

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P-381

А.Т.Василенко, М.М.Кулюкин, Р.М.Суляев, А.И.Филиппов,
Ю.А.Шербаков

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ КОМПАРАТОР
ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТЕРЕОФОТОГРАФИЙ

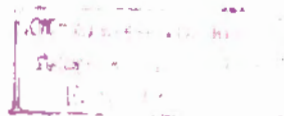
ЖТЭ, 1960, №4, с. 56-63.

Дубна 1959 год

P-361

А.Т.Васяленко, М.М.Кулюкин, Р.М.Суляев, А.И.Филиппов,
Ю.А.Щербаков

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЙ КОМПАРАТОР
ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТЕРЕОФОТОГРАФИЙ



Описывается прибор для обработки стереофотографий, который позволяет измерять одновременно три пространственные координаты точки следа с автоматической записью их на перфоленту.

В в е д е н и е

В последнее время в области физики частиц высоких энергий наметилась тенденция к резкому возрастанию количества работ, выполняемых на пузырьковых и диффузионных камерах. Поэтому встал вопрос о создании приборов для быстрой и точной обработки большого числа стереофотографий.

Применение различных типов репроекторов позволяет производить быструю и достаточно точную обработку стереофотографий. Однако использование метода репроектирования наталкивается на серьезные трудности при обработке стереофотографий с пузырьковых камер. Эти трудности возникают из-за необходимости учета преломляющего действия рабочей жидкости. Затруднения возникают также при работе камер в магнитном поле, когда необходимо измерять кривизну винтовых линий, произвольно ориентированных в пространстве, и углы между ними.

Использование электронных вычислительных машин позволяет получить большую производительность в проведении расчетов, что, в свою очередь, благоприятствует применению методов обработки, основанных на вычислении кривизн и углов по координатам отдельных точек следов. Естественно, что ускорение аналитических расчетов еще не решает полностью поставленной задачи, так как сам процесс снятия координат следов с помощью обычных микроскопов или стереокомпараторов занимает много времени.

Разработка автоматических приборов ^{1,2/} позволяет резко повысить производительность труда в снятии и записи координат. Однако такие приборы представляют собой довольно сложные и дорогостоящие установки. Одним из их недостатков является то, что реконструкция пространственных координат следа с внесением соответствующих поправок занимает около половины времени, необходимого для расчета случая взаимодействия. С помощью автоматических приборов затруднительна также обработка снимков, полученных в условиях большого

фона или большой плотности частиц.

Ниже дается описание полуавтоматического стереокомпаратора, который позволяет измерять одновременно три координаты X, Y, Z с автоматической записью их на перфоленту и наблюдать в процессе обработки пространственную картину расположения следов.

Конструкция прибора

Принцип действия описываемого компаратора заключается в том, что измерительная марка проектируется через ту же оптическую систему, которая использовалась при фотографировании, на пленку с изображением следов и рассматривается через стереолупу^{3/}. Марка может перемещаться в пространстве вдоль осей X, Y и Z . Координаты какой-нибудь точки следа определяются по положению марки в пространстве объекта после совмещения ее изображения на пленке с точкой следа. Оптическая схема прибора приведена на рис. 1. Применение той же оптической системы, которая использовалась при фотографировании, позволяет автоматически компенсировать оптические искажения и, таким образом, избавляет от необходимости введения соответствующих поправок^{х/}. Достоинством такого метода является также то обстоятельство, что измерения ведутся в пространстве объекта, и требования к точности измерительной системы приблизительно на порядок меньше, чем при измерениях на пленке.

Устройство прибора схематически показано на рис. 2. Основными узлами прибора являются: 1/ экран с механизмами перемещения его вдоль осей координат X, Y, Z и датчиками отсчетных устройств; 2/ передняя панель прибора с размещенными на ней фотоаппаратом, стереолупой и ручкой управления; 3/ электрические и электронные устройства, обеспечивающие отсчет координат и запись их с помощью перфоратора, а также необходимые переключения электрических цепей.

Экран /11/ с нанесенной на нем измерительной маркой крепится на подвижной каретке /16/, которая в пределах ± 180 мм может перемещаться

^{х/} Этот метод может быть использован при обработке стереофотографий, полученных на пузырьковых камерах. Измерительная марка в этом случае должна перемещаться вдоль оси Z в сосуде с жидкостью, имеющей тот же коэффициент преломления что и рабочая жидкость.

вдоль оси X . Направляющие этой каретки в свою очередь закреплены на другой каретке /18/, которая может перемещаться вдоль оси y в таких же пределах. Легкость и плавность хода кареток достигаются применением направляющих с трением качения, а также балансировкой веса экрана и деталей /16/ и /18/, осуществляемой грузом, действующим через трос и блок /1/.

Система перемещения экрана по осям X и Y смонтирована на каретке /13/, движущейся на катках по рельсам станины вдоль оси Z в пределах ± 75 мм.

Перемещение кареток осуществляется с помощью винтов /12/, /15/ и /17/. Винт координаты Z может быть закреплен на любом участке вала /21/, что позволяет обрабатывать фотографии, полученные при съемке с расстояний от 400 до 1000 мм. Винты вращаются электромоторами. Для исключения возможности движения кареток по инерции после выключения моторов автоматически включаются тормозные электромагниты. Управление всеми моторами прибора производится одной ручкой /8/, позволяющей включать моторы в любой комбинации. Изменение скорости вращения моторов производится ножной педалью.

Применение разрезной гайки позволяет использовать винт в качестве отсчетного устройства, так как при этом удается почти полностью устранить люфт в системе винт-гайка. На приводных винтах жестко закреплены диски с прорезями /14/, модулирующие свет, падающий на фотодиод /22/.

Проектирование марки с экрана на пленку производится с помощью фотоаппарата /5/, установленного на вращающемся тубусе /7/. Вращение тубуса с фотоаппаратом предусмотрено с той целью, чтобы в случае необходимости можно было повернуть координатную систему относительно изображения следов, например, направить одну из осей вдоль хорды следа, обеспечив, таким образом, быстрое определение кривизны следа по трем точкам.

Фотография вместе с проекцией марки рассматривается с помощью стереолупы /3/, закрепленной на откидывающемся кронштейне. Пленка /4/ крепится к стеклянной пластине, снабженной пружинными прижимами, которые обеспечивают плотное прилегание пленки к предметному стеклу фотоаппарата. Чтобы быстро производить правильную установку пленки относительно фотоаппарата, стеклянная пластина с закрепленной на ней пленкой может перемещаться винтами /2/. С целью получения равномерного освещения поля кадра предметное стекло фотоаппарата заменялось на идентичное стекло с матированной поверх-

ностью.

Освещение кадра производится 13 люминесцентными лампами с велемитовым покрытием, смонтированными за матовым стеклом экрана /11/. Применение ламп с зеленым свечением позволяет работать в спектральной области наиболее благоприятной для глаз наблюдателя.

Отсчетными устройствами компаратора являются реверсивные электронные счетчики, с помощью которых производится счет числа импульсов от фотодиодов. Блок-схема устройства для отсчета и записи одной координаты изображена на рис. 3.

Счетчик представляет собой четырехразрядную пересчетную схему, собранную на декатронах 10-СГ-1 /ОЕ-1/. Их максимальная устойчивая скорость счета /5-8 тыс.имп/сек/ вполне достаточна для выбранных скоростей перемещения экрана. Каждый декатрон управляется с помощью двух одновибраторов: одного для суммирования и другого для вычитания /рис. 4/. Для определения направления движения каретки используются два фотодиода. Второй диод расположен так, что импульс от него сдвинут по фазе относительно импульса от первого диода приблизительно на половину его длительности. Принципиальная схема этого узла изображена на рис. 5. Счетчик снабжен устройством, определяющим знак числа /рис. 6,7/, что позволяет устанавливать нуль отсчета в любой точке. При установке нуля отсчета в точке взаимодействия несколько упрощается аналитический расчет, так как задача сводится к обсчету винтовых линий, выходящих из начала координат. Кроме того, совмещение марки с точкой взаимодействия послеобмера каждого следа позволяет производить быстрый контроль работы схемы. Декатроны счетчика смонтированы на передней панели прибора /8/, что позволяет оператору, в случае необходимости, легко считывать с них показания.

Для ввода данных в электронную вычислительную машину "Урал" информация, записанная на счетчиках, может быть автоматически переписана на перфоленту в двоично-десятичном коде через блок оперативного запоминающего устройства /рис. 8/, собранного на газоразрядных лампах МТХ-90⁴/. Значения трех координат переписываются в блок запоминающего устройства за время 0,1 сек. Списывание данных со всех декатронов осуществляется одновременно с помощью генератора, дающего 10 импульсов /рис.9/. На время

этой операции движение кареток блокируется. Из блока запоминающего устройства координаты последовательно вводятся в перфоратор через блок регистров перфоратора /рис.10/ и переписываются на перфоленту за 1-1,5 сек. При вводе данных в перфоратор счетчики запоминающего устройства сбрасываются на нуль. Последовательность операций при автоматической записи координат осуществляется релейной схемой.

Электрическая часть прибора и электронные блоки смонтированы в основании прибора.

Общий вид прибора показан на фотографии /рис. 11/.

Основные характеристики прибора

В описанной модели прибора разбежка шага отсчетных винтов на длине 200 мм не превышала 1 мк., а люфт в системе винт-гайка составлял не более 0,01 мм. Эта величина составляет всего 20% цены деления, равной 0,05 мм и практически не оказывает влияния на точность измерения координат. Более существенная погрешность, которая зависит от увеличения стереолупы /в нашем случае 5х/, качества фотографии следа, скорости перемещения марки и т.д., а также от индивидуальных качеств оператора вносится при совмещении марки со следом.

Скорость перемещения экрана по координатам X и Y составляет 10 мм/сек, а по координате Z - 2 мм/сек. Для повышения точности совмещения марки с точкой следа скорости могут быть уменьшены переключением ножной педали соответственно до 1 мм/сек и 0.2 мм/сек.

Проведенные измерения показали, что среднеквадратичная ошибка при снятии координат X и Y составляет $\pm 0,1$ мм, а координаты Z - $\pm 0,3$ мм, по всему полю изображения. Эти результаты относятся к фотографиям тест-объекта, полученным на стереофотокамере с объективами "Юпитер-12", базой 120 мм и параллельными оптическими осями. Фотографирование проводилось с расстояния 450 мм через стеклянную пластину толщиной 25 мм на пленку "Панхром-Х".

Для снятия координат 30 точек на трехлучевой звезде при единичных измерениях затрачивается в среднем около 10 минут, включая время на уста-

новку пленки в фотоаппарате.

Математическая обработка полученных данных на электронной вычислительной машине "Урал", состоящая в определении методом наименьших квадратов кривизны следов и углов между ними, для трехлучевой звезды занимает около 5 минут.

Авторы пользуются случаем вынести благодарность Потехину А.Г., Зорину Г.П., Поенко В.Ф., Токарскому В.П. за помощь в монтаже и наладке прибора, Күлюкиной Л.А. за составление программы обсчета случаев взаимодействия, а также Козодаева М.С. за ряд ценных советов.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 июня 1959 года.

Цитированная литература

1. International meeting on instruments for the evaluation of photographs. CERN, 28-24, 1 okt. 1958.
2. G. von Dardel, V. Goldschmidt-Clermont and F. Iselin Nuclear Instruments, 2, 154-163 (1958).
3. Грошев Л.М., Добротин Н.А., Франк И.М. ДАН СССР, 3, 287 /1936/.
4. Кораблев Л.Н. Новые применения ламп с холодным катодом в импульсной аппаратуре. Москва, Гостехника СССР. 1956.

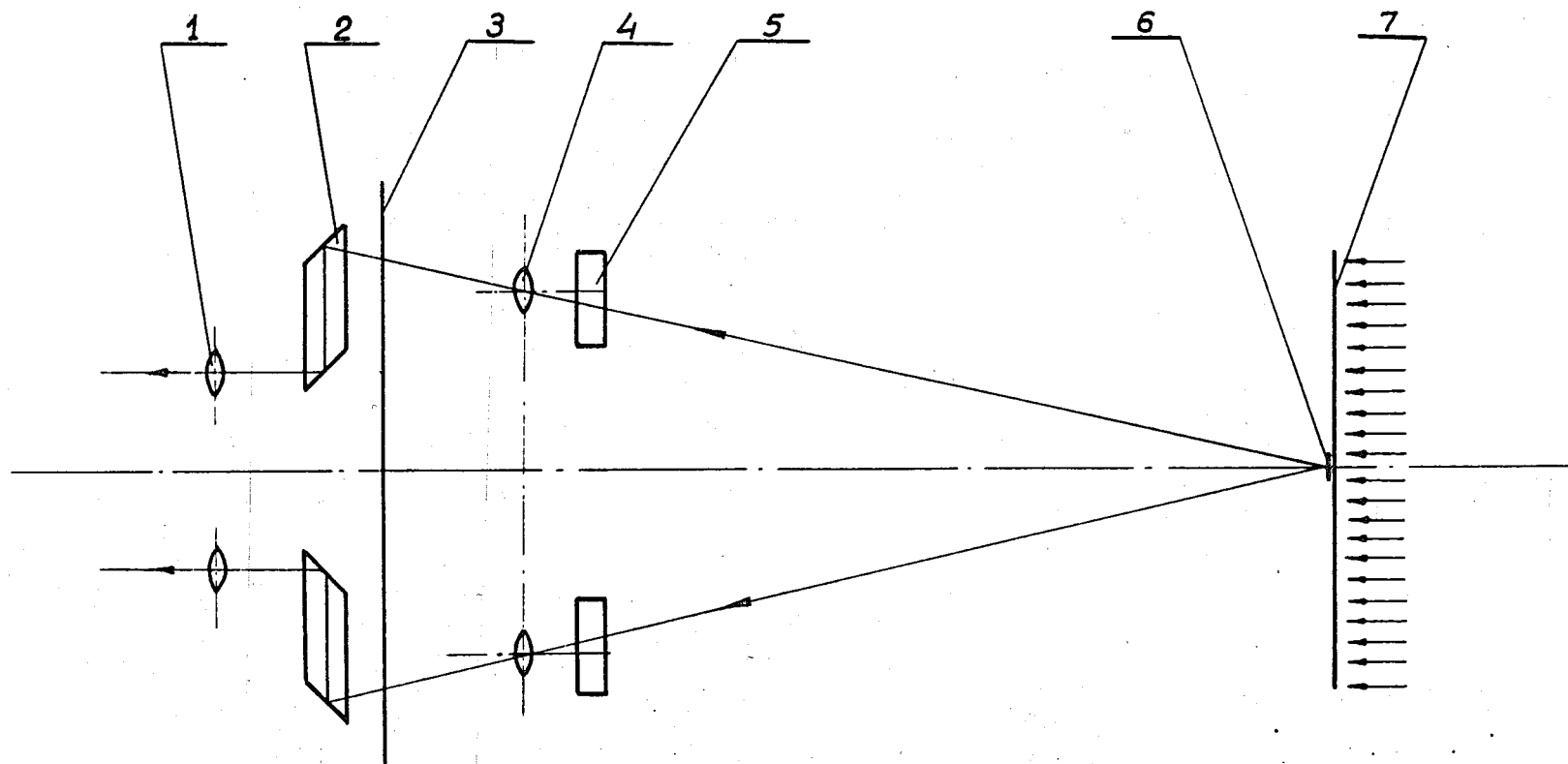


Рис. 1. Оптическая схема прибора. 1-окуляр стереолупы; 2-перископическая призма; 3-пленка; 4-объектив фотоаппарата; 5-компенсационное стекло; 6-измерительная марка; 7-экран.

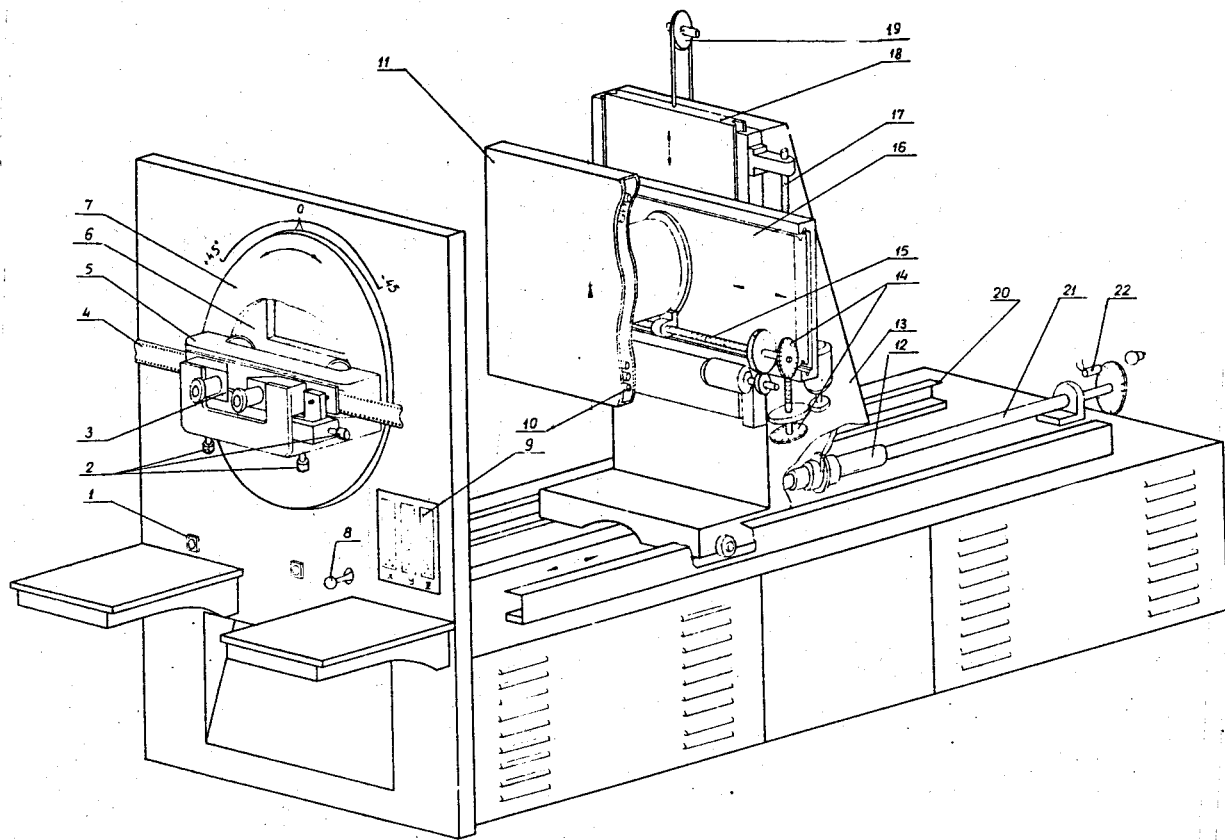


Рис. 2. Кинематическая схема компаратора.
 1 - кнопка записи; 2 - регулировочные винты для установки пленки;
 3 - стереолупа; 4 - пленка; 5 - фотоаппарат; 6 - компенсационное
 стекло; 7 - поворотный тубус; 8 - ручка управления; 9 - панель
 счетчиков координат; 10 - люминесцентные лампы; 11 - экран;
 12, 15, 17 - отсчетные винты; 14 - отсчетные диски со щелями;
 16, 18 - подвижные каретки для перемещения экрана вдоль осей
 X и Y; 22 - фотодиод.

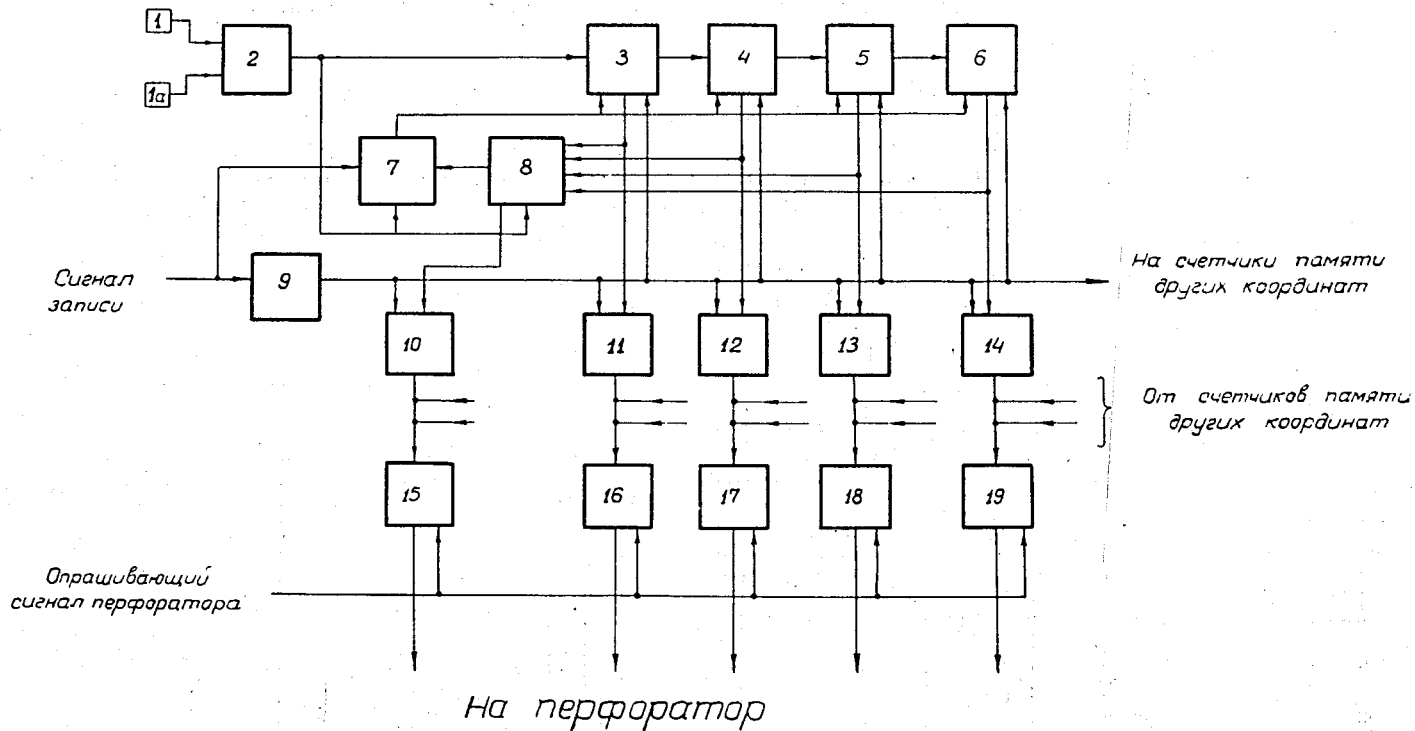


Рис. 3. Блок-схема отсчетного и записывающего устройства стереокомпаратора /для одной координаты/.
 1, 1а - фотодиоды; 2 - схема формирования импульсов и определения направления вращения; 3, 4, 5, 6 - декаэлектронные пересчетные ячейки; 7 - схема определения знака действия /направление счета/; 8 - схема определения знака числа; 9 - записывающий генератор; 10 - схема памяти знака; 11, 12, 13, 14 - разряды счетчиков оперативной памяти; 15, 16, 17, 18, 19 - разряды регистра для ввода данных в перфоратор.

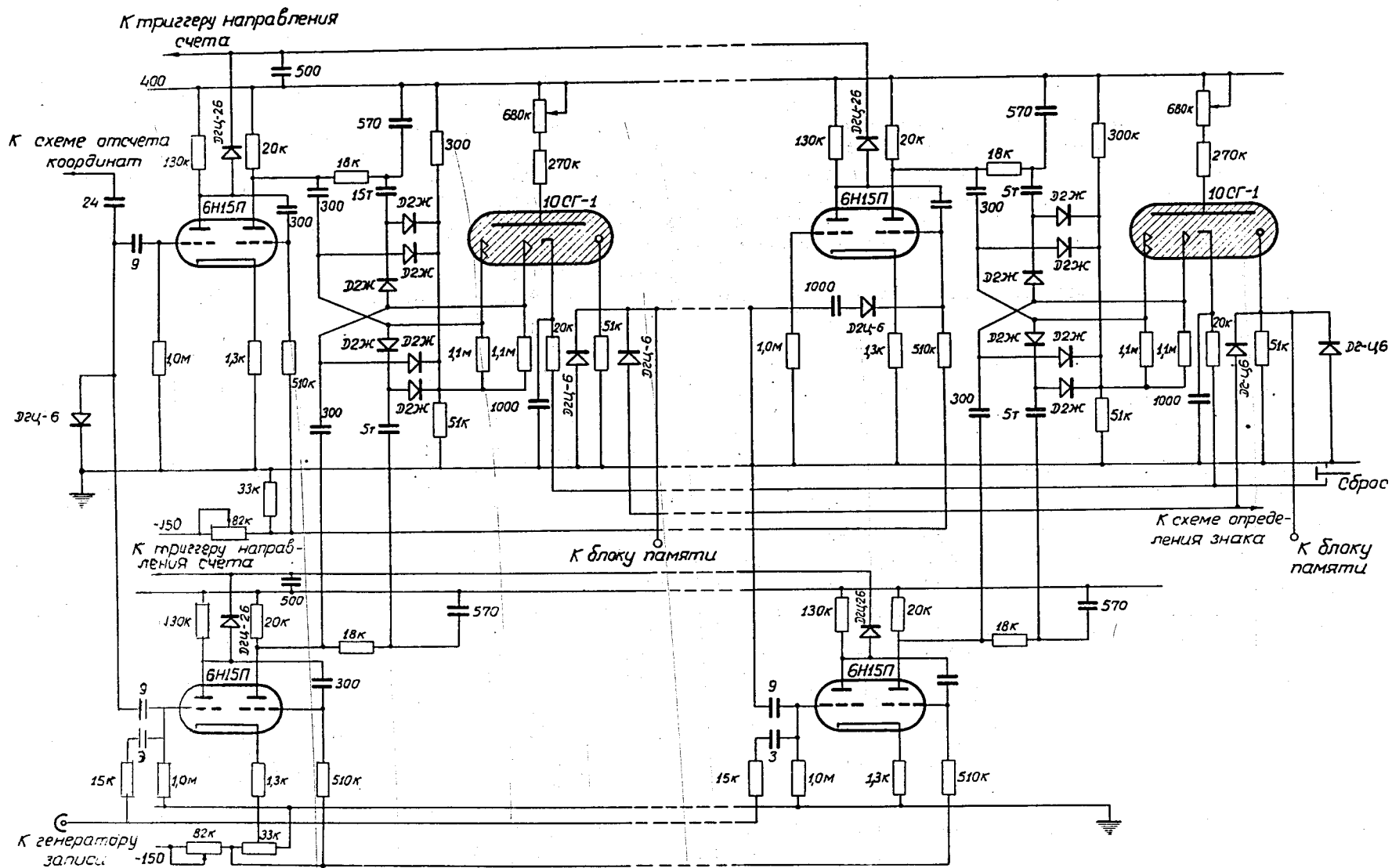


Рис. 4. Принципиальная схема 1 и 4 разрядов реверсивного декадронного счетчика.

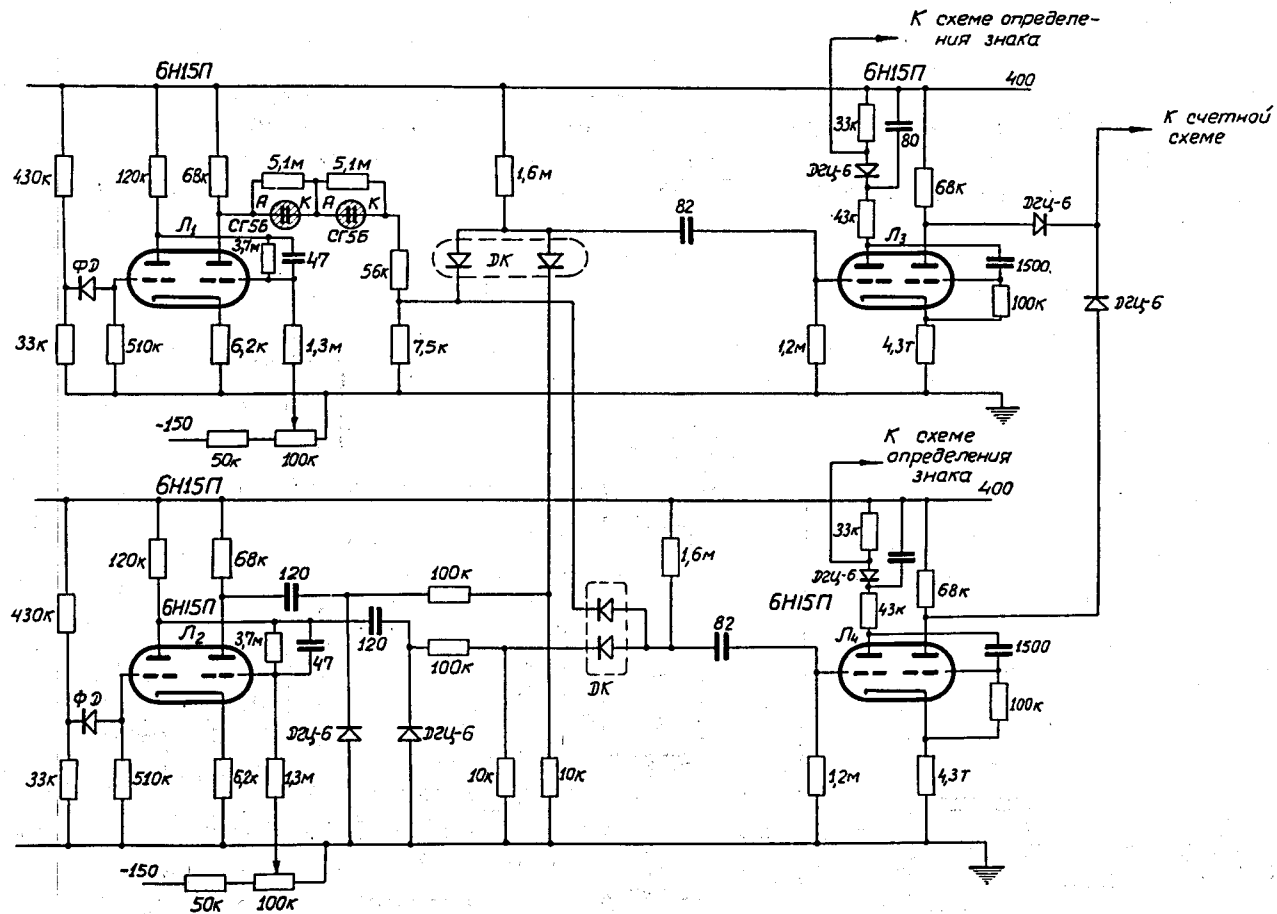


Рис. 5. Принципиальная схема узла определения направления движения каретки.

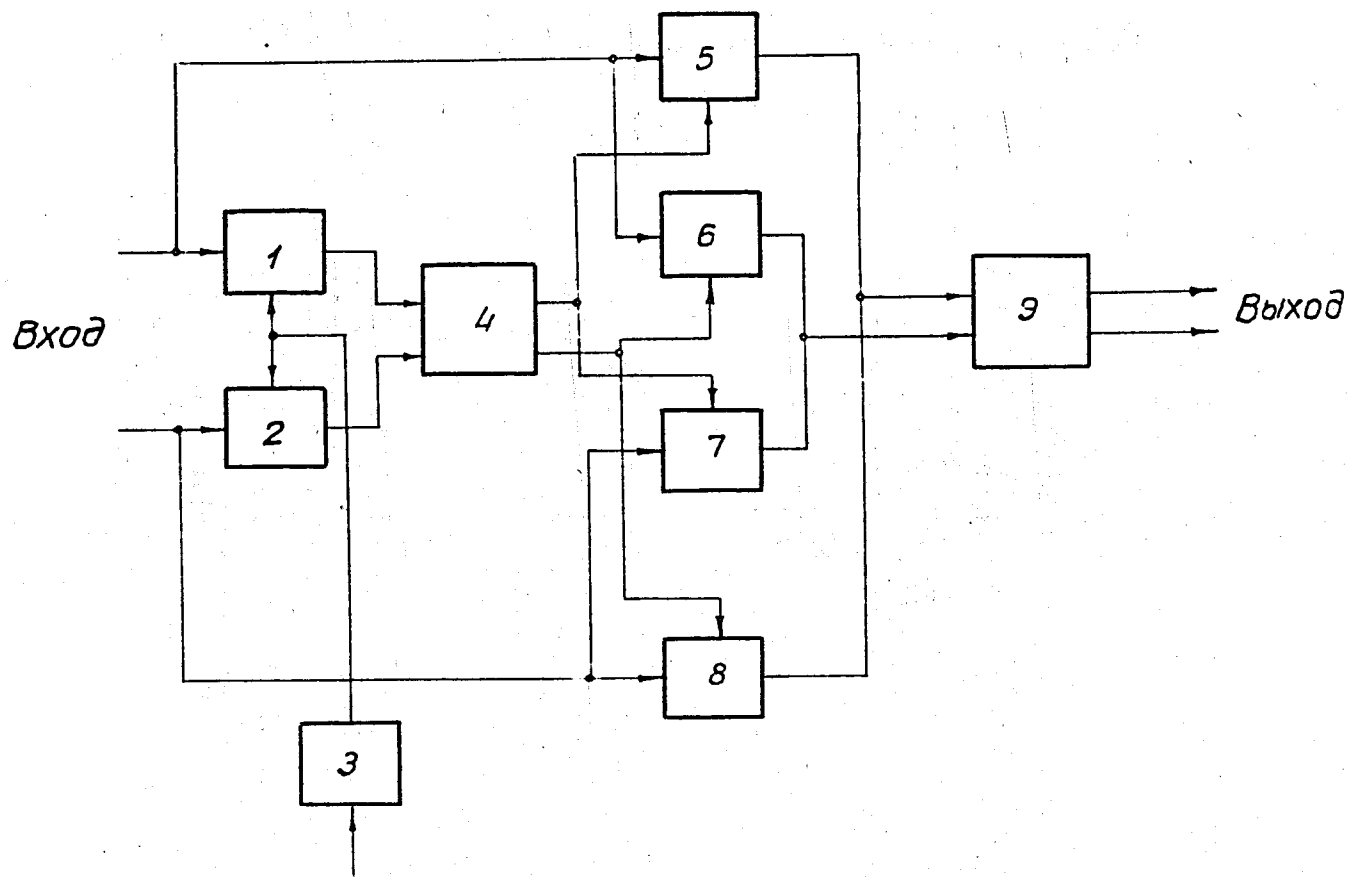


Рис. 6. Блок-схема ячейки определения знака числа и знака действия.
 1,2-схемы пропускания; 3-индикатор нулевого состояния декатронов;
 4-триггер знака числа. 5,6,7,8-схемы пропускания. 9 - триггер знака действия /направление счета/.

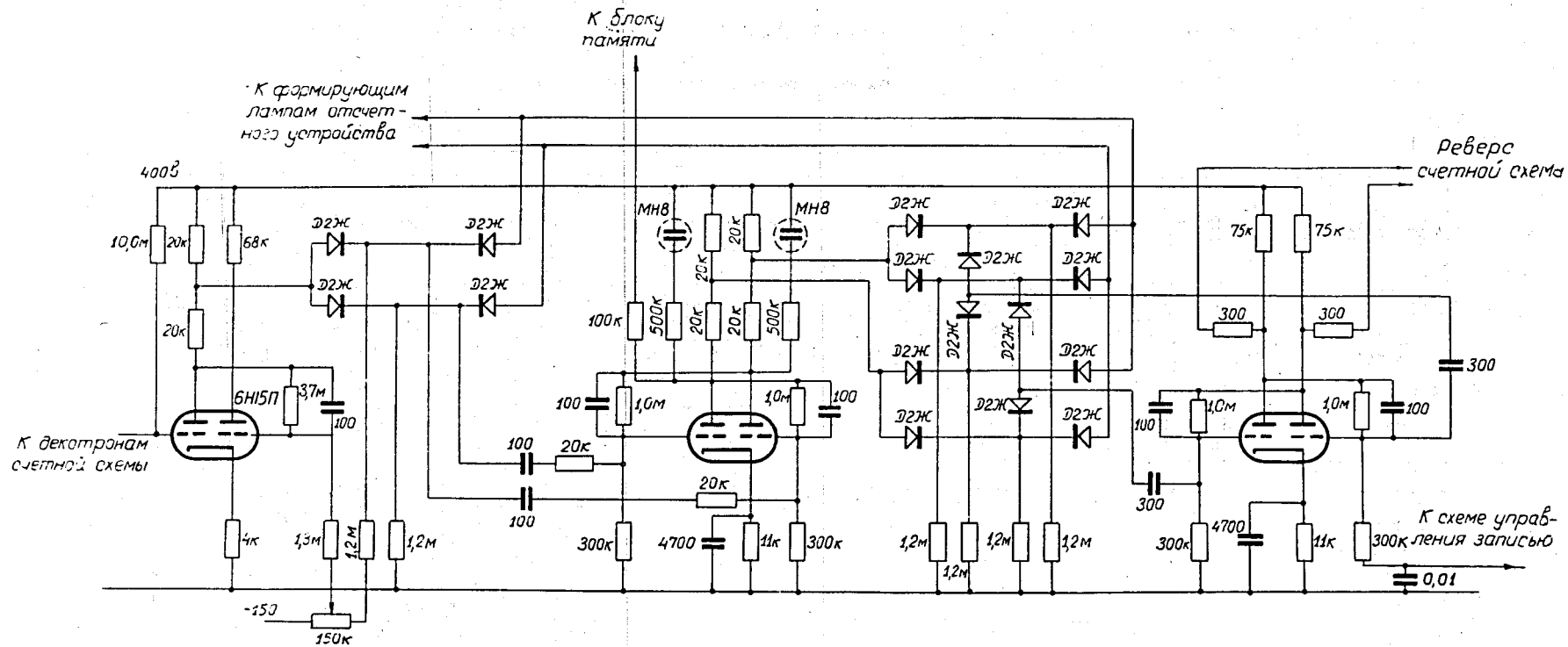


Рис. 7. Принципиальная схема ячейки определения знака числа и знака действия.

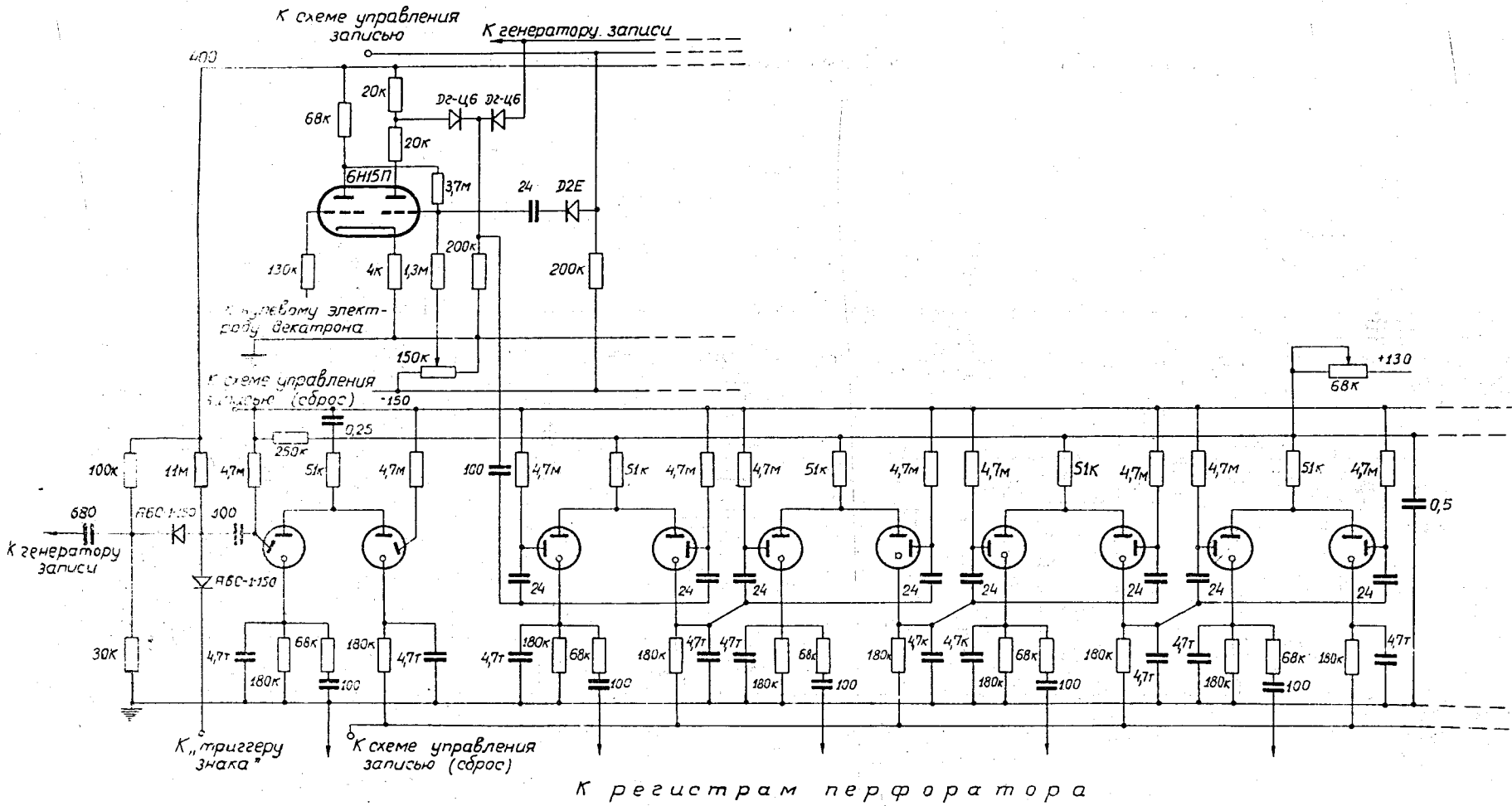


Рис. 8. Принципиальная схема ячейки запоминающего устройства знака и разряда числа.

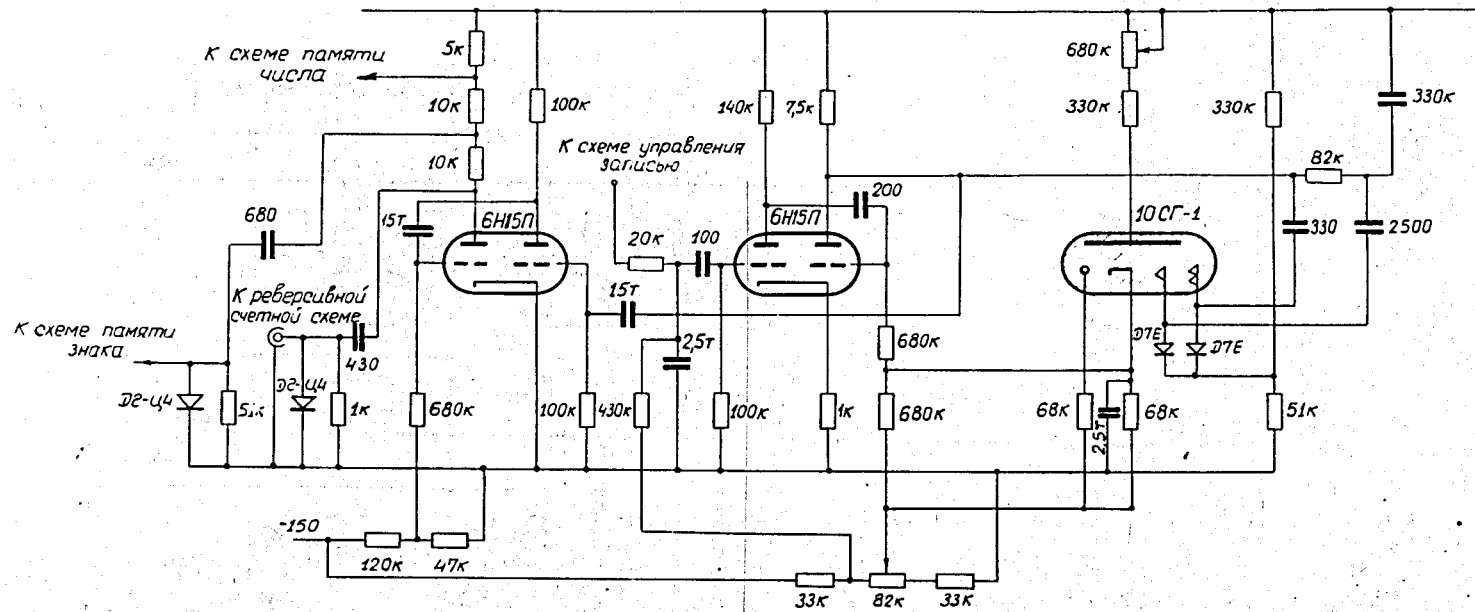


Рис. 9. Принципиальная схема генератора записи.

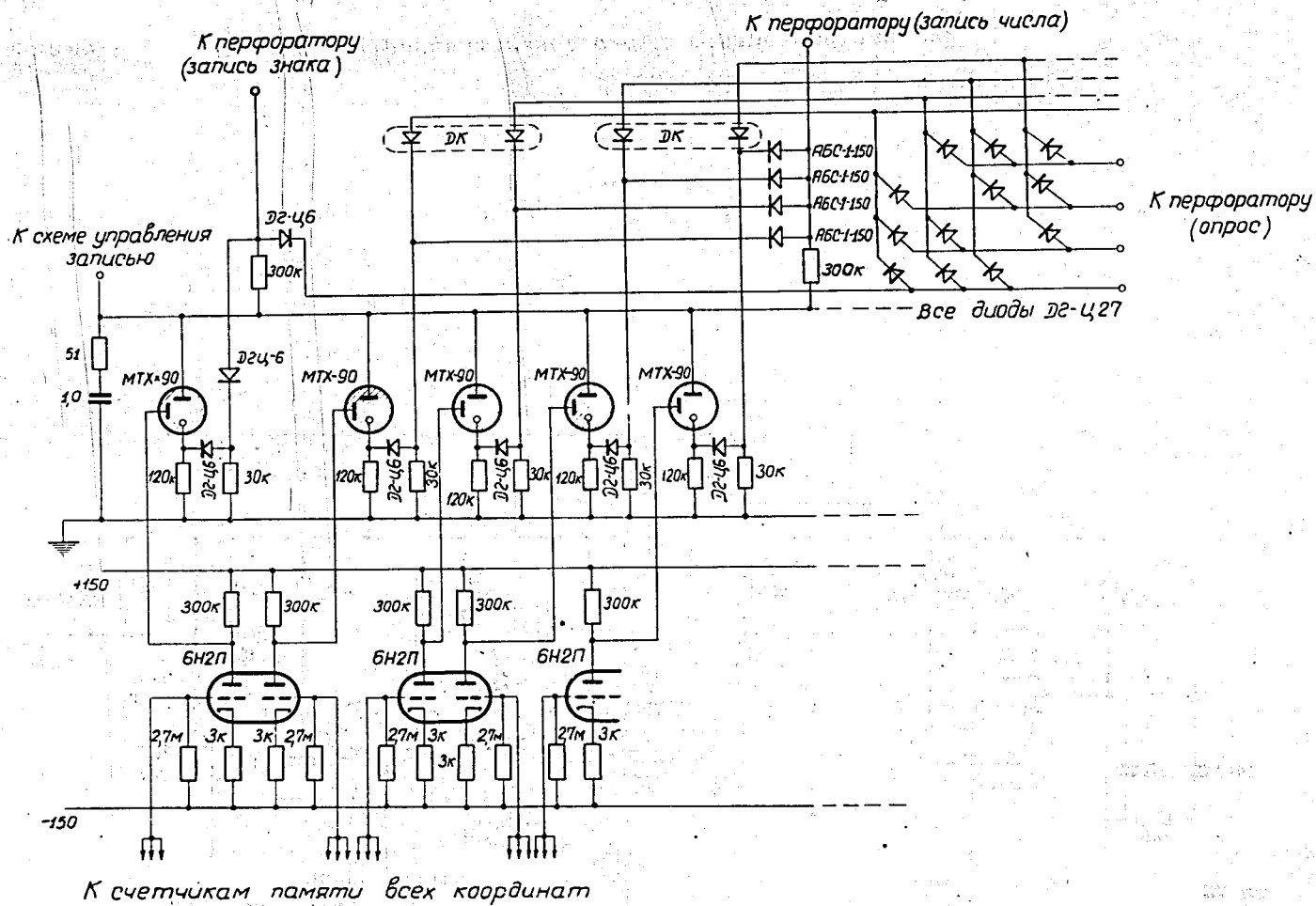


Рис. 10. Принципиальная схема регистра для ввода числа и знака в перфоратор.

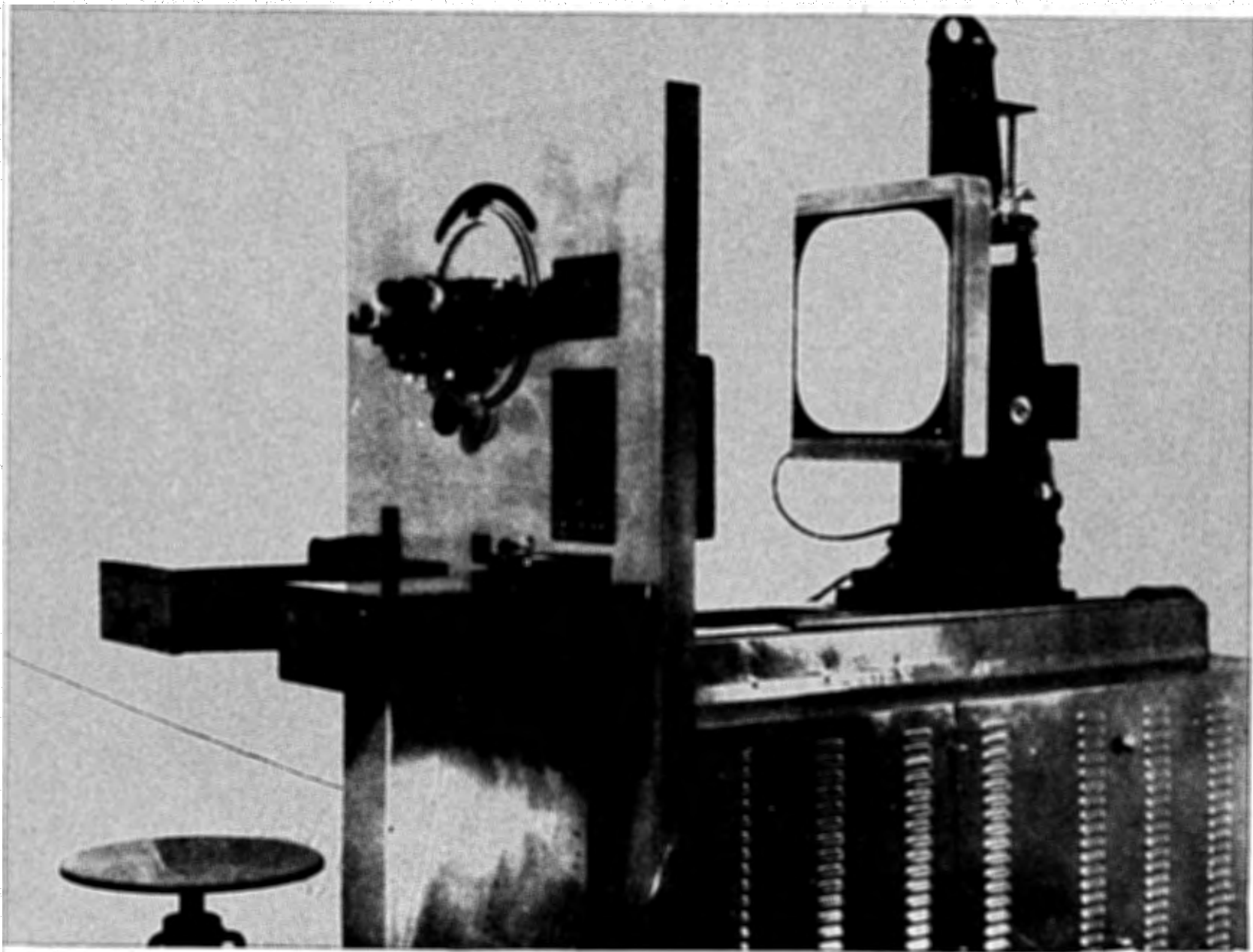


Рис. 11. Общий вид полуавтоматического компаратора.