

Б-825

7/11/68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P10 - 3631



В.Ф.Борисовский, А.С.Буров, Н.Д.Дикусар,  
В.В.Ермолаев, А.Д.Злобин, И.Н.Кухтина, И.И.Скрыль,  
А.А.Олейник, В.А.Уткин, А.И.Филиппов, В.Н.Шигаев,  
В.Н.Шкунденков

СКАНИРУЮЩИЙ АВТОМАТ  
НА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКЕ

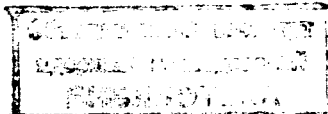
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ

1967.

P10 - 3631

5588/2.48  
В.Ф.Борисовский, А.С.Буров, Н.Д.Дикусар,  
В.В.Ермолаев, А.Д.Злобин, И.Н.Кухтина, И.И.Скрыль,  
А.А.Олейник, В.А.Уткин, А.И.Филиппов, В.Н.Шигаев,  
В.Н.Шкунденков

СКАНИРУЮЩИЙ АВТОМАТ  
НА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКЕ



## **В в е д е н и е**

Как известно, для автоматической обработки фотоснимков с искровых камер могут быть использованы сканирующие устройства на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ). Одно из таких устройств под названием "Luciole", разработанное в CERN 'е (Женева), успешно применяется для решения этой задачи.

Ниже приведено описание сканирующего автомата на ЭЛТ, предназначенного для просмотра и измерения координат треков на фотоснимках, полученных с искровой камеры. Размер фотоснимков  $18 \times 24 \text{ мм}^2$  (пленка шириной 35 мм).

### **§1. Блок-схема автомата**

Блок-схема автомата приведена на рис.1. Автомат состоит из сканирующей телевизионной <sup>/1/</sup> и логической <sup>/2/</sup> частей. Автомат работает на линии с ЭВМ типа БЭСМ-3М <sup>/3/</sup>, с которой соединен через коммутационное устройство <sup>/4/</sup>.

### **§2. Сканирующая телевизионная часть автомата**

Сканирование фотоснимков в автомате производится методом бегущего луча с использованием электронно-лучевой трубки (ЭЛТ).

На рис.2 приведена оптическая схема сканирующей части. На экране ЭЛТ формируется световой растр по типу телевизионного. Яркость сканирующего светового пятна, сформированного на экране ЭЛТ, не модулируется. С помощью объектива световой растр с экрана ЭЛТ проецируется на фотопленку. Прошедший сквозь фотоснимок свет от ЭЛТ собирается на фотокатоде ФЭУ. При встрече перемещающегося светового пятна с изображением трека на фотоснимке ко-

личество света, попадающего на ФЭУ, резко уменьшается, и на выходе ФЭУ формируется электрический сигнал, который в дальнейшем будем называть сигналом "Трек".

Отсчет координат как вдоль строчной, так и вдоль кадровой разверток осуществляется путем привязки положения светового пятна к системе реперных линий. Для этого с помощью двух полупрозрачных зеркал образовано еще два оптических канала - канал штриховой решетки и канал диагональной линии<sup>/1/</sup>. Штриховая решетка выполнена в виде чередующихся прозрачных и непрозрачных реперных линий, нанесенных с достаточно высокой точностью. Ширина прозрачной линии - 30 мк, непрозрачной - также 30 мк (то есть шаг штриховой решетки равен  $\Delta x = 60$  мк). Движение светового пятна приблизительно ортогонально линиям штриховой решетки (рис.3). При перемещении светового пятна на выходе ФЭУ, стоящего в канале штриховой решетки, возникает электрический сигнал *вид* вида. Сформированные с помощью этого сигнала опорные импульсы имеют период следования, соответствующий шагу решетки. С помощью интерполяционного генератора, выполненного на линии задержки, период опорных импульсов делится на  $k$  частей.  $k$  равно 2 или 3 в зависимости от соответствующего переключения<sup>/5/</sup>.

Сформированные таким образом импульсы будем называть счетными. Счетные импульсы определяют цену отсчета координат вдоль строчной развертки, равную 30 либо 20 мк, что соответствует рассчитанным требованиям к цене отсчета<sup>/1/</sup>. Положение светового пятна вдоль строчной развертки отображается содержимым основного счетчика ( $Q$ ), на котором суммируется число счетных импульсов, поступающих с момента начала сканирования строки. Код  $n$ , считанный с основного счетчика по сигналу "Трек", позволяет вычислить координату  $X$  трека на данной строке:

$$X = n \cdot \delta x, \quad (1)$$

где  $\delta x = \Delta x / k$  - цена отсчета;  $\Delta x$  - шаг штриховой решетки.

Информация о положении строки в направлении кадровой развертки извлекается путем считывания кода  $m$  с основного счетчика в момент встречи светового пятна с диагональной линией. При ортогональном расположении строк раstra к системе реперных линий и отсутствию нелинейных искажений раstra,

координата  $Y$  точек, лежащих на данной строке, определяется соотношением:

$$Y = n \cdot \delta x \cdot \operatorname{tg} \phi, \quad (2)$$

где  $\phi$  - угол наклона диагональной линии (рис.3).

Для исключения влияния различной ширины сигналов от треков и диагональной линии на точность измерения производится считывание кодов с основного счетчика в моменты, соответствующие переднему и заднему фронтам сигналов.

В дальнейшем коды, соответствующие началу и концу сигналов от трека и от диагональной линии, будут называться кодами  $X_n$  и  $X_k$ ,  $Y_n$  и  $Y_k$ .

Применение системы отсчета координат в виде штриховой решетки и диагональной линии существенно снижает требования к линейности и стабильности строчной и кадровой разверток<sup>/1/</sup>.

Световой растр формируется с помощью ЭЛТ высокого разрешения с применением специального фокусирующе-отклоняющего комплекса<sup>/6/</sup>. Растр с экрана ЭЛТ проецируется объективом в масштабе примерно 1:1. При этом на выходе ФЭУ в канале штриховой решетки на площади размером  $18 \times 24 \text{ мм}^2$  формируется сигнал  $i_a$  вида с глубиной модуляции 40-50%. Такая глубина модуляции является достаточной и позволяет надежно осуществлять формирование счетных импульсов. Ширина реперных линий штриховой решетки (равная 30 мк, см. выше), при достаточной глубине модуляции сигнала на выходе ФЭУ служит нижней оценкой размера светового пятна ЭЛТ. Требования к разрешению в каналах фотопленки и диагональной линии существенно ниже и выполняются автоматически при настройке фокусировки луча ЭЛТ по сигналу в канале штриховой решетки.

Особенностью конструкции оптических каналов фотоснимка, штриховой решетки и диагональной линии является их идентичность. Объектив является общим для всех каналов. Количество стекла в полупрозрачных зеркалах, выполненных в виде призм, в каждом канале одинаково; с этой целью в канале фотоснимка специально помещен стеклянный блок, осуществляющий необходимую компенсацию. Идентичность каналов позволяет, несмотря на вносимые стеклом

х) Указан размер снимка; площадь, на которой луч удается сфокусировать, составляет  $\sim 30 \times 30 \text{ мм}^2$ .

призм искажения раstra, сравнительно легко учесть эти искажения с помощью программ ЭВМ.

Как указывалось выше, размер рабочей площади проекции раstra равен  $18 \times 24 \text{ мм}^2$ ; проецирование осуществляется в масштабе  $\approx 1 : 1$ . Объектив имеет фокусное расстояние  $f = 200 \text{ мм}$ , относительное отверстие в рабочем режиме  $D/f = 1/4$ . Разрешение объектива в центре - 40 оптических линий, при отклонении от центра на 50 мм разрешение уменьшается в 1,5-2 раза. Суммарная длина стеклянных блоков в каждом канале 90 мм. Проведенные исследования показали, что искажения размера светового пятна за счет прохождения стеклянных блоков при отклонении от центра на 25-30 мм (превышает размер раstra на экране ЭЛТ) практически не наблюдаются.

Свет от ЭЛТ, поступающий в оптическую схему автомата, делится полупрозрачными зеркалами в следующих пропорциях: в канал фотоснимка попадает 25%, в канал штриховой решетки - 40%, в канал диагональной линии - 5%. Около 25-30% составляют потери в стекле и потери за счет отражения от поверхностей призм. Указанное распределение света выбрано в соответствии с результатами эксперимента по изучению надежности регистрации сигналов в каждом из оптических каналов.

Плоскости элементов оптического канала (экрана ЭЛТ, объектива, призм и диагональной линии) установлены параллельно с точностью до  $3'$  +  $5'$ . Такая точность требуется для обеспечения хорошей фокусировки изображения светового пятна одновременно в трех оптических каналах, а также для обеспечения достаточной идентичности форм трех проекций раstra,

Строчная развертка <sup>17/</sup> луча ЭЛТ сделана непрерывной (пилообразной). Длительность прямого хода строки - 10 мсек, обратного - также 10 мсек. Равенство длительностей прямого и обратного ходов связано с применением для динамической фокусировки луча по строке тока синусоидальной формы <sup>16/</sup>.

Кадровая развертка луча ЭЛТ сделана в двух вариантах - непрерывной и шаговой <sup>18/</sup>. Непрерывная развертка существенно проще и надежнее, однако шаговая развертка обладает рядом дополнительных преимуществ в управлении сканированием по программам ЭВМ.

В варианте с непрерывной кадровой разверткой автомат в растре размером  $18 \times 24 \text{ мм}^2$  может иметь 63, 127, 255 или 511 строк. Переключение осуществляется по командам, поступающим от ЭВМ. Так как время сканирования снимка

пропорционально числу строк растра, процесс автоматического отбора снимков, на которых могут быть полезные события, можно в ряде случаев производить при малой плотности строк и, тем самым, экономить время. Для более точного анализа отобранных снимков можно использовать растр с большим числом строк. При непрерывной кадровой развертке имеется также возможность путем выдачи соответствующих команд от ЭВМ осуществить в течение 0,2 сек возвращение кадровой развертки в исходное состояние (на первую строку растра) независимо от ее положения в текущий момент; эта возможность служит дополнительным источником экономии времени, поскольку отбраковка снимков может в ряде случаев производиться на ранней стадии анализа принятой информации. Имеется возможность по команде от ЭВМ останавливать кадрковую развертку на первой строке растра до выдачи команды, управляющей началом сканирования снимка.

В варианте с шаговой кадровой разверткой растр может состоять из 79, 159, 319 либо 639 строк. Путем выдачи соответствующих команд ЭВМ может останавливать сканирование на любой строке растра, может начинать и заканчивать сканирование также на любой строке.

Время сканирования одного снимка в варианте с непрерывной кадровой разверткой при 255 строках в растре соответствует 5,1 сек. В варианте работы *on line*, когда обработка считанной информации ведется ЭВМ в промежутках между рабочими сканированиями строк, для многих физических задач процесс обработки будет заканчиваться одновременно с концом сканирования. Такая скорость сканирования сможет обеспечить при односменной работе автомата обработку  $\sim 1$  млн. снимков в год.

В автомате предусмотрено оперативное управление от ЭВМ уровнем дискриминации сигнала от фотоснимка. Имеется 15 уровней дискриминации. Необходимость введения управления уровнем дискриминации объясняется неоднородной прозрачностью пленки и различным контрастом изображений отдельных искр трека. Имеется также возможность управлять от ЭВМ током фокусировки луча ЭЛТ в пределах  $\pm 1,5\%$  номинального тока фокусировки. Шкала управления током фокусировки состоит из 15 делений. Контроль качества фокусировки осуществляется ЭВМ путем анализа полного числа счетных импульсов по строке  $Q$ .

### *83. Логическая часть автомата*

Задачей логической части автомата является:

- а) кодировка поступающих от сканирующей части сигналов;
- б) передача закодированной информации в ЭВМ;
- в) управление работой автомата в соответствии с командами, принимаемыми из ЭВМ.

В логическую часть автомата поступают следующие сигналы от его сканирующей телевизионной части:

- 1) сигнал "Трек", соответствующий пересечению сканирующего светового пятна с изображением трека на снимке;
- 2) счетные импульсы, сформированные с помощью штриховой решетки;
- 3) сигнал от диагональной линии;
- 4) строчные синхроимпульсы, соответствующие началу строки, - ССИ(н);
- 5) строчные синхроимпульсы, соответствующие концу строки, - ССИ(к);
- 6) в варианте с непрерывной кадровой разверткой - КСИ (кадровые синхроимпульсы, соответствующие первой строке раstra).

В сканирующую телевизионную часть от логической части передаются:

- 1) код номера строки раstra в варианте с шаговой кадровой разверткой;
- 2) потенциальный сигнал, управляющий обратным ходом непрерывной кадровой развертки;
- 3) код плотности строк раstra, управляющий скоростью развертки строк при непрерывной кадровой развертке;
- 4) код уровня дискриминации сигнала от фотоснимка;
- 5) код фокусировки луча ЭЛТ.

О командах и сигналах, которыми автомат обменивается с ЭВМ, будет говориться ниже, при описании работы логической части.

Блок-схема логической части автомата приведена на рис.4.

Работа логической части автомата управляется схемой, выделенной под названием "Логика управления".

Разрешение на съем информации при сканировании очередной строки выдается командой от ЭВМ, которая в дальнейшем будет называться командой РС. Если поступила команда РС, то с приходом из сканирующей телевизион-



ной части очередного ССИ(н) начинается режим рабочего сканирования по строке. При этом:

- а) сигнал ССИ(н) приводит в исходное состояние соответствующие счетчики и регистры;
- б) осуществляется вызов ЭВМ с занесением в статусное слово SW-1 (см. дальше) признака того, что вызов осуществляется автоматом;
- в) разрешается поступление на основной счетчик счетных импульсов, сформированных с помощью штриховой решетки.

Сигнал "Вызов ЭВМ" опережает начало отсчета по строке примерно на 1 мсек, что необходимо для вхождения ЭВМ в режим прерывания и переключения на прием считываемой информации. Войдя в прерывание, ЭВМ прежде всего запрашивает статусное слово SW-1, которое отражает состояние автомата. Каждому двоичному разряду статусного слова поставлен в соответствие своей элемент (триггер) логической части автомата, и одно из двух возможных состояний последнего отображается содержанием двоичного разряда. Приняв SW-1 и убедившись, что вызов осуществлен автоматом в начале режима рабочего сканирования строки, а также убедившись путем анализа соответствующих разрядов SW-1 в том, что идет прямой ход кадровой развертки (при непрерывной кадровой развертке) и отсутствует режим протяжки пленки, ЭВМ переходит на выдачу в групповом режиме синхриимпульсов приема информации от исследуемого фотоснимка. Эти синхриимпульсы следуют с частотой порядка 100 кгц в течение всего прямого хода строки <sup>13/</sup>. Никакой другой задачей в течение этого времени ЭВМ заниматься не может.

Счетные импульсы из сканирующей части поступают при наличии режима рабочего сканирования по строке в основной счетчик, и, таким образом, осуществляется кодировка положения светового пятна относительно начала отсчета по строке. При поступлении сигнала "Трек", сформированного в канале фотоснимка, состояние основного счетчика в моменты, соответствующие переднему и заднему фронтам сигнала, параллельным кодом переносится в запоминающие регистры "Память кода  $X_H$ " и "Память кода  $X_K$ " (см. рис.4). Вслед за этим дается разрешение очередному синхриимпульсу приема, поступающему от ЭВМ, считать состояние запоминающих регистров в оперативную память ЭВМ. Это считывание также осуществляется параллельным кодом. После считывания в ЭВМ кодов  $X_H$  и  $X_K$  запоминающие регистры приводят-

ся в исходное состояние и дается разрешение на занесение в них кодов  $X_n$  и  $X_k$  следующего трека. Пропускная способность канала приема информации в ЭВМ, естественно, накладывает ограничение на достижимое разрешение между двумя соседними треками на фотоснимке. При частоте следования синхросигналов приема в 100 кГц, длине строки 25 мм и времени прямого хода строчной развертки 10 мсек ограничение на разрешение оказывается равным  $\approx 25$  мк, т.е. примерно равным размеру сканирующего светового пятна.

При поступлении сигнала от диагональной линии состояние основного счетчика переносится в запоминающие регистры "Память кода  $Y_n$ " и "Память кода  $Y_k$ ". Выдача в ЭВМ кодов  $Y_n$  и  $Y_k$  осуществляется в конце строки после прихода сигнала ССИ(к). Одновременно с кодами  $Y_n$  и  $Y_k$  в ЭВМ для контроля передается код  $Q$  полного числа счетных импульсов, поступивших в основной счетчик за время рабочего сканирования по строке. При этом также передается признак конца строки ("1" в 37 разряде).

Выдавая команду РС перед каждой строкой растра, ЭВМ управляет съемом информации при сканировании всего снимка. Прекращение выдачи команды РС означает прекращение съема информации.

При работе в режиме непрерывной кадровой развертки программа ЭВМ синхронизирует свою работу, выдавая автомату команду "Разрешение на прохождение КСИ". Если поступила эта команда, то в ЭВМ будет послан сигнал "Вызов" с началом сканирования первой строки растра, независимо от того, была ранее выдана или нет команда РС. При этом в  $SW-1$  заносится информация о том, что сканирование осуществляется вдоль первой строки растра. Для продолжения съема информации с последующих строк растра ЭВМ должна выдавать перед каждой строкой команду РС.

В один из разрядов статусного слова  $SW-1$  заносится информация о направлении кадровой развертки. Анализируя этот разряд, программа ЭВМ может определить момент окончания сканирования снимка.

В варианте с шаговой кадровой разверткой начало и конец кадровой развертки задаются программой ЭВМ. Из ЭВМ в логическую часть автомата поступает номер начальной строки и команды, по которым выполняются очередные шаги кадровой развертки.

Путем выдачи соответствующих команд ЭВМ может управлять плотностью строк растра, а также уровнем дискриминации сигнала от фотоснимка и фокусировкой луча ЭЛТ (см.81).

Протяжка пленки на один кадр осуществляется при поступлении из ЭВМ команды "Протяжка пленки". В процессе протяжки пленки в соответствующем разряде SW-1 устанавливается "1". По окончании протяжки пленки осуществляется вызов ЭВМ с занесением в SW-1 признака о том, что вызов осуществлен по окончании протяжки.

При совместной работе ЭВМ и автомата вычислительная машина в любой момент времени может запросить статусное слово SW-1. Прием статусного слова в оперативную память осуществляется выходом ЭВМ на команду обмена (выдача синхроимпульса приема информации) после предварительного выполнения команды "Запрос SW-1". Отличительным признаком SW-1 является наличие "1" в 38 разряде кода, принимаемого в ЭВМ. Анализ статусного слова SW-1 позволяет определить состояние автомата в момент считывания статусного слова:

- 1) направление кадровой развертки (прямое, обратное);
- 2) направление строчной развертки (прямое, обратное);
- 3) наличие или отсутствие разрешения на съем информации при сканировании очередной строки;
- 4) осуществляется или нет в данный момент съем информации с текущей строки раstra;
- 5) режим работы автомата (тестовый или рабочий);
- 6) наличие или отсутствие разрешения на прохождение кадрового синхроимпульса КСИ;
- 7) факт прохождения КСИ ("Вызов ЭВМ" сформирован с приходом КСИ, т.е. на первой строке раstra);
- 8) готовность пишущей машинки к работе с ЭВМ <sup>х)</sup>;
- 9) готовность автомата к работе с ЭВМ;
- 10) причина прерывания программы ЭВМ. Четыре разряда статусного слова SW-1 соответствуют четырем причинам прерывания:
  - окончанию протяжки пленки на один кадр в фильмовом канале,
  - ответу пишущей машинки на ранее посланный запрос от ЭВМ,
  - сигналу прерывания автоматом,
  - вызову ЭВМ оператором при пуске автомата;

---

х) Пишущая машинка ко времени опубликования данной статьи к автомату не подключена.

11) состояние лентопротяжного механизма (длится процесс протяжки или уже закончен);

12) наличие или отсутствие пленки в фильмовом канале;

13) информация об окончании рулона пленки;

Частью статусного слова **SW-1** являются разряды наборного пульта управления автомата (рис.4), на котором оператор может набирать коды, считываемые и анализируемые программой ЭВМ. Таким образом, например, можно управлять режимом работы программ ЭВМ.

Анализ статусного слова **SW-1** используется ЭВМ при управлении работой автомата, а также для контроля функционирования логической части автомата и канала связи с ЭВМ. Выдачей команды перевода логической части автомата в тестовый режим вычислительная машина блокирует прохождение всех сигналов от сканирующей телевизионной части (см. выше) и производит их имитацию. Имитируя по программам циклы работы автомата и анализируя статусное слово **SW-1** и коды, считываемые с запоминающих регистров и основного счетчика, ЭВМ осуществляет указанный контроль. С целью контроля вычислительная машина помимо статусного слова **SW-1** может запросить также статусное слово **SW-2**. Статусное слово **SW-2** содержит код номера строки раstra, код плотности раstra, код уровня дискриминации сигнала от фотоснимка и код управления фокусировкой луча ЭЛТ.

С помощью пульта управления логической части (рис.4) оператор может вручную имитировать поступление в логическую часть всех сигналов от сканирующей телевизионной части и от ЭВМ. Это позволяет производить автономную откладку и контроль логической части, а также комбинаций: логическая часть со сканирующей телевизионной частью или логическая часть с коммутационным устройством (см. блок-схему автомата на рис.1).

Ниже приводится перечень всех команд от ЭВМ, воспринимаемых автоматом:

1) перевод автомата в рабочий режим (при этом дается разрешение на поступление в логическую часть сигналов из сканирующей телевизионной части);

2) "PC" - разрешение на съем информации во время сканирования очередной строки;

3) запрос статусного слова **SW-1**;

4) запрос статусного слова **SW-2**;

- 5) запрос информации с регистров, хранящих коды  $X_H$  и  $X_K$ ,  $Y_H$ ,  $Y_K$  и  $Q$  ( $Q$  - полное число счетных импульсов по строке);
  - 6) протяжка пленки в фильмовом канале на один кадр;
  - 7) разрешение на формирование сигнала "Вызов ЭВМ" по кадровому синхрои импульсу - КСИ (Разрешение на прохождение КСИ);
  - 8) запрет на формирование сигнала "Вызов ЭВМ" по КСИ;
  - 9) перевод автомата в тестовый режим (блокируется прохождение в логическую часть всех сигналов из сканирующей телевизионной части);
  - 10) выдача из ЭВМ сигналов, имитирующих телевизионные синхрои импульсы - ССИ(н), ССИ(к) и КСИ;
  - 11) выдача из ЭВМ сигналов, имитирующих поступление из сканирующей телевизионной части сигналов:
    - "Трек" от фото пленки (начало и конец),
    - счетные импульсы от канала штриховой решетки,
    - сигнал от диагональной линии (начало и конец);
  - 12) аварийный сигнал;
  - 13) запрос на пишущую машинку;
  - 14) выдача кода на пишущую машинку;
  - 15) выдача кода, управляющего плотностью строк растра;
  - 16) выдача команды управления очередным шагом кадровой развертки;
  - 17) выдача кода номера строки растра. В частности, выдача кода номера строки, соответствующего обратному ходу при непрерывной кадровой развертке, означает возвращение луча на первую строку растра; если при этом также установить "нулевую" плотность растра, то кадровая развертка останется на первой строке;
  - 18) выдача кода, управляющего уровнем дискриминации сигнала на выходе ФЭУ в канале фотоснимка;
  - 18) выдача кода, управляющего фокусировкой луча ЭЛТ.
- Сигналы и коды, принимаемые ЭВМ от автомата (из его логической части):
- 1) потенциальный сигнал "Вызов ЭВМ";
  - 2) слово, содержащее коды  $X_H$  и  $X_K$ ;
  - 3) слово, содержащее коды  $Y_H$ ,  $Y_K$  и  $Q$  (поступает в ЭВМ с признаком конца строки - "1" в 37 разряде);

- 4) статусное слово SW-1 (признаком SW-1 является "1" в 38 разряде);
- 5) статусное слово SW-2 (признаком SW-2 является "1" в 39 разряде);
- 6) при передаче каждого слова в ЭВМ по каналу 48 разряда передается "1" - маркер слова.

При сканировании фотоснимка центральный вычислитель ЭВМ будет пользоваться двумя программами - управляющей и программой обработки - в режиме разделения времени. Управляющая программа включает в себя всю специфику управления автоматом при задействованных средствах обмена БЭСМ-3М с внешними объектами. Программа опознавания событий, как и программа дальнейшей обработки данных, в значительной степени определяется физическим экспериментом и форматом фотоснимков с искровых камер. Для многих экспериментов следует ожидать, что при длительности обратного хода строчной развертки, равной 10 мсек, этап опознавания событий может быть полностью совмещен во времени с процессом сканирования фотоснимка.

Логическая часть автомата выполнена на ячейках ЭВМ БЭСМ-3.

#### **84. О некоторых результатах совместной работы автомата с ЭВМ**

В настоящее время автомат прошел начальную стадию отладки с программами ЭВМ. Просканированы снимки с искровой камеры и специальные тестовые снимки с целью проверки работоспособности автомата и изучения его характеристик.

На рис.5а приведен тестовый снимок, на котором изображены дуга окружности и три реперных креста. Снимок был просканирован автоматом в режиме непрерывной кадровой развертки в варианте с ценой отсчета  $\delta x = 30$  мк и растром из 127 строк. При этом на дугу пришлось  $\sim 70$  строк. Затем этот же снимок был измерен на полуавтомате ПУОС <sup>/8/</sup>, работающем на линии с ЭВМ БЭСМ-3М <sup>/3,4,11/</sup>. На полуавтомате были измерены координаты перекрестий реперных крестов и координаты примерно 80 точек на дуге. Переданные в ЭВМ БЭСМ-3М данные в обоих случаях были записаны на магнитную ленту, а затем обработаны. Результаты обработки показали, что коридор ошибок при восстановлении кривой по данным, принятым от полуавтомата, соответствует среднеквадратичной ошибке, примерно равной 10 мк.

Коридор ошибок для данных, снятых автоматом, составил величину, соответствующую среднеквадратичной ошибке, равной 12 мк. Полученные результаты должны рассматриваться как предварительные. Потребуется проведение большого комплекса работ по уточнению полученных данных, изучению точностных характеристик автомата по всему растру и его калибровке.

Данные, полученные при сканировании дуги, были выведены на печать. По этим данным построено графическое изображение кривой, приведенное на рис.5б. Отношение масштабов по двум осям координат равно примерно 1,8 (тангенс угла наклона диагональной линии равен  $\approx 1,8$ ).

Затем был просканирован тестовый снимок, приведенный на рис. 6а. На снимке изображены две перекрещивающиеся линии и три реперных креста. Задача этого эксперимента состояла в выявлении "теневого" эффекта, определяющего разрешение между двумя соседними линиями на снимке. При проведении этого эксперимента синхроимпульсы приема посылались ЭВМ с периодом порядка 120 мксек. Принятые ЭВМ данные от сканирования этого снимка приведены на рис.6б. Отношение масштабов по осям координат также равно примерно 1,8. На рисунке видно, что в окрестности пересечения прямых отсутствуют точки на "затененных" участках снимка.

На рис.7а приведен снимок с искровой камеры. На рис.7б приведено его восстановление по координатам, переданным в ЭВМ в процессе сканирования. Отношение масштабов по осям координат равно 1,8. Количество строк в растре равно 255.

На рис.8 приведена гистограмма распределения полного числа счетных импульсов  $Q$  на строках растра. Приведены данные, полученные при многократном ( $\approx 60$  раз) сканировании штриховой решетки (счетные импульсы формируются в канале штриховой решетки) растром из 127 строк. На гистограмме выделяется острый пик для значения  $Q_n = 418$ , который соответствует номинальному числу счетных импульсов на строке. Длина строки при данном эксперименте равнялась 12,54 мм, цена отсчета  $\delta x = 30$  мк. При сканировании отдельных кадров пик распределения величины  $Q_0$  находился в диапазоне от 1,000 до 0,976. Гистограмма получена при фиксированных значениях фокусировки луча ЭЛТ и уровня дискриминации сигнала на выходе ФЭУ в канале штриховой решетки.

## 85. О развитии работ

На основе опыта, накопленного при построении данного автомата и вводе его в эксплуатацию, в дальнейшем планируется построить автомат для сканирования снимков с магнитного искрового спектрометра <sup>/10/</sup>. Главными отличительными требованиями к этому автомату являются:

1. Повышение точности отсчета вдоль строки до среднеквадратичной ошибки  $\sigma \leq 5$  мк.

2. Увеличение площади сканируемого снимка до размера 35 x 140 мм <sup>2</sup>.

Ниже рассматриваются намеченные направления решения этих задач.

Для изучения возможности повышения точности отсчета координат вдоль строки в описанном в данной статье автомате осуществлена как дополнение следующая схема отсчета. Опорные импульсы, сформированные с помощью штриховой решетки и следующие с периодом, соответствующим шагу штриховой решетки (т.е.  $\Delta x = 60$  мк), запускают интерполяционный генератор. Интерполяционный генератор делит период между опорными импульсами на равновременные отрезки. Частота следования импульсов интерполяционного генератора в 20-25 раз выше частоты следования опорных импульсов от штриховой решетки. Период следования опорных импульсов непостоянен во времени и меняется в пределах порядка 10% <sup>/5/</sup>. Поэтому на интерполяционный счетчик (рис.4) в разных случаях за время между двумя соседними опорными импульсами будет поступать разное число импульсов от интерполяционного генератора. Измеряя в каждом случае это число, можно определять масштаб цены отсчета на участке между этими опорными импульсами. Отсчет координаты  $X$  начала трека будет определяться выражением:

$$X = n \cdot \Delta x + \frac{\Delta x}{r} \cdot \nu, \quad (3)$$

где  $n$  - число опорных импульсов, оно соответствует числу шагов штриховой решетки, пройденных световым пятном от начала отсчета по строке до встречи с передним краем трека;  $\Delta x$  - шаг штриховой решетки;  $r$  - число импульсов интерполяционного генератора, уложившееся во время между  $n$  и  $n+1$  опорными импульсами;  $\nu$  - число импульсов интерполяционного генератора, уложившееся во время между  $n$  опорным импульсом и передним



краем трека. Задачей автомата является измерение чисел  $a$ ,  $r$  и  $v$ . Будем называть эти числа соответственно "кодом  $X_n$ ", "кодом  $X'_{он}$ " и "кодом  $X'_n$ " (рис.4). Аналогично, при измерении координат конца трека получаем "код  $X_k$ ", "код  $X'_{ок}$ " и "код  $X'_k$ ". Эти коды передаются в ЭВМ.

Факторами, обуславливающими непостоянство во времени периода опорных импульсов, сформированных с помощью штриховой решетки, являются:

- 1) нелинейность строчной развертки;
- 2) нестабильность скорости развертки;
- 3) влияние дисторсии раstra в направлении строки;
- 4) влияние наводки электрической сети;
- 5) влияние конечной яркости светового пятна и неравномерность свечения экрана ЭЛТ;
- 6) влияние шумов ФЭУ.

Изменением воздействия первых четырех факторов на период между опорными импульсами при прохождении световым пятном текущего шага штриховой решетки  $\Delta x = 60$  мк при отсчете координат согласно формуле (3) можно пренебречь (слишком мало время прохождения световым пятном отрезка  $\Delta x = 60$  мк и слишком мал сам отрезок). Ввиду малости можно пренебречь также значением самой цены отсчета интерполяционного генератора. Остаются только "быстро" меняющиеся факторы 5 и 6, которые и будут определять точность отсчета координат. Оценивая воздействия каждого из четырех отброшенных факторов на непостоянство периода опорных импульсов в пределах 2-5%, можно ожидать в этом случае определенного повышения точности отсчета.

С целью оценки возможности повышения точности при данной схеме отсчета координат были проведены измерения разброса временных интервалов между опорными импульсами, соответствующими прохождению световым пятном соседних двух-трех шагов штриховой решетки. При этом предполагалось, что воздействием первых четырех указанных факторов можно по-прежнему пренебречь. Результаты измерения показали, что возможно достижение точности отсчета координат вдоль строки, характеризуемой среднисквадратичной ошибкой порядка 5 мк.

Несомненный интерес представляет также поиск оптимального шага штриховой решетки при данном методе отсчета. Увеличивая шаг ( $a$  вместе с ним

и ширину прозрачных и непрозрачных реперных линий) решетки до момента, когда начнут сказываться "медленно" меняющие свое воздействие факторы 1-4, можно увеличить световой поток, приходящий на ФЭУ за время прохождения сканирующим световым пятном прозрачной реперной линии, и, таким образом, уменьшить влияние на ошибку измерения факторов 5 и 6.

Решение второго из указанных в начале параграфа вопросов - увеличение площади сканируемого снимка до размера  $35 \times 140 \text{ мм}^2$  - связано со следующими проблемами:

1) необходимостью создания соответствующего фокусирующе - отклоняющего комплекса;

2) необходимостью создания объектива, обеспечивающего проецирование столь большого растра при сохранении достаточно высокого разрешения по полю.

Простейшим решением этого вопроса является сканирование снимка по частям, например, растром размером  $35 \times 70 \text{ мм}^2$ . В этом случае 2 проблема отпадает, а 1 существенно упрощается. Недостатком является необходимость дополнительно затрачивать время на протяжку пленки по частям снимка.

Увеличить площадь сканирования до необходимого размера можно также путем создания специальных оптических систем, которые могут проецировать растр с экрана ЭЛТ одновременно на соседние участки снимка. Две такие оптические схемы, решающие указанную задачу и, по мнению авторов, наиболее просто реализуемые, будут рассмотрены.

На рис.9 показана схема с зеркальным оптическим туннелем. Здесь: 1 - экран ЭЛТ, 2 - плоские зеркала, 3 - проекционный объектив, 4 - плоскость измеряемого снимка, 5 - конденсоры (каждый конденсор проецирует выходной луч объектива на отдельный фотоумножитель), 6 - фотоумножитель.

Если применять оптический зеркальный туннель с прямоугольным сечением, показанным на рис.10а, получим пять изображений растра в плоскости снимка. Расположение проекций и направление сканирования на каждой проекции показано на рис.10б. Проекцию растра с индексами 2,3,4 можно использовать для измерения снимка (или снимков), а проекции 1 и 5 - для измерения координаты сканирующего луча (каналы штриховой решетки и диагональной линии).

Основным недостатком такой схемы является то, что между соседними проекциями растра остается непокрытое поле небольшой ширины (может быть

меньше одного миллиметра). Естественно, что изображение, попадающее в это поле, не может быть измерено.

Многообъективная оптическая система (рис.11) позволяет получить проекции раstra на измеряемом снимке с перекрытием. На рис.11 приняты следующие обозначения: 1 - экран ЭЛТ, 2 - проекционные объективы, 3 - плоскость снимка, 4 - конденсор ( конденсор проецирует выходной зрачок каждого объектива на отдельный фотоумножитель), 5 - фотоумножитель.

Установив два дополнительных объектива в плоскости, перпендикулярной рисунку, можно получить проекции раstra на штриховую решетку и диагональную линию.

Требование перекрытия проекций раstra накладывает ограничения на световой диаметр объективов системы. Относительное отверстие объективов такой системы, по-видимому, будет меньше  $1/10$  при увеличении  $1:1$ .

Обе описанные оптические системы позволяют получить при растре на экране ЭЛТ порядка  $50 \times 50 \text{ мм}^2$  сканируемое поле, достаточное для решения большинства измерительных задач, возникающих при обработке फिल्मовой информации, включая рассматриваемую в данном параграфе задачу по обмеру снимков с магнитного искрового спектрометра.

Достоинством предложенных схем является также то, что увеличивается скорость съема информации со снимка без увеличения скорости движения сканирующего пятна по экрану ЭЛТ. Как известно, чем выше скорость движения сканирующего пятна, тем хуже отношение сигнал/шум, кроме того, скорость движения пятна по экрану ЭЛТ ограничена послесвечением экрана.

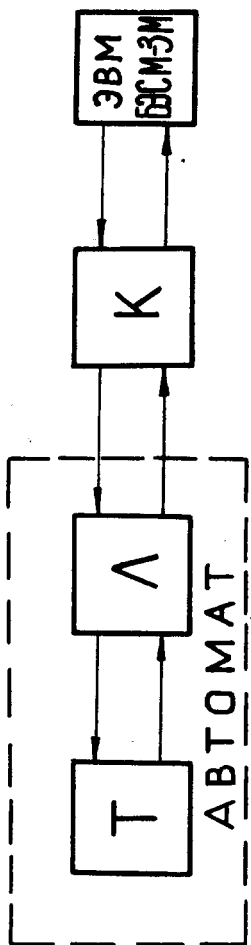
Авторы благодарят А.Ф.Писарева, М.И.Попова, А.А.Тяпкина за помощь, оказанную при проведении исследовательских работ в 1964-66 годах, а также Н.Н.Говоруна, Г.И.Забиякина, В.Д.Инкина, Ю.А.Каржавина и М.Г.Мешерякова за внимание и поддержку при создании автомата в 1966-67 годах.

#### Л и т е р а т у р а

1. В.Н.Шкунденков. Препринт ОИЯИ Р-2057, Дубна 1965.
2. В.В.Ермолаев, А.Д.Злобин, В.Н.Шигаев, В.Н.Шкунденков. Препринт ОИЯИ 10-3483, Дубна 1967.

3. Е.Д.Городничев, Г.М.Кадыков, А.П.Кретов, О.К.Нефедьев, В.Н.Садовников, В.Н.Шигаев, Препринт ОИЯИ 10-3510, Дубна 1967.
4. А.Я.Астахов, В.В.Ермолаев, В.Д.Инкин, Г.М.Кадыков, Ю.А.Каржавин, А.Е.Селиванов, Хон Ген Ха. Препринт ОИЯИ Р10-3598, Дубна 1967.
5. М.И.Попов, В.Н.Шигаев, В.Н.Шкунденков. Препринт ОИЯИ Б2-3481, Дубна 1967.
6. З.Д.Грицкий, А.Д.Педаа, В.Н.Шкунденков, Препринт ОИЯИ 2844, Дубна 1966.
7. А.Д.Злобин, А.А.Сафрошкина, В.Н.Шкунденков. Препринт ОИЯИ 2845, Дубна 1966.
8. А.Д.Злобин, В.Н.Шигаев, В.Н.Шкунденков, А.А.Шуравин. Препринт ОИЯИ Б1-10-3411, Дубна 1967.
9. В.Я.Алмазов, И.А.Голутвин, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.Д.Неустроев, В.Д.Степанов. Препринт ОИЯИ 1352, Дубна 1963.
10. Р.Анджеяк, Е.М.Андреев, А.П.Бирюков, И.М.Василевский, В.В.Вишняков, Ю.Н.Зыкин, З.Женчикевич, Н.Д.Крахотин, В.И.Никаноров, А.Ф.Писарев, Н.С.Толстой, А.А.Тяпкин, В.М.Шешунов. Препринт ОИЯИ 13-3588, Дубна 1967.
11. В.И.Бондаренко и др. Препринт ОИЯИ 10-3426, Дубна 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 декабря 1967 года.



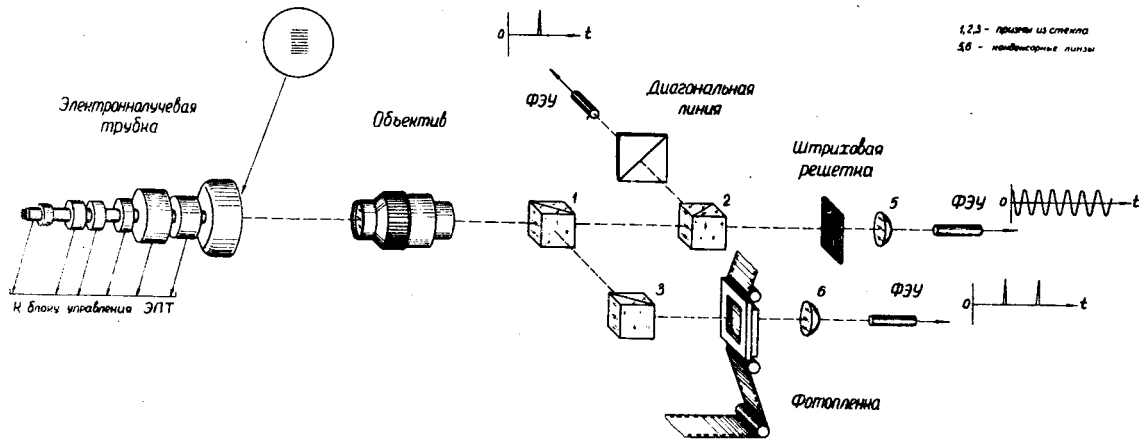
**Блок-схема автомата**

**Т** — телевизионная часть

**Л** — логическая часть

**К** — коммутационное устройство

Рис.1.



Оптическая схема сканирующего автомата на электронно-лучевой трубке

Рис.2.

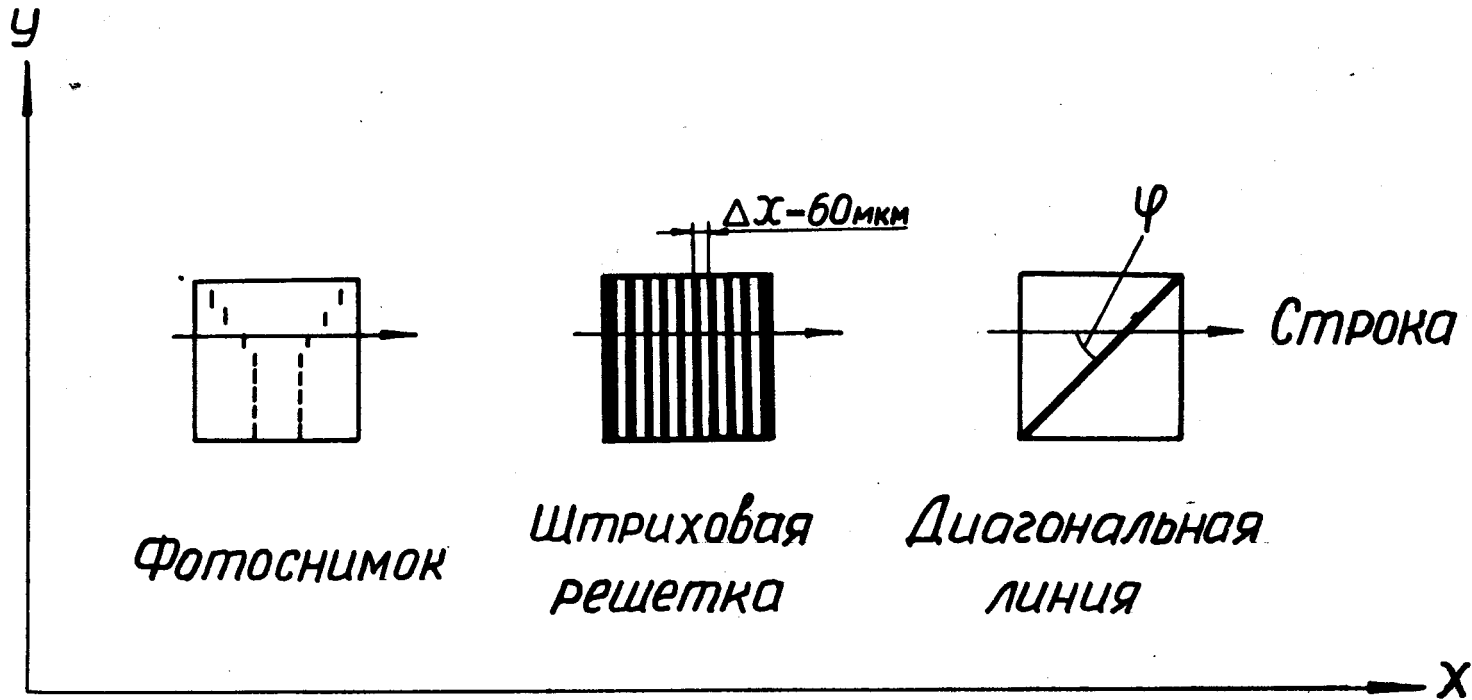


Рис.3.

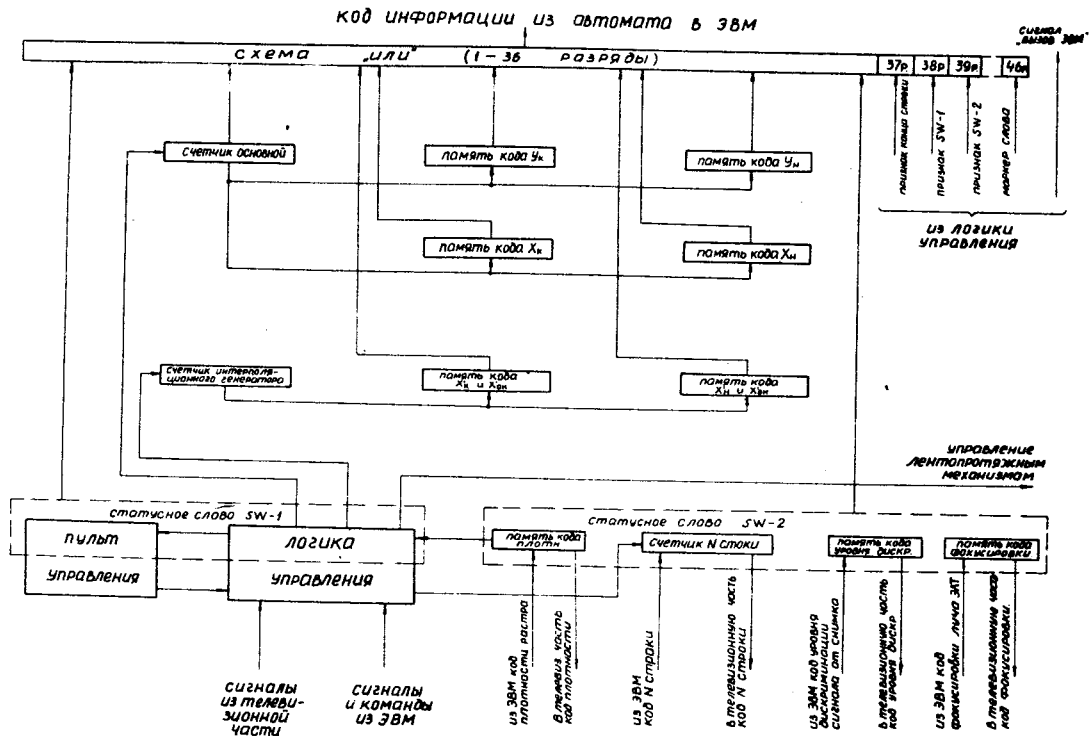


Рис.4. Блок-схема логической части автомата.

24



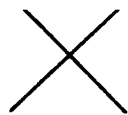
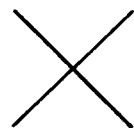
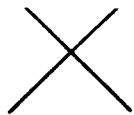


Рис.5а.

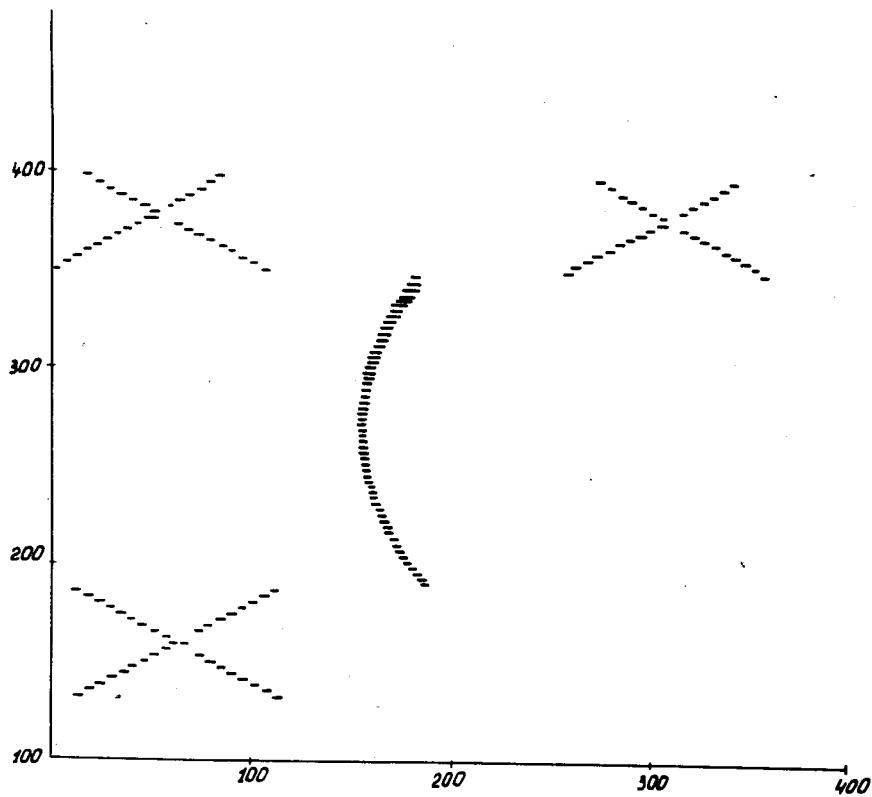


Рис.5б.

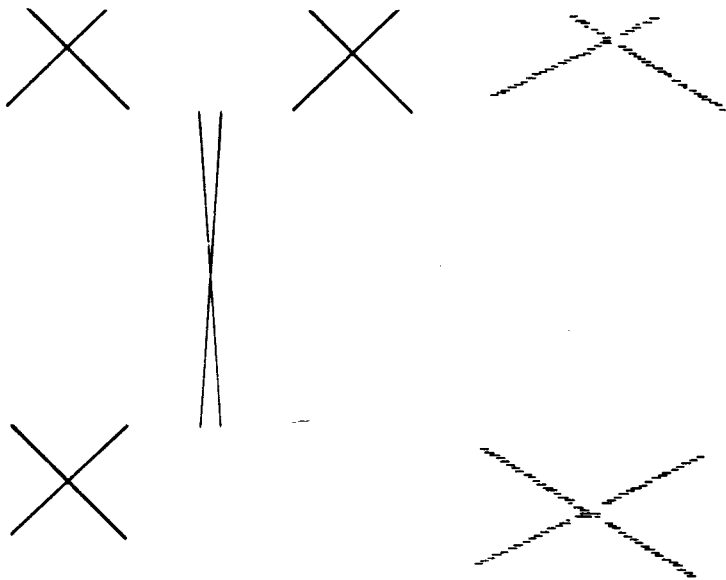


Рис.8а.



Рис.8б.

79079

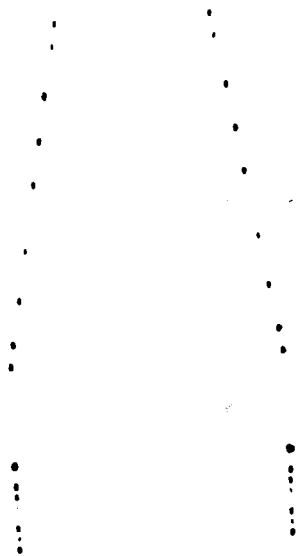


Рис.7а.

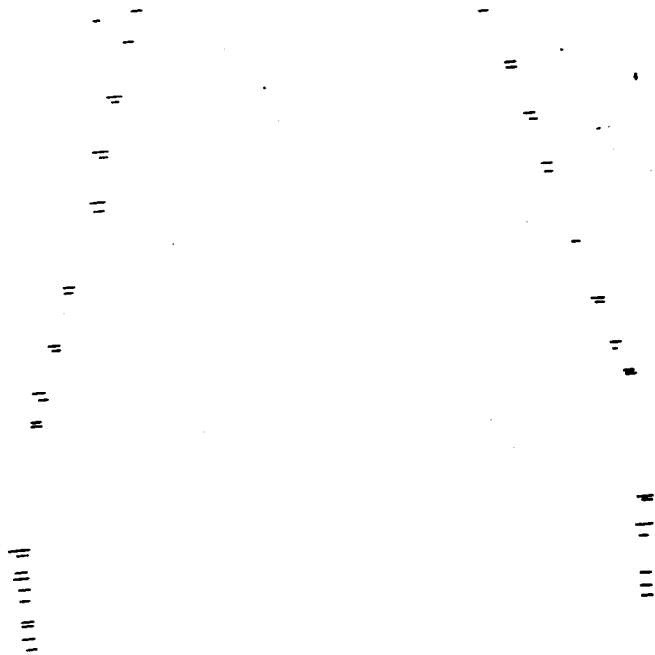


Рис.7б.

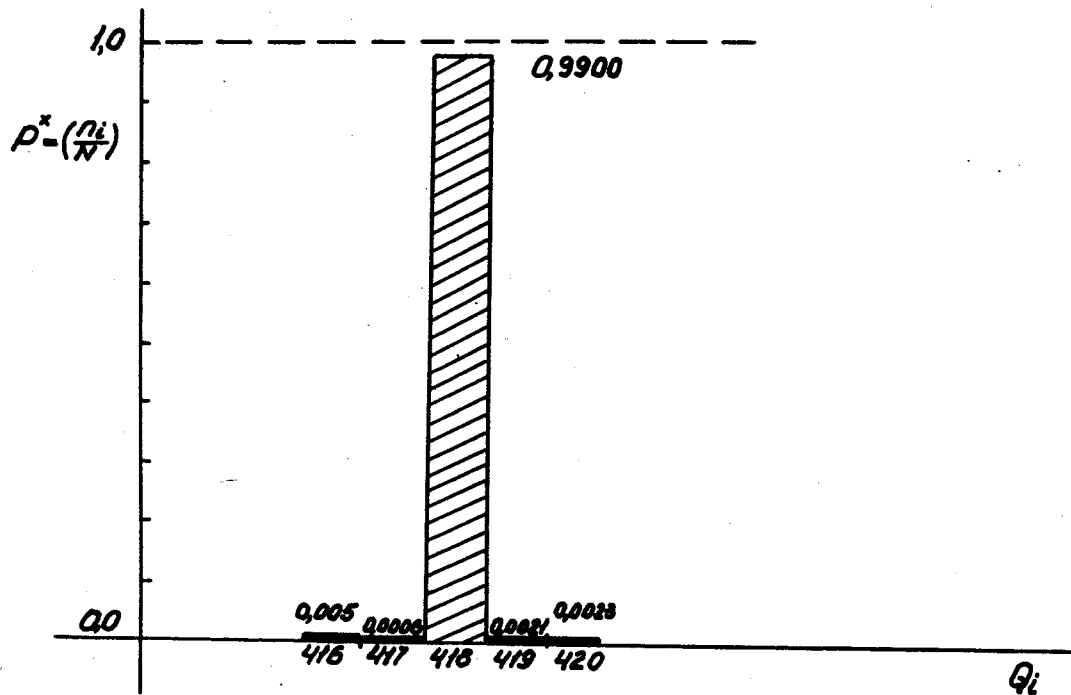


Рис.8.

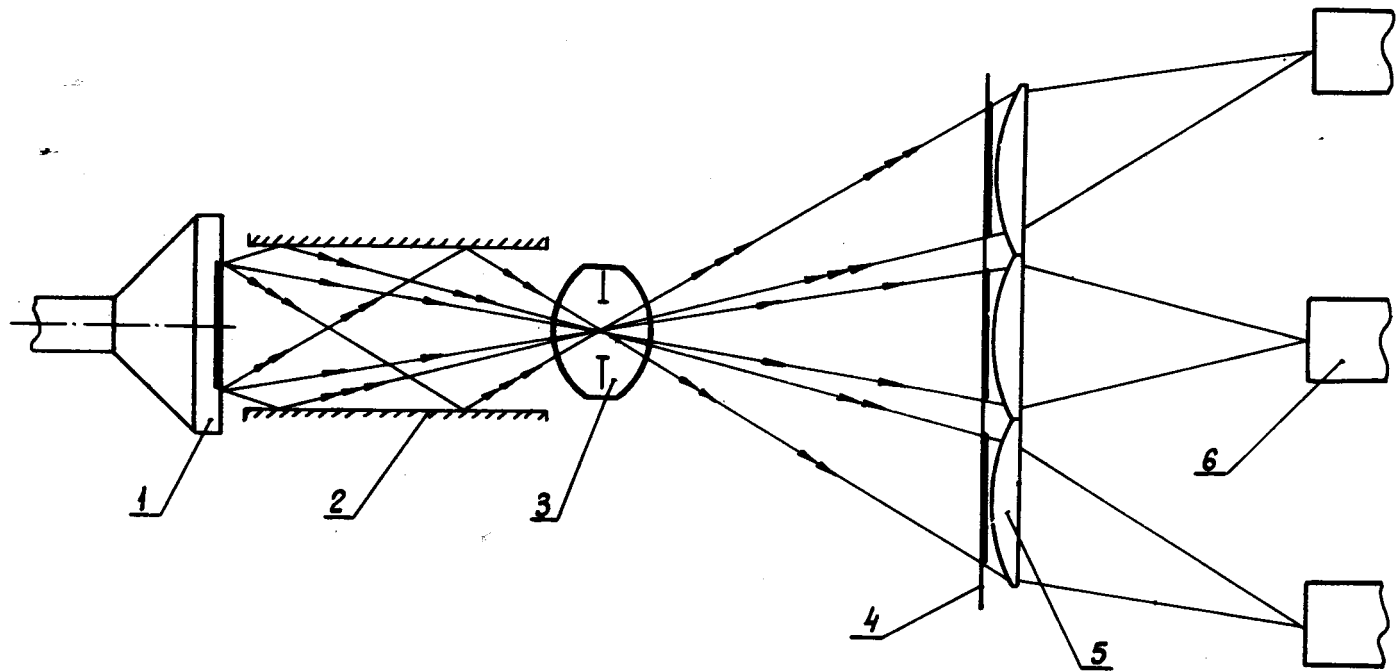
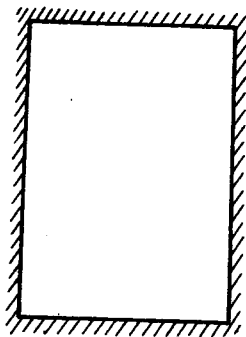
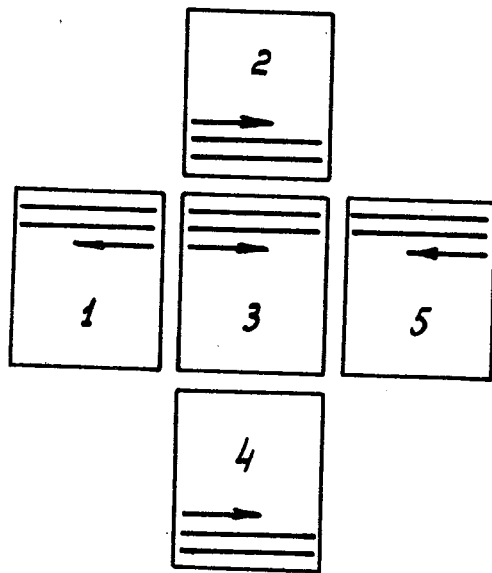


Рис.8.



a)



b)

Рис.10.

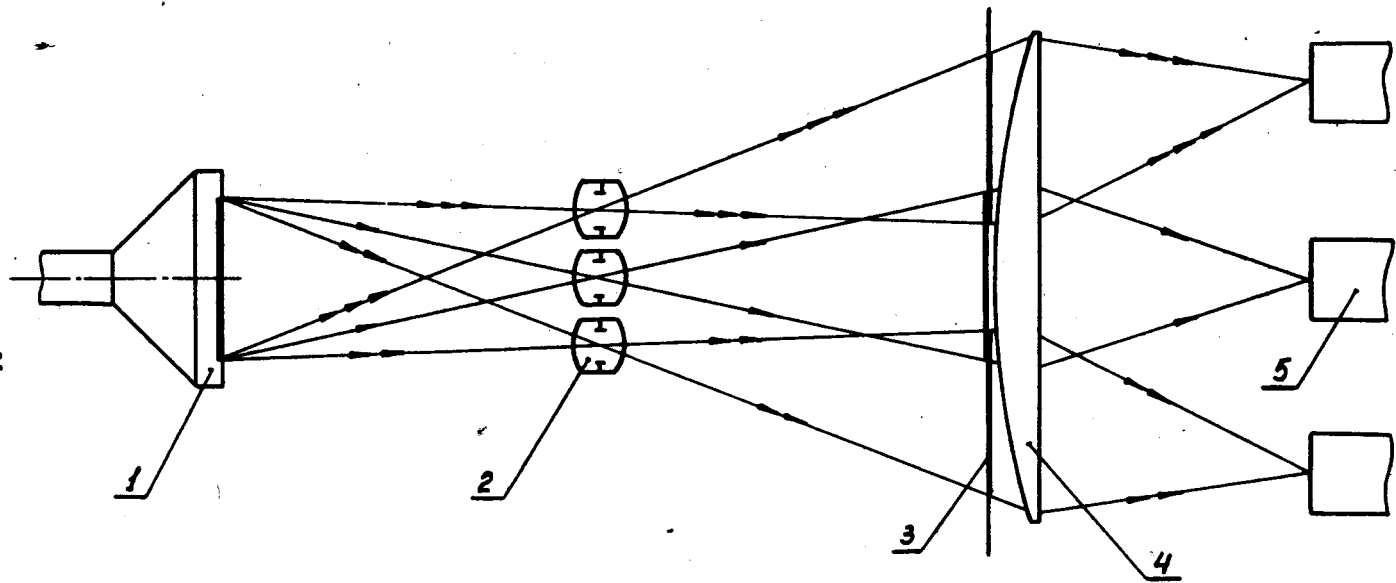


Рис.11.

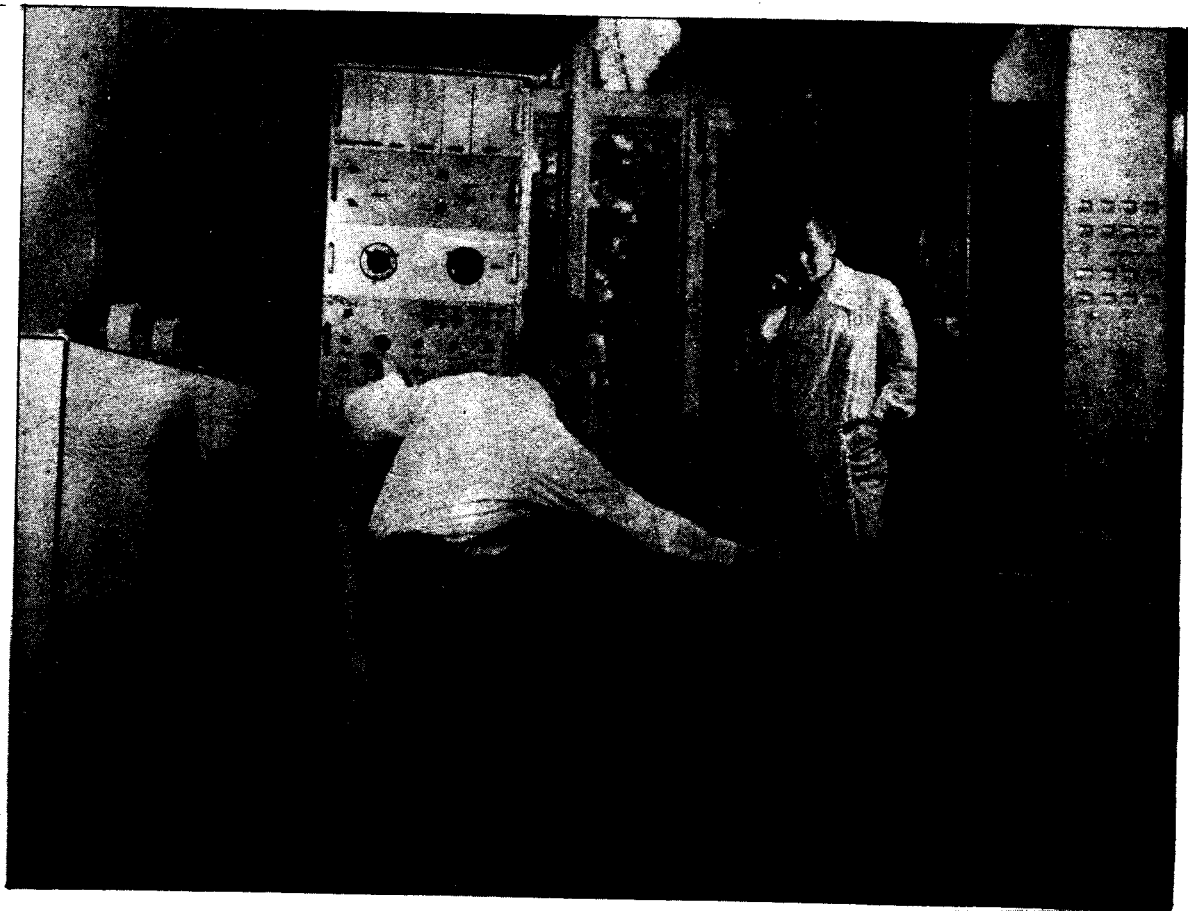


Рис.12. Общий вид автомата.



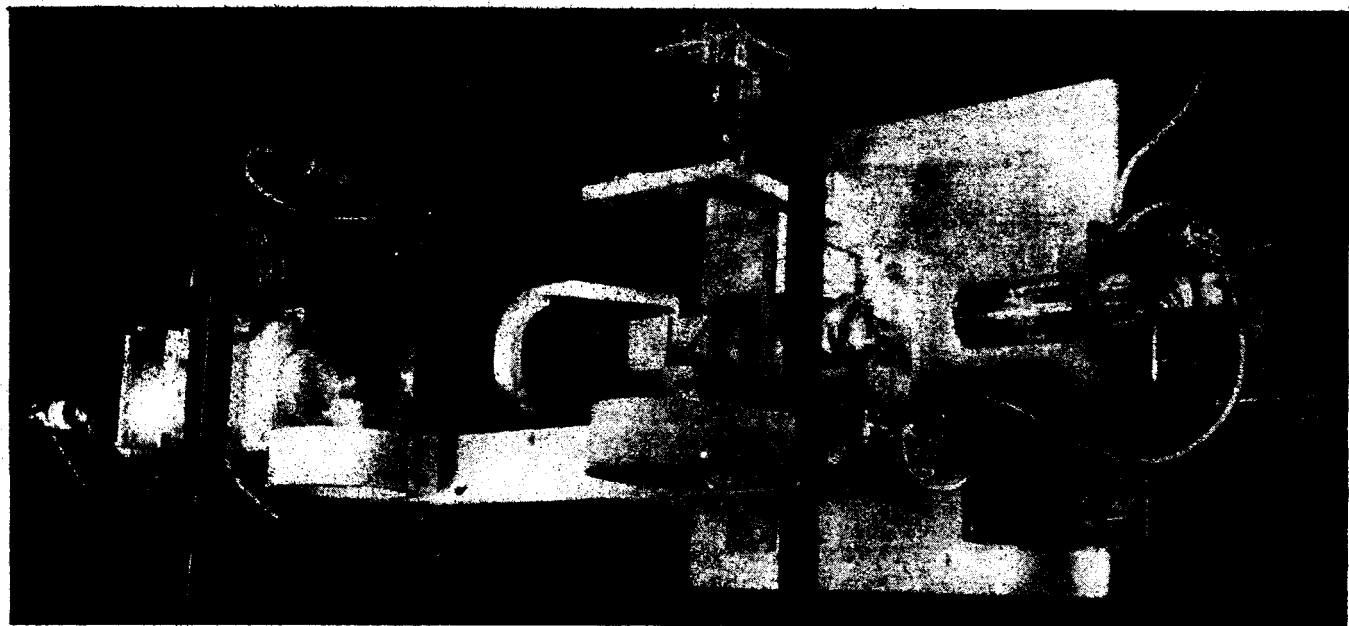


Рис.13. Вид оптического узла автомата (при снятых крышках).

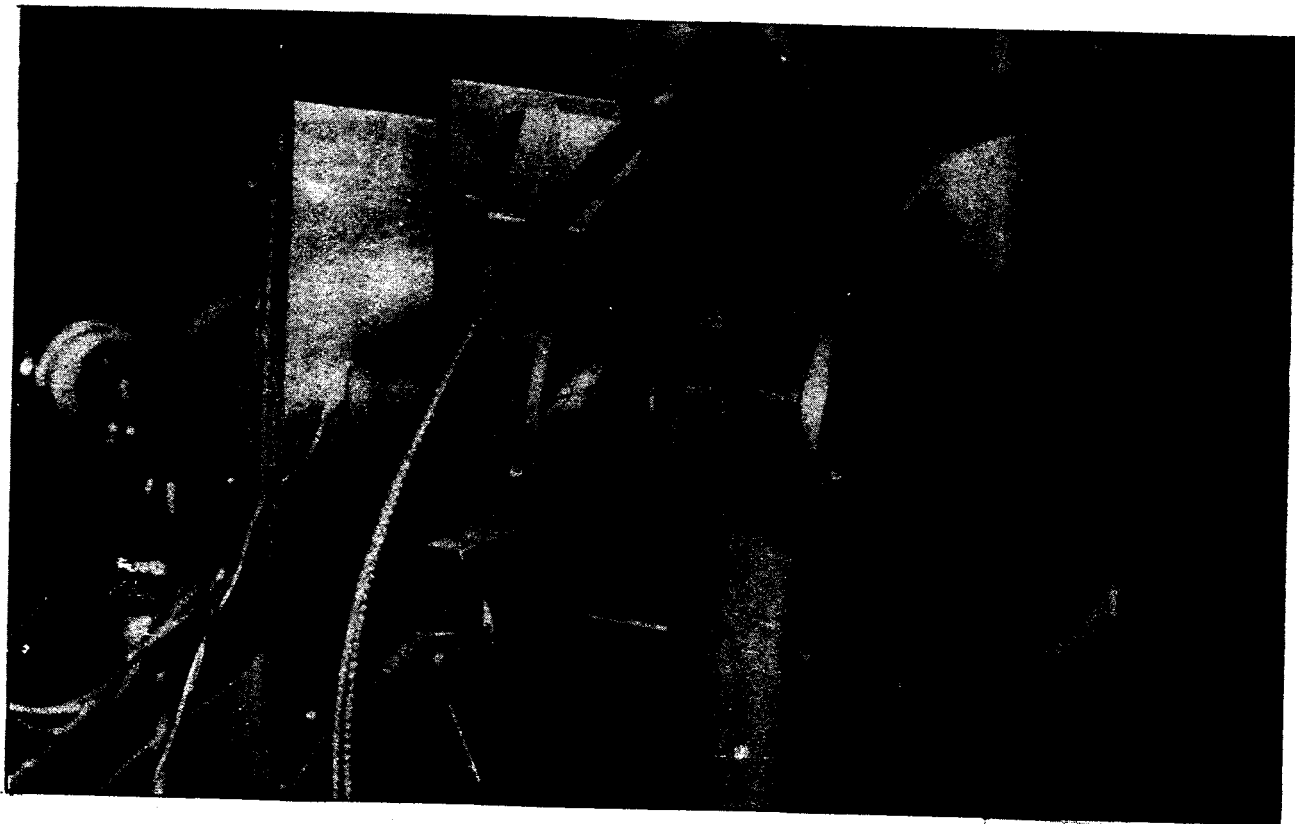


Рис.14. Узел электронно-лучевой трубки.

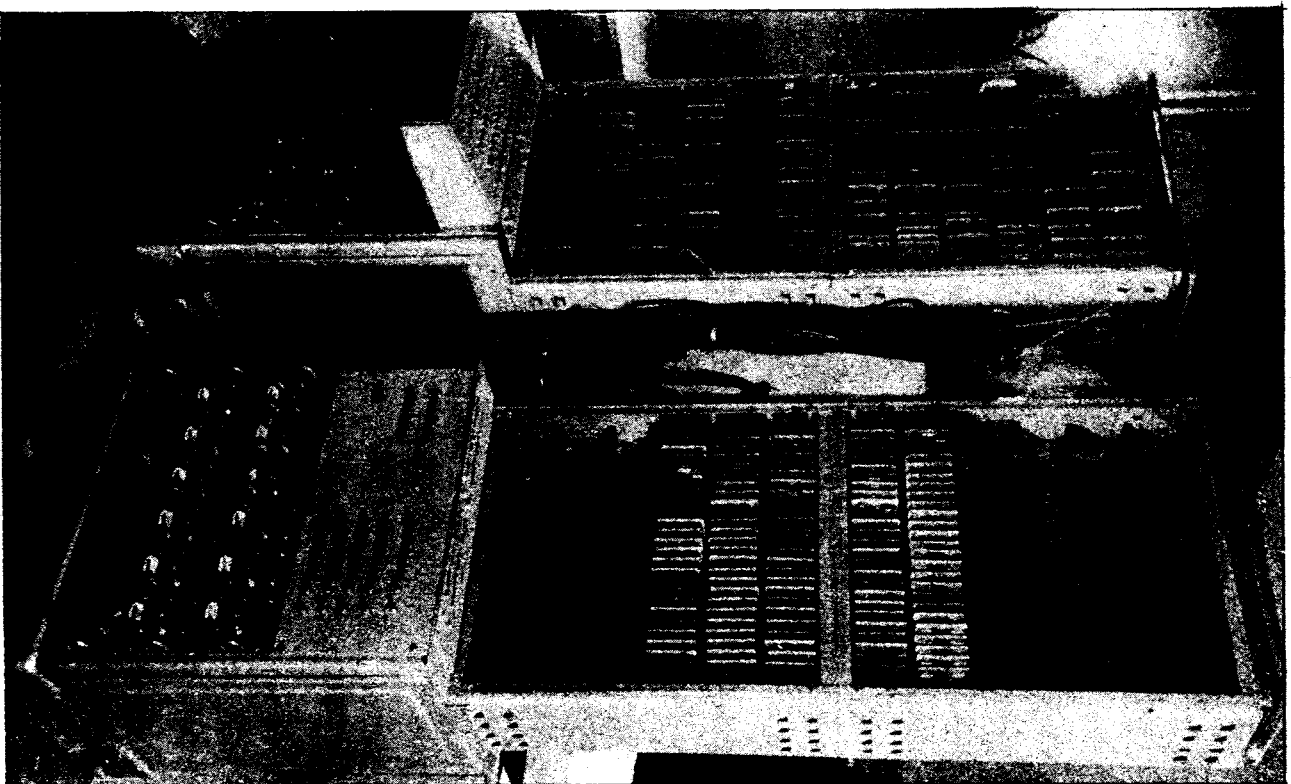


Рис.15. Логическая часть автомата.