

Ц. 840 + 46840
К-238
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

147-17
10 - 3055



А.А. Карлов, Р.В. Малышев

ГРАФИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО
НА БАЗЕ ДВУХКООРДИНАТНОГО
РЕГИСТРИРУЮЩЕГО ПРИБОРА
И ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ
ЧИСЛОВОГО МАТЕРИАЛА

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

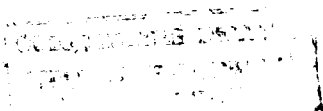
1966

10 - 3055

А.А. Карлов, Р.В. Малышев

ГРАФИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО
НА БАЗЕ ДВУХКООРДИНАТНОГО
РЕГИСТРИРУЮЩЕГО ПРИБОРА
И ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ
ЧИСЛОВОГО МАТЕРИАЛА

179.87, 28



При решении широкого круга задач результаты представляют собой некоторые зависимости одной величины от другой. При использовании вычислительных машин эти зависимости выдаются заказчику в виде таблиц. Очевидно, что при табличном представлении зависимости одной величины от другой затрудняется оперативный анализ полученных результатов, выявление закономерностей и особенностей. Поэтому удобно и полезно получать решение в виде графика, по которому сразу можно сделать качественные выводы относительно полученных результатов. Построение графических зависимостей вручную по табличным данным требует больших затрат труда и времени. Поэтому при решении такого рода задач весьма желательно наличие устройства, способного автоматически по данным, получаемым из ЭЦВМ, строить графические зависимости.

1. Графическое устройство на базе двухкоординатного регистрирующего прибора

1. Назначение графического устройства

В вычислительном центре ОИЯИ разработано графическое устройство на базе двухкоординатного регистрирующего прибора, предназначенное для автоматического вычерчивания на планшете в виде графика зависимостей вида

$$y = f(x).$$

Построение зависимостей может производиться в виде непрерывной кривой или по точкам.

Координаты x и y вводятся в устройство со стандартных перфокарт с помощью читающего устройства. Кроме того, в устройстве предусмотрена возможность работы в режиме равномерной развертки по координате x независимо от кодов координаты x на перфокарте.

В графическом устройстве используется линейная интерполяция, что позволяет получать не только точные значения координат, заданные на перфокартах, но и с определенной точностью их промежуточные значения.

2. Технические характеристики

Ниже приведены основные технические характеристики графического устройства.

1. Ввод координат x и y с помощью перфокарт
2. Тип вводимой информации 10-разрядные двоичные числа без знака
3. Скорость ввода 7 пкф/мин
4. Число пар координат на одной перфокарте 12
5. Зависимость $y=f(x)$ вычерчивается на миллиметровой бумаге с рабочими размерами
 - по координате x 512 мм
 - по координате y 409,6 мм
6. Размер бумаги для записи 480 x 590 мм
7. Толщина записи 0,5 мм
8. Максимальная статистическая погрешность записи графика от полной шкалы с учетом погрешности преобразователя $\pm 0,5\%$
9. Максимальная динамическая погрешность $\pm 0,5\%$
10. Питание устройства 220 в, 50 гц;
110 в, пост. (ЧУ)
220 в, 50 гц
трехфазн. (ЧУ)
11. Диапазон рабочих температур $+10^{\circ} +40^{\circ}\text{C}$
12. Потребляемая мощность (без ЧУ) 0,7 квт

3. Состав

В графическом устройстве можно выделить три части: читающее устройство (ЧУ), каналы преобразования с местным устройством управления и двухкоординатный регистрирующий прибор (ДРП).

Читающее устройство (ЧУ). Читающее устройство предназначено для построчного считывания информации, записанной на стандартных 80-колонных перфокартах, и выдачи ее в виде электрических импульсов.

Чтобы обеспечить нормальную работу ДРП, производительность ЧУ с помощью редуктора понижена до 7 пкф/мин.

Информация, предназначенная для ввода в графическое устройство, располагается на перфокарте определенным образом. Все необходимые преобразования информации (компоновка, выбор масштабов, присвоение признаков и т.п.) выполняет стандартная программа, к которой может быть произведено обращение после решения задачи.

Порядок расположения информации на перфокарте представлен в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Название	Назначение	Расположение /№, № кол./	Примечание
ОМ	Признак наличия информации в строке	18	
ВМ	Признак конца графика	80	В строке располагается контрольная сумма
X	Дискретные значения координат	65, 64, 62, 61, 60,	Используется 10 р. адреса A_2
Y		59, 57, 56, 55, 54	
		77, 76, 75, 74, 72,	Используется 10 р. адреса A_3
		71, 70, 69, 67, 66	
ОП	Признак "опустить перо"	47 и /или/ 44	0001, 0010 или 0011 по адресу A_1
ПП	Признак "поднять перо"	46 и /или/ 42	0002, 0020 или 0022 по адресу A_1
ПТ	Признак "поставить точку"	45 и /или/ 41	0004, 0040 или 0044 по адресу A_1

Каналы преобразования с местным устройством управления. Числовая информация из ЧУ поступает в каналы преобразования коор-

динаты x и координаты y . Каналы обеспечивают преобразование поступающих дискретных значений координат в аналоговые напряжения с линейной интерполяцией между точными значениями. Диапазон изменения выходных напряжений (0-10) в для обоих каналов.

Управляющая информация поступает из ЧУ в местное устройство управления (МУУ), которое обеспечивает:

- а) управление каналами преобразования;
- б) управление подачей перфокарт в ЧУ;
- в) управление работой пера ДРП;
- г) возврат в исходное положение по признаку "конец графика".

Двухкоординатный регистрирующий прибор (ДРП). Двухкоординатный регистрирующий прибор предназначен для записи на планшете в виде графика зависимостей вида

$$y = f(x),$$

где переменные x и y представляются напряжениями постоянного тока.

Прибор состоит из двух астатических следящих систем потенциометрического типа, блока питания, панели управления, рабочего стола, вакуумного устройства для обеспечения крепления бумаги на столе, чернильницы с пером и кинематической системы, обеспечивающей перемещение пера в плоскости двух координат.

Входные напряжения координат поступают на электронные усилители следящих систем, с помощью которых эти напряжения преобразуются в пропорциональный угол поворота на выходных осях следящих систем. Выходные оси следящих систем, каждая через свою кинематическую цепь, связаны одна с пером, осуществляющим запись на графике по оси "у", а вторая с кареткой, осуществляющей запись на графике по оси "х".

При работе ДРП в составе графического устройства по обеим координатам используются шкалы (0-+10) в.

4. Принцип работы

Блок-схема графического устройства представлена на рис. 1.

Канал x отличается от канала y тем, что в нем предусмотрена воз-

можность работы в режиме равномерной развертки по координате x . В общем случае оба канала работают аналогично.

Рассмотрим работу одного канала. Пусть в регистре P2 находится текущее значение координаты (в исходном положении регистр P2 находится в нулевом состоянии). Параллельный 10-разрядный код очередной координаты поступает на регистр P1. Вычитая из содержимого регистра P2 содержимое регистра P1, функциональный сумматор CM формирует величину приращения координаты и его знак. С некоторой задержкой по отношению к моменту поступления кодов координат по импульсу СИ из ЧУ запускается МУУ, которое фиксирует прямой код приращения и его знак в 11-разрядном регистре P3.

Одновременно запускается блок МУУ, обеспечивающий для каждого канала формирование необходимого числа интерполирующих импульсов в соответствии с величиной приращения, которое хранится в регистре P3 данного канала.

С выхода этого блока интерполирующие импульсы поступают на счетный вход регистра P2, который представляет собой реверсивный счетчик, работающий в режиме сложения или вычитания в зависимости от знака приращения. Таким образом, в конце каждого такта в регистре P2 устанавливается код координаты, поступившей в начале такта в регистр P1. При этом изменение содержимого регистра P2 происходит непрерывно в том смысле, что в любой момент времени содержимое регистра P2 изменяется не более, чем на единицу.

Регистр P2 нагружен на преобразователь "код-аналог". Преобразователь "код-аналог" представляет собой 11-разрядный преобразователь параллельного действия с суммированием токов на цепной линии типа R-2R. Десять разрядов преобразователя используются для преобразования текущего значения координаты, которое находится в регистре P2, а 11-й разряд - для компенсации погрешности следящей системы ДРП, возникающей из-за люфта и трения. Каждый разряд преобразователя выполнен по схеме стабилизатора тока с ключом. Подбор элементов матрицы с высокой точностью, использование кремниевых триодов (типа П106 и П102) и их отбор по параметрам позволили получить погрешность преобразования $\approx 0,3\%$.

Выходное напряжение с преобразователя подается на соответствующий вход следящей системы ДРП и обрабатывается в виде перемещения каретки или пера.

Построение зависимости $y = f(x)$ может производиться либо по точкам, либо в виде непрерывной кривой. Выбор способа построения осуществляется соот-

ветствующим обращением к стандартной программе при выводе данных из вычислительной машины. Кроме того, в графическом устройстве предусмотрена возможность задания режима работы пера с панели управления вне зависимости от признаков, имеющихся на перфокартах.

В режиме построения по точкам движение между точными значениями координат (заданными на перфокартах) производится с поднятым пером. В конце каждого такта, когда очередная пара координат отработана, по признаку "поставить точку" (ПТ) ставится точка подачей кратковременного импульса напряжения на обмотку электромагнита пера.

При необходимости построить непрерывную кривую после того, как отработана первая пара координат, по признаку "опустить перо" (ОП) на электромагнит пера подается напряжение, и перо опускается. Движение с опущенным пером продолжается до тех пор, пока не поступит признак "поднять перо" (ПП) или признак "конец графика" (ВМ). В этом случае напряжение с электромагнита пера снимается, и перо поднимается.

По признаку "конец графика" (ВМ) МУУ обеспечивает режим вычитания для регистра $P2x$ и $P2y$ до тех пор, пока оба регистра не перейдут в нулевое состояние. За счет этого осуществляется плавный возврат каретки и пера в исходное положение.

Масштабы координат x и y могут быть выбраны автоматически стандартной программой, которая обеспечивает максимальное использование рабочего поля. Однако в экспериментальных данных встречаются случаи, когда среди полученного массива есть точки, которые, не представляя практического интереса, влияют на выбор масштаба кривой в целом. В этом случае при автоматическом выборе масштаба может оказаться, что полезный участок кривой будет выражен слабо. Чтобы избежать этого, при обращении к стандартной программе указывают желаемые масштабы по осям координат. Стандартная программа ограничивает координаты, выходящие за разрядную сетку, максимальным значением.

С целью улучшить характеристики переходного процесса следящей системы ДРП и повысить точность обработки координат при больших приращениях в графическом устройстве помимо основного (малого) такта работы МУУ используется так называемый большой такт. Приращения координат меньше $1/8$ максимального значения отрабатываются в течение малого такта, длительность

которого составляет ≈ 450 мсек. В этом случае подача карт в ЧУ происходит непрерывно. В случае, если приращение хотя бы одной координаты будет $\geq 1/8$ максимального значения, МУУ формирует сигнал "большое приращение" (БП), по которому прекращается подача карт в ЧУ и происходит переключение на работу с большим тактом. Длительность большого такта составляет ≈ 2400 мсек. В конце большого такта сигнал БП снимается, возобновляется подача карт, и из ЧУ поступает следующая пара координат.

В конце каждого такта работы МУУ производится установка в нулевое состояние регистров $P1x$ и $P1y$ и само МУУ возвращается в исходное положение.

5.0 конструктивном выполнении графического устройства

ЧУ и ДРП являются серийными устройствами.

Каналы преобразования и местное устройство управления смонтированы в стандартной стойке, разработанной в ОИЯИ. Вся логика выполнена на основе унифицированной потенциальной системы элементов, используемой в вычислительных машинах серии "Урал". Исключение составляет преобразователь "код-аналог", специально разработанный для графического устройства. Незначительный разброс режимов работы стабилизаторов тока преобразователя позволил изготовить их в модульном исполнении как стандартные элементы. Для монтажа стабилизаторов тока использованы платы, предназначенные для модуля типа "Г". Модуль со стабилизатором тока имеет условное название - модуль типа "Пр". Преобразователь одного канала монтируется в типовой ячейке. Сопротивления матрицы расположены на монтажной плате, а переменные сопротивления для оперативной регулировки рабочего тока стабилизаторов старших четырех разрядов вынесены на переднюю панель ячейки.

Стандартная стойка представлена на рис. 2. Здесь: 1 - вентиляционный блок; 2 - блоки питания; 3 - блоки ячеек; 4 - панель управления; 5 - тележка; 6 - тумблер "Сеть"; 7 - тумблер "Вентиляция".

Блок ячеек представляет собой металлический сварной каркас, в котором размещаются 12 стандартных ячеек. Межблочная связь осуществляется

через два 30-контактных разъема ножевого типа, а при необходимости и через дополнительные разъемы.

II. Программа преобразования числового материала

1. Общие сведения о программе

Преобразование числового материала из двоичного кода машины М-20 в код графического устройства, присвоение признаков и пробивка кодов на перфокартах осуществляется в ЭЦВМ с помощью специальной программы.

Программа оформлена как стандартная (СП) в системе ИС-2 для машины М-20.

Длина программы $n = 410_{(8)}$ кодов.

В качестве рабочих ячеек СП использует только ячейки 0001-0010, а также пять ячеек, указанных в строках обращения к СП: $\langle N \rangle$, $\langle x_0 \rangle$, $\langle y_0 \rangle$, $\langle M_x \rangle$, $\langle M_y \rangle$. Накопление преобразованного числового материала производится непосредственно на буфере.

К другим СП данная программа не обращается. Указанные выше рабочие размеры листа 512 x 400,8 мм программой округляются до 500 x 400 мм.

2. Обращение к СП

Если требуется группу из m -графиков вычертить в одном общем для них масштабе и в одной системе координат, то в обращении к СП нужно заполнить $2m+3$ строки. Последняя пара строк должна содержать соответствующие признаки конца информации. В процессе работы СП предполагается, что в МОЗУ машины уже находятся в двоичном коде все m пар таблиц координат

$$\{ x_i^{(k)} \}, \{ y_i^{(k)} \}; i = 1, 2, \dots, n_k; k = 1, 2, \dots, m$$

n_k - количество координат в одной таблице, $n_k \leq 511$, m - количество пар таблиц (графиков), m - не ограничено.

$k-1$	16	k	7501	7610	
k	$\pi_1 0 \pi_3$	Φ	$\langle x_0 \rangle$	$N_{сп}$	$\langle M_x \rangle$
$k+1$	$\pi_1 0 \pi_3$	M	$\langle y_0 \rangle$	$\langle N \rangle$	$\langle M_y \rangle$
$k+2$	$\pi_1 00$	p	$\langle x_1^{(1)} \rangle$	n_1	$a_x^{(1)}$
$k+3$	$\pi_1 00$	p	$\langle y_1^{(1)} \rangle$		$a_y^{(1)}$
$k+4$	$\pi_1 00$	$p+k$	$\langle x_1^{(2)} \rangle$	n_2	$a_x^{(2)}$
$k+5$	$\pi_1 00$	$p+k$	$\langle y_1^{(2)} \rangle$		$a_y^{(2)}$

Первый график

Последний график

Строки k и $k+1$ содержат информацию о размещении графиков на листе масштабах по осям и выборе начала системы координат.

Каждому графику соответствует пара строк

$$k+2 \quad k+3, \dots, k+2+m \quad k+3+m.$$

$\langle M_x \rangle$, $\langle M_y \rangle$, $\langle x_0 \rangle$, $\langle y_0 \rangle$ - адреса ячеек, в которых находятся заданные величины масштабов по осям M_x , M_y и координаты x_0 , y_0 начала отсчета координат x , y . Точный смысл величин можно понять из формул (1) для определения истинных (заданных таблицами) координат точек по полученному графику:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + M_x \ell_x \\ y &= y_0 + M_y \ell_y \end{aligned} \quad (1)$$

где x , y - координаты, заданные таблицами; ℓ_x, ℓ_y - расстояния в миллиметрах от начала отсчета до искомой точки графика, измеренные вдоль осей координат.

Если в обращении к программе какие-либо из адресов $\langle x_0 \rangle$, $\langle y_0 \rangle$, $\langle M_x \rangle$, $\langle M_y \rangle$ равны нулю, то программа сама определяет соответствующую величину по формулам (2)

$$\begin{aligned} x_0 &= x_{min}, y_0 = y_{min}; \\ M_x &= \left[\frac{x_{min} - x_0}{500} \right]_{M_0}, M_y = \left[\frac{y_{max} - y_0}{400} \right]_{M_0} \end{aligned} \quad (2)$$

$x_{\min}, y_{\min}, x_{\max}, y_{\max}$ - минимальные и максимальные значения координат по всем указанным в обращении таблицам.

Через $[z]_{M_0}$ обозначена целая часть числа z , округленная до ближайшего большего числа из последовательности $M_0 = (1; 1,5; 2; 3; 5; 8) \times 10^a$, a - целое число x , M - условное число, задающее дополнительные ограничения на масштабы

M	Ограничения на M_x, M_y .
01	нет ограничений
21	$M_x = M_y = \max\{M_x, M_y\}$
41	$M_0 = (1; 2; 5) \cdot 10^a$
61	$M_x = M_y, M_0 = (1; 2; 5) \cdot 10^a$

Φ - условное число, определяющее размещение группы графиков на формате листа.

Значения Φ на рисунке написаны на тех частях листа, на которых при данном Φ будут размещены графики.

"00"	"10" "11"	"22"	"32" "33"
			"30" "31"

Если все x_0, y_0, M_x, M_y определены самой программой, то вся группа графиков полностью разместится на указанной части листа. Если некоторые из этих величин были заданы в обращении к СП так, что часть графика не размещается на указанной части листа, то программа все-таки выдает результат. При вычерчивании такого графика перо прибора поднимается на границе и будет перемещаться вдоль нее до ближайшей из очередных точек, принадлежащих указанной части листа. В этой точке перо опустится и вычерчивание графика продолжится.

$\langle N \rangle$ - адрес ячейки, в которую перед обращением к СП заносится нуль или любое целое число.

х) Если по оси $x(y)$ график занимает половину листа ($\Phi \neq 0$), то соответствующий ряд M_0 заменяется на $2M_0$.

После перфорации очередного графика содержимое ячейки $\langle N \rangle$ печатается на этикетке и увеличивается на единицу. Строки $k+2, k+3$ содержат информацию о первом графике.

$\langle x_i^{(1)} \rangle$ - начальный адрес таблицы $\{x_i^{(1)}\}$,

$\langle y_i^{(1)} \rangle$ - начальный адрес таблицы $\{y_i^{(1)}\}$,

$a_x^{(1)} = \langle x_{i+1}^{(1)} \rangle - \langle x_i^{(1)} \rangle$ приращение адресов в таблицах,

$a_y^{(1)} = \langle y_{i+1}^{(1)} \rangle - \langle y_i^{(1)} \rangle$ $\{x_i^{(1)}\}, \{y_i^{(1)}\}$,

n_1 - число точек на первом графике.

Аналогично задается в $k+4, k+5$ информация для второго графика и т.д.

k - признак конца информации

k	
01	не последний график
41	последний график

p - условное число, задающее режим работы прибора

p	Режим
01	Вычерчивается непрерывная кривая
21	Ставятся только заданные таблицей точки

$p+k$ - логическая сумма кодов p и k .

После перфорации графика на печать выдается этикетка из пяти чисел:

N, x_0, y_0, M_x, M_y .

Перфокарты никаких номеров не содержат.

ПРИМЕЧАНИЕ: После работы программы в ячейках 0002-0005 в двоичном коде содержатся следующие числа:

0002 - x_0

0003 - y_0

0004 - M_x

0005 - M_y

В ячейку 0001 заносится константа для изменения условного числа Φ . Если после обращения к СП поставить команду

0	15	к	0001	к
---	----	---	------	---

то при работе программы в цикле Φ будет автоматически изменяться таким образом, чтобы каждая последующая группа графиков размещалась на новой половине (четверти) листа.

Если же Φ было задано нулем (весь лист), то в ячейке 0001 всегда будет нуль.

3. Схема работы программы

СП, просматривая все таблицы $\{x_i^{(k)}\}$, $k=1,2,\dots,m$, выбирает x_{\min} и x_{\max} , а затем из таблиц $\{y_i^{(k)}\}$ выбирает y_{\min} и y_{\max} .

Величины x_0 , y_0 , M_x , M_y определяются по формулам (2) или выбираются из ячеек, указанных в обращении к СП.

Если в обращении к СП содержатся указания на выбор x_0 и M_x одновременно, то просмотр таблиц $\{x_i^{(k)}\}$ не производится, аналогично не просматриваются таблицы $\{y_i^{(k)}\}$, если указаны y_0 и M_y .

Определив x_0 , y_0 , M_x , M_y , программа выбирает строку за строкой из очередной таблицы $\{x_i^{(s)}\}$, преобразуя ее в код графического устройства. Результат записывается на буфер группами с промежуточным накоплением в 9 ячейках МОЗУ, принадлежащих рабочему полю самой программы. Когда вся таблица $\{x_i^{(s)}\}$ будет преобразована и записана на буфере, аналогичная процедура повторяется для таблицы $\{y_i^{(s)}\}$. При этом результат записывается в те же ячейки буфера, образуя с $\{x_i^{(s)}\}$ логическую сумму непересекающихся кодов.

Одновременно с преобразованием координат происходит присвоение им управляющих признаков p_x, p_y : ОП, ПП, ПТ.

p_x	p_y	x	y
-------	-------	---	---

После преобразования s -ой пары таблиц на буфер записывается накопленная в МОЗУ контрольная сумма и весь s -ый график перфорировается. На печатке при этом выдается этикетка, содержащая N, x_0, y_0, M_x, M_y , после чего программа переходит к обработке $(s+1)$ -ой пары таблиц.

Л и т е р а т у р а

1. Е.П. Басов, Г.М. Петров, А.Н. Ратников. Устройство вывода данных из ЦВМ на ДРП. Сб. "Вопросы радиоэлектроники", сер. VII, вып. 2, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 декабря 1966 г.

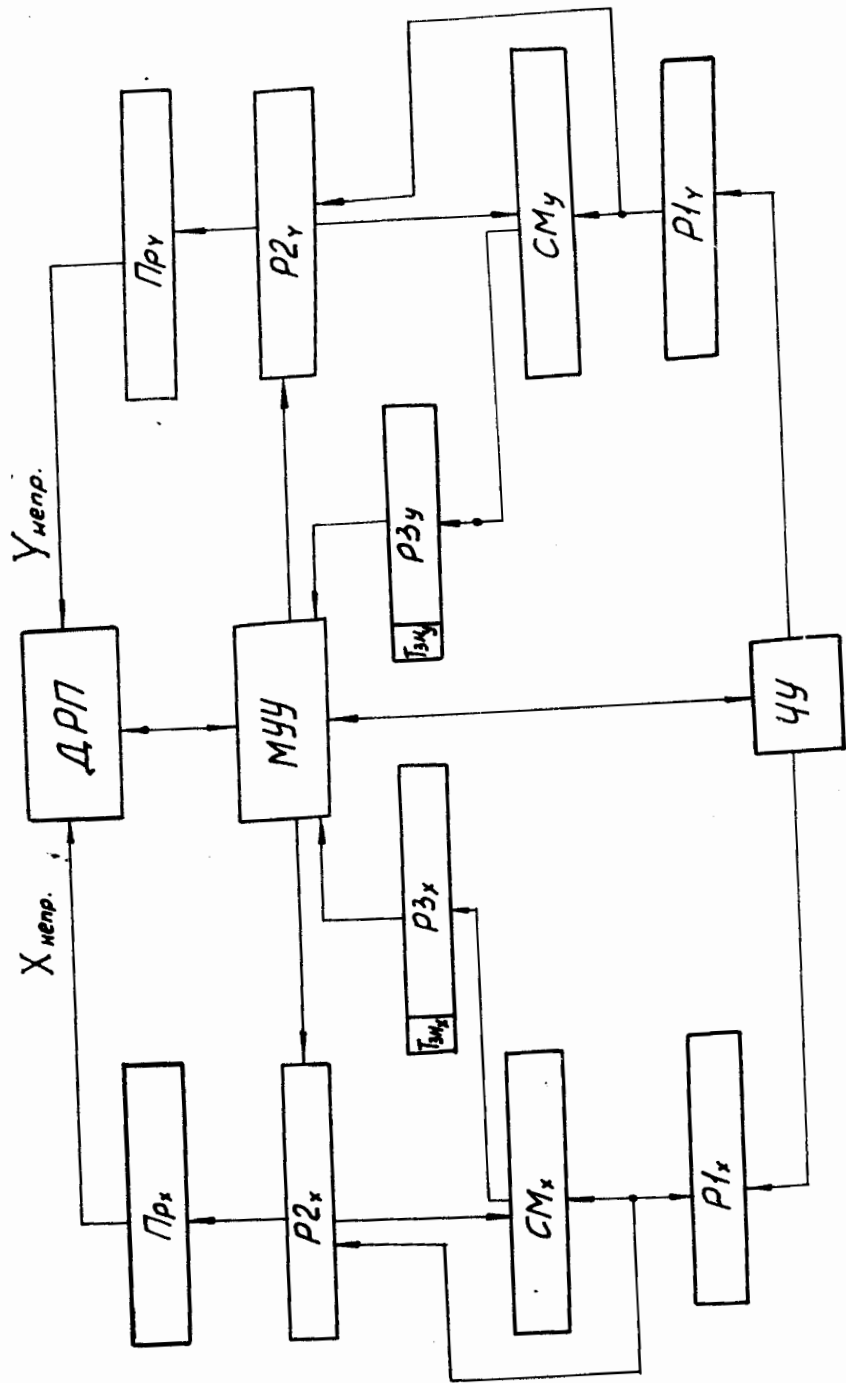


Рис. 1. Блок-схема графического устройства.

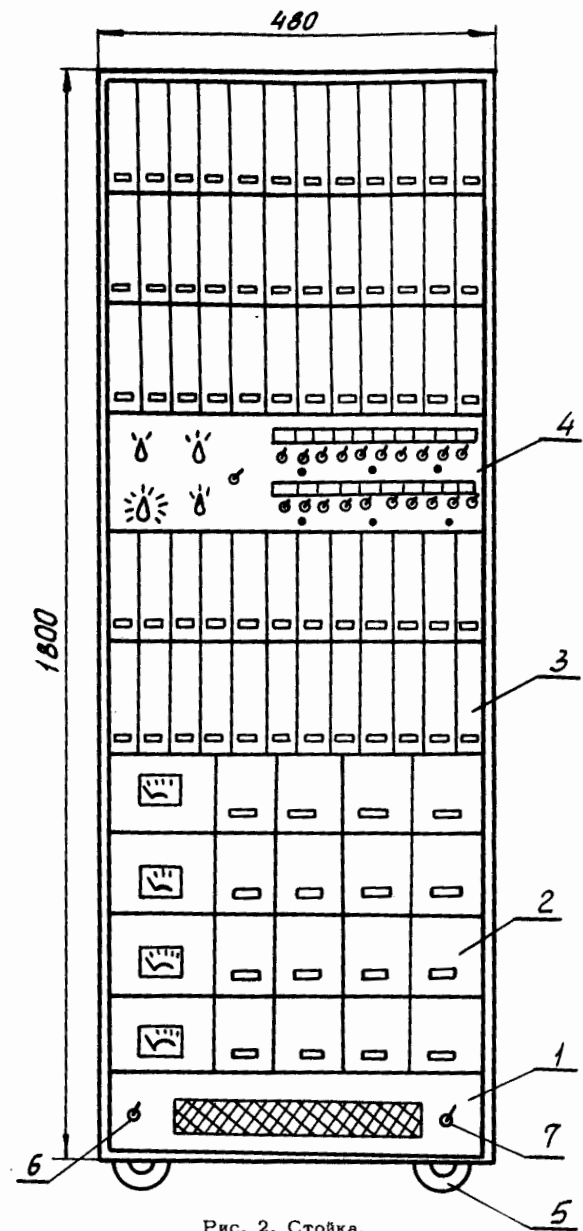


Рис. 2. Стойка.