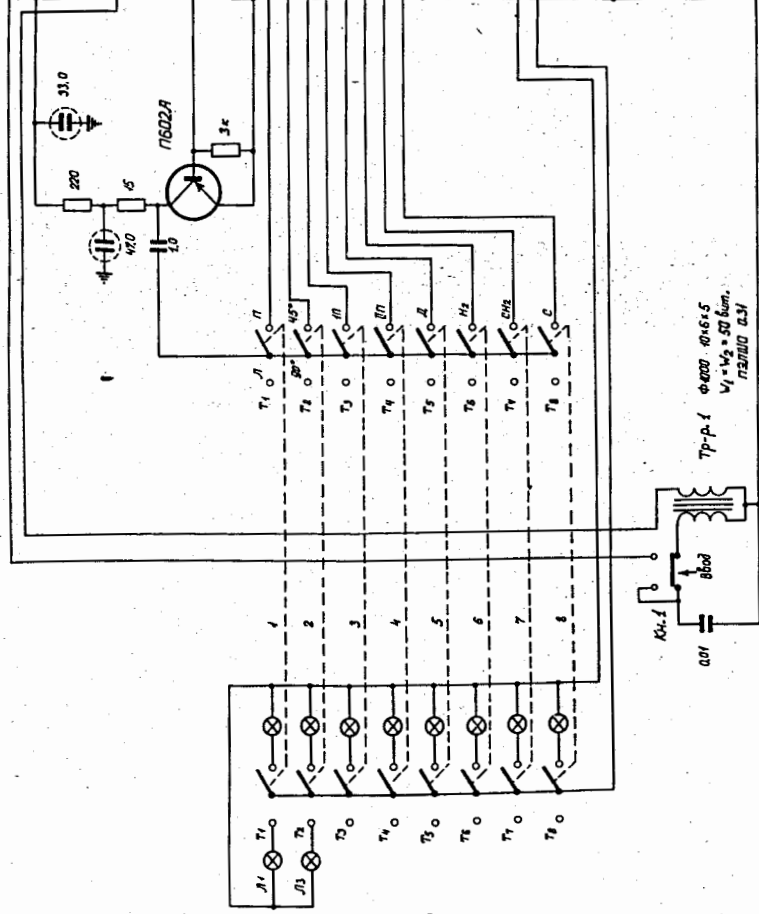
Р и с. 11 - Входное устройство. Принципиальная схема синхронизатора признаков.



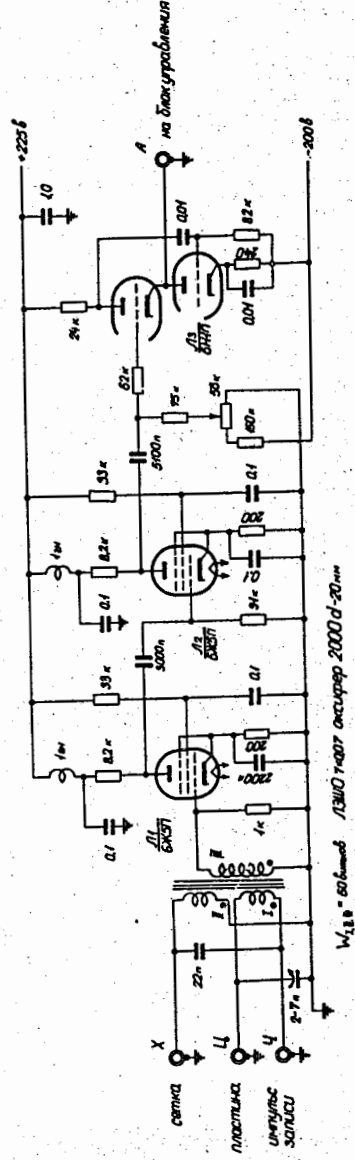
Тр. 1, Тр. 2, Тр. 3, Тр. 4, Тр. 5, Тр. 6, Тр. 7, Тр. 8, Тр. 9, Тр. 10, Тр. 11, Тр. 12, Тр. 13, Тр. 14, Тр. 15, Тр. 16, Тр. 17, Тр. 18, Тр. 19, Тр. 20, Тр. 21, Тр. 22, Тр. 23, Тр. 24, Тр. 25, Тр. 26, Тр. 27, Тр. 28, Тр. 29, Тр. 30, Тр. 31, Тр. 32, Тр. 33, Тр. 34, Тр. 35, Тр. 36, Тр. 37, Тр. 38, Тр. 39, Тр. 40, Тр. 41, Тр. 42, Тр. 43, Тр. 44, Тр. 45, Тр. 46, Тр. 47, Тр. 48, Тр. 49, Тр. 50, Тр. 51, Тр. 52, Тр. 53, Тр. 54, Тр. 55, Тр. 56, Тр. 57, Тр. 58, Тр. 59, Тр. 60, Тр. 61, Тр. 62, Тр. 63, Тр. 64, Тр. 65, Тр. 66, Тр. 67, Тр. 68, Тр. 69, Тр. 70, Тр. 71, Тр. 72, Тр. 73, Тр. 74, Тр. 75, Тр. 76, Тр. 77, Тр. 78, Тр. 79, Тр. 80, Тр. 81, Тр. 82, Тр. 83, Тр. 84, Тр. 85, Тр. 86, Тр. 87, Тр. 88, Тр. 89, Тр. 90, Тр. 91, Тр. 92, Тр. 93, Тр. 94, Тр. 95, Тр. 96, Тр. 97, Тр. 98, Тр. 99, Тр. 100

Р и с. 12. Входное устройство. Принципиальная схема блока БУ-2.

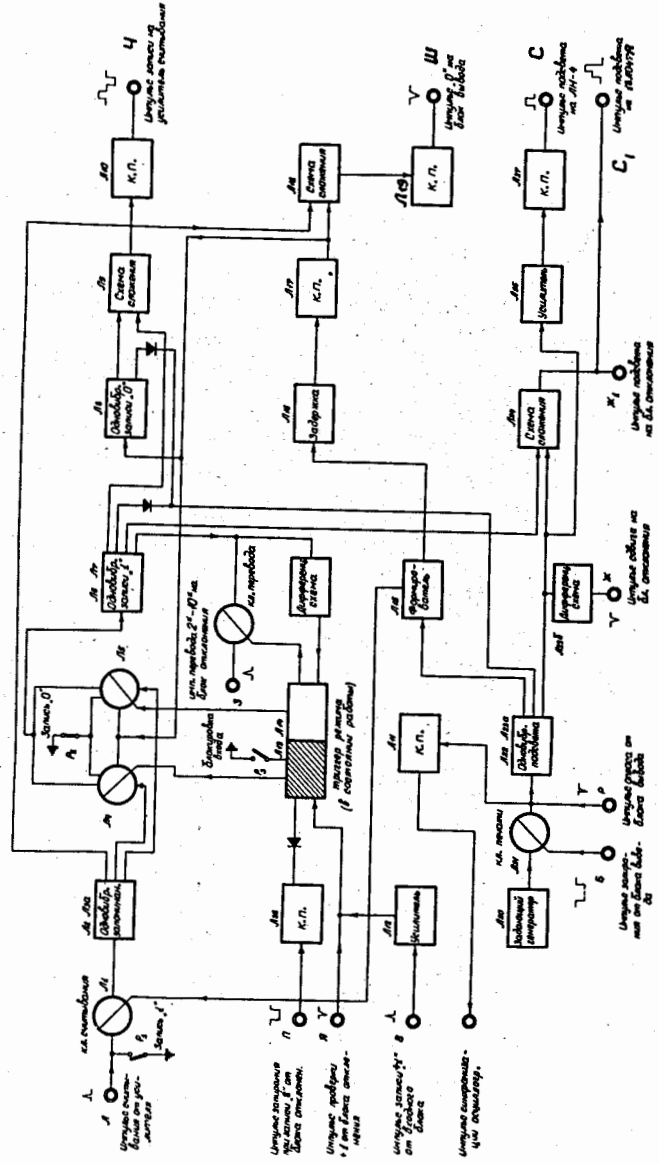
N	Назначение ШД-1	Куда поступ.
1а	-10 В	ШП12
2а		
3а	Лин. ДП на схему признаков	ШУ-1 4а
4а		
5а		
6а		
7а		
8а	Лин. ПР на разнож. от схемы признак. ШУ-1 9а	
9а		
0а	ЗЕМЛЯ	
1б		
2б	Импульс П-Л	АР-73
3б	Импульс (45-50)	
4б		
5б		
6б		
7б		
8б		
9б		
0б	ЗЕМЛЯ	
1с		
2с		
3с		
4с		
5с	~ 5,5 В	ШП11 (1)
6с	~ 5,5 В	ШП11 (4)
7с		
8с		
9с		
0с	ЗЕМЛЯ	ШП11 (3)



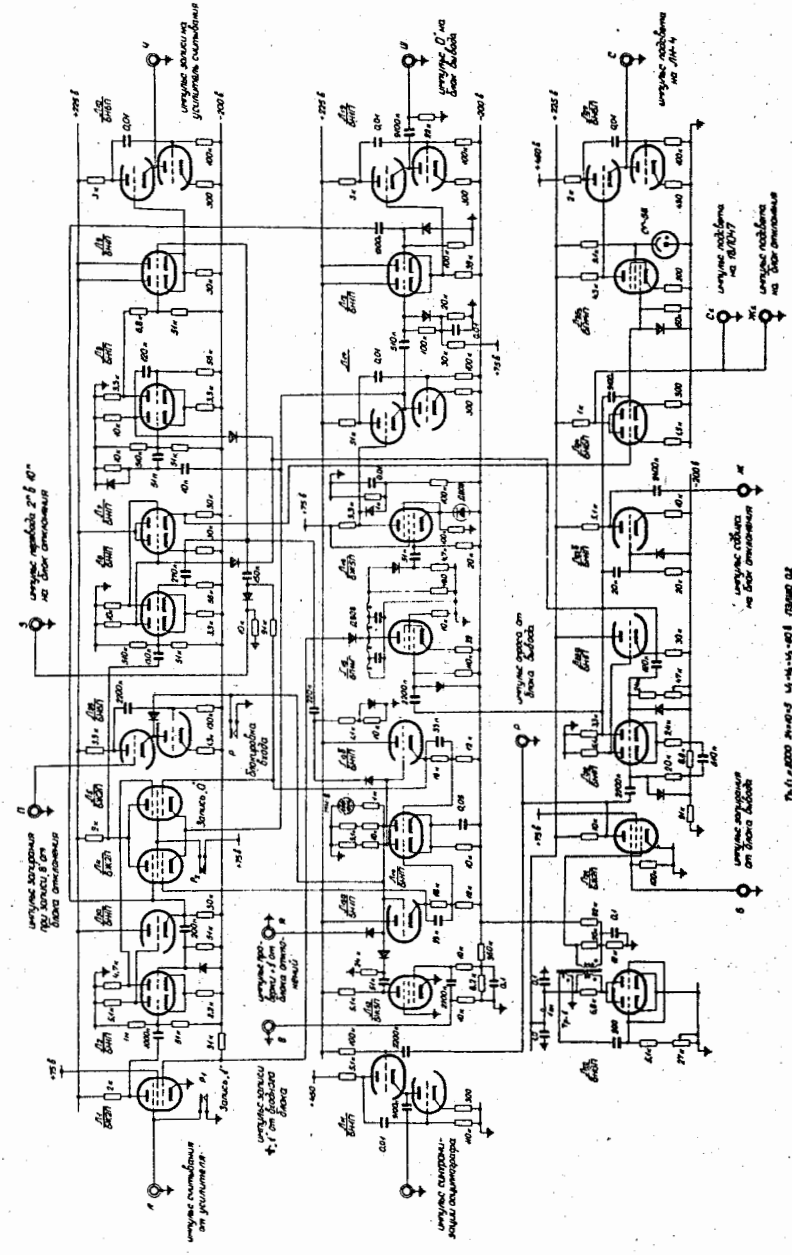
Р и с. 13. Принципиальная схема датчика признаков.



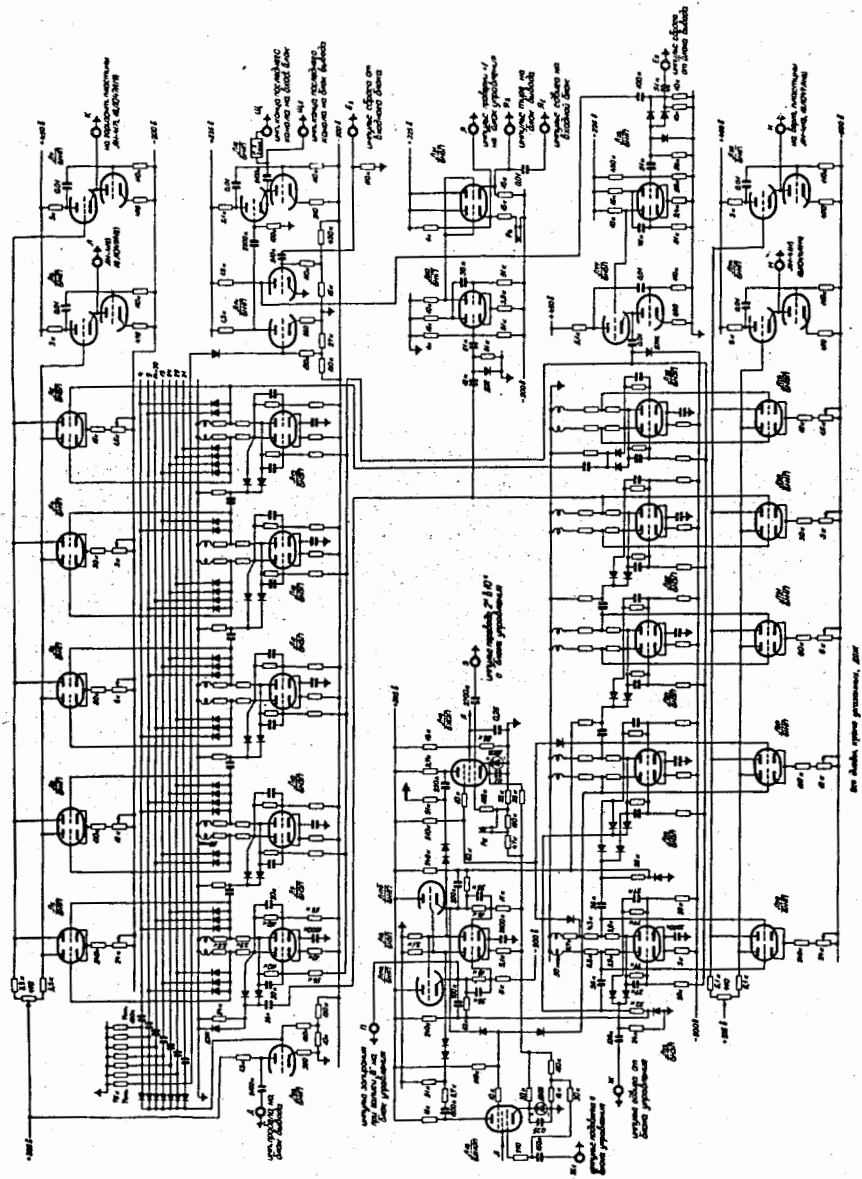
Р и с. 14. Принципиальная схема усилителя импульсов считывания.



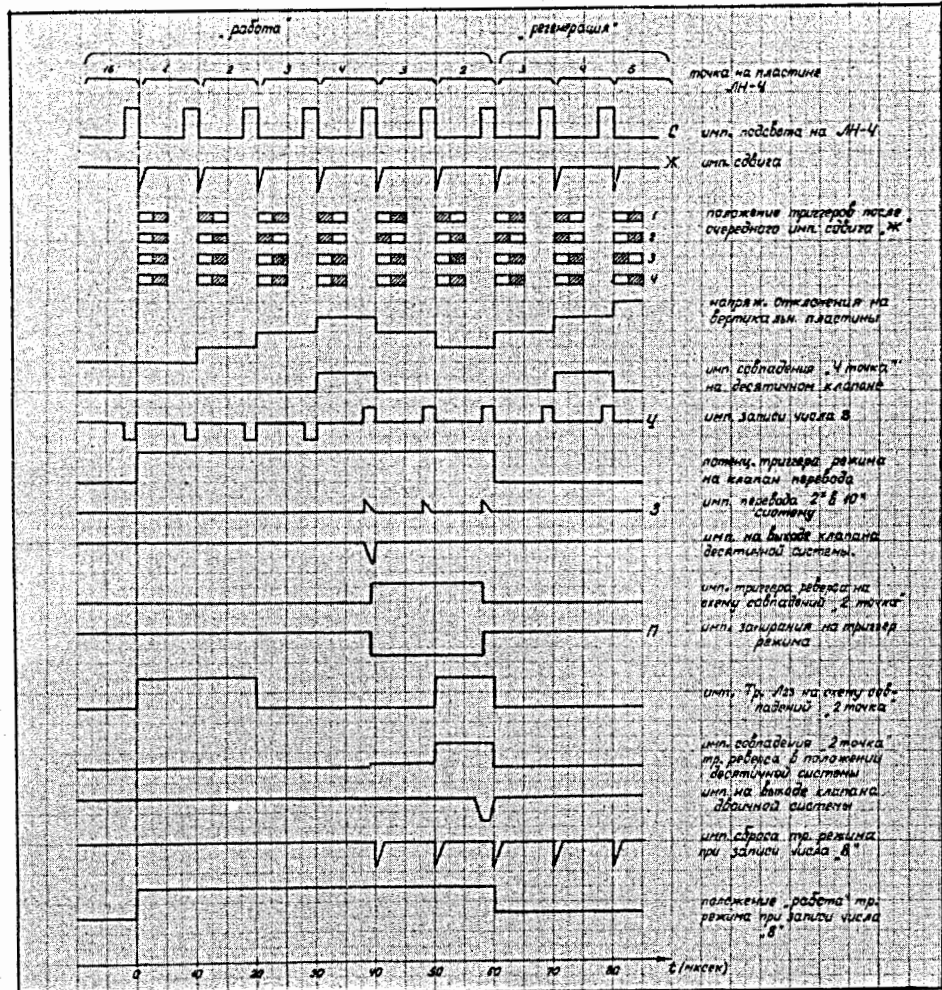
Р и с. 15. Функциональная схема блока управления.



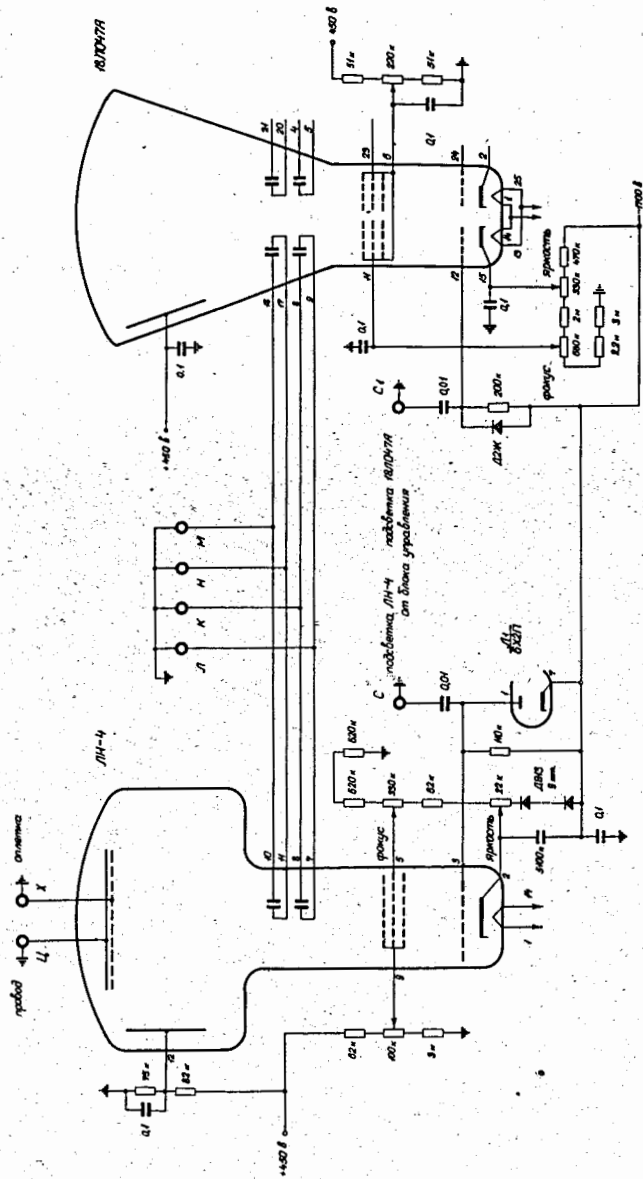
Р и с. 16. Принципиальная схема блока управления.



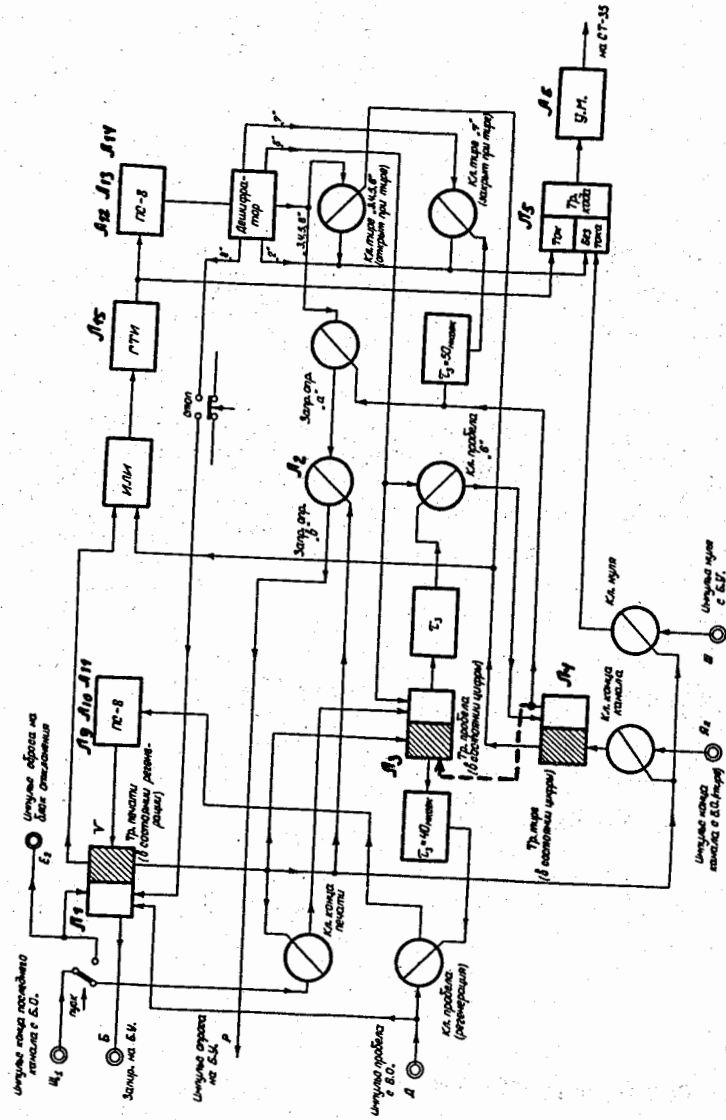
Р и с. 19. Принципиальная схема блока отклонения.



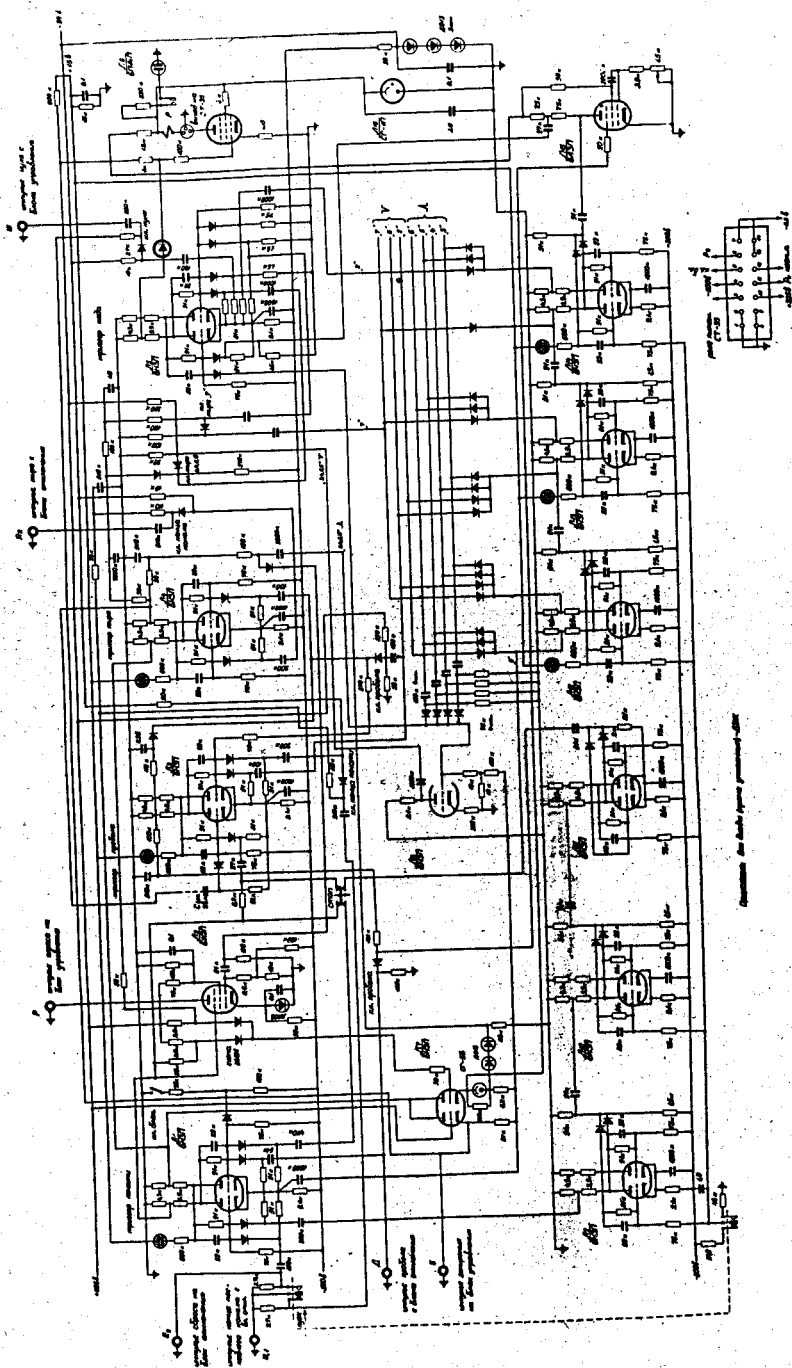
Р и с. 20. Диаграммы работы блока управления и блока отклонения при записи числа "8" в десятичной системе.



Р и с. 21. Принципиальная схема блока электронно-лучевых трубок.



Р и с. 22. Функциональная схема блока вывода.



Р и с. 23. Принципиальная схема блока вывола.