

**И. Н. КОСЕНКО, М. И. СТРИГАЛЕВА, В. А. КОНДРАТЬЕВА,
В. Я. КОЛДОРКИН, Р. С. БОБРОВА**

РАСЧЕТ НА ЭВМ «УРАЛ-1» ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЦИФРОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Внедрение в производство металлорежущих станков с цифровым программным управлением связано при расчете программы обработки с выполнением большого количества вычислительных работ, которые в настоящее время выполняются при помощи клавишных настольно-вычислительных машин. Работа эта весьма трудоемкая, и в ряде случаев ставится под сомнение целесообразность применения станков с программным управлением без автоматизации вычислительных работ.

Для уменьшения трудоемкости расчета программы обработки деталей вычислительные работы переведены на электронно-вычислительную машину «Урал-1».

В машиностроении в одном случае обрабатываемая поверхность задается прямыми линиями, частью или полной окружностью или какой-либо иной кривой, а в другом случае — координатной точкой. Как в первом, так и во втором случае для того, чтобы произвести расчет программы на машине «Урал-1», необходимо обрабатываемую поверхность описать математически.

Рассмотрим случай математического описания контура шаблона для проверки профиля пера лопатки газовых турбин. В этой детали рабочий профиль задан координатами (фиг. 1), а остальные поверхности ограничиваются прямыми линиями.

Обработка производится на вертикально-фрезерном станке М13ГЭ-1.

При переходе от одной поверхности к другой центр фрезы перемещается по окружности. Таким образом, при расчете программы будут участки, где эквидистанта движения центра фрезы описывается уравнениями прямой АВС и т. д. При переходе от одной поверхности к другой эквидистанта описывается уравнениями

окружности, а участок Д—Е, заданный координатами, опишется уравнением параболы или иной кривой.

Для математического описания эквидистанты движения центра фрезы применяется графо-аналитический метод.



Фиг. 1. Шаблон для проверки профиля λ лопатки газовой турбины.

таль по 4—5 классу точности. Для обеспечения более высокой точности координаты опорных точек следует определять путем математического расчета. Для этого необходимо составлять уравнение обрабатываемой поверхности.

Этот метод заключается в том, что производится построение шаблона в масштабе 10:1 и прочерчивается эквидистанта для фрезы $\varnothing 20$ мм, а далее путем замеров определяются координаты опорных точек.

Для уменьшения ошибок значения координат по оси x для точек эквидистанты принимаем равным табличным.

При вычерчивании применяются лист дюралю и штангенциркуль с острыми ножками и нониусом, имеющий цену деления 0,02 мм. Учитывая увеличение масштаба, точность замеров получается довольно высокая.

Ниже, в таблице 1 приведены координаты опорных точек эквидистанты на участке Д—Е в результате замера по вычерченному контуру.

Графоаналитический метод удобно применять в тех случаях, когда обрабатывается де-

Таблица 1

Координаты опорных точек при замере по вычерченному контуру

№ п/п	Координаты		№ п/п	Координаты		№ п/п	Координаты		№ п/п	Координаты	
	x	y		x	y		x	y		x	y
1	25,4	-1,45	4	39,93	4,72	7	49,51	12,77	10	61,65	16,83
2	30,88	1,7	5	44,95	10,52	8	53,81	14,57	11	65,48	17,72
3	35,5	4,95	6	47,39	11,72	9	57,83	15,82	12	69,48	18,49
									13	70,85	18,76

При расчете программы для этой детали наибольшую трудность представляло описание кривой на участке 1—13, который задавался таблично (координатами).

В данном случае использовалась интерполяционная формула Лагранжа.

$$P_x = y = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} y_0 + \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} y_1 + \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)} y_2. \quad (1)$$

Эта формула может быть составлена с использованием координат двух крайних точек и одной средней. В ряде случаев применение этой формулы дает хорошие результаты. Однако этот метод трудоемкий, так как он не дает однозначного решения, поэтому приходится составлять большое количество интерполяционных полиномов, чтобы теоретическая кривая отклонялась от заданной в пределах допустимой математической погрешности. При расчете указанного шаблона подобрать один полином Лагранжа для всего участка (1—13) оказалось невозможным.

Для того, чтобы описать математически участок эквидистанты при фрезеровании участка, заданного координатами, с достаточной точностью, были опробованы уравнения четвертой и третьей степени типа:

$$y = ax^4 - bx^3 + cx^2 - dx + k. \quad (2)$$

$$y = -ax^3 + bx^2 - cx - k. \quad (3)$$

Вычисленные по этим уравнениям координаты имели погрешность, выходящую за пределы допуски на изготовление шаблона.

Наиболее точно получены значения координат при вычислении по уравнению типа

$$y = -ax^2 + bx - c. \quad (4)$$

В связи с изложенным в расчетах при определении координат опорных точек на участке 8—13 принято уравнение (4).

Учитывая имеющийся опыт, в целях повышения точности математического описания участок Д—Е эквидистанты, заданный координатами точек, разбиваем на три участка: на первом участке (1—3 точки), имеющем незначительную кривизну, применяем линейную интерполяцию, а на втором (3—8 точки) и третьем (8—13 точки) участках, имеющих большую кривизну, применяем квадратичную интерполяцию.

Математическое описание первого участка (1—3 точки, фиг. 1).

Для первого участка составляем уравнение прямой, проходящей через точки с координатами $(x_1 = 25,4, y_1 = -1,45)$ и $(x_2 = 35,5, y_2 = 4,95)$.

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}. \quad (5)$$

Подставляя в уравнение (5) значения x и y и произведя преобразование, получим формулу для вычисления значений координат опорных точек по оси

$$y = 0,633633x - 17,545.$$

По уравнению (6) вычисляем координаты опорных точек, значения которых приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения опорных точек первого участка

№ опорных точек	По замерам		Значения y , вычисленные по формулам	Величина отклонения в мм
	x	y		
1	25,4	-1,45	-1,45	нет
2	30,38	1,7	1,7	нет
3	35,5	4,95	4,95	нет

Из приведенных данных в таблице 2 следует, что формула (6) дает точное описание эквидистанты на участке первых трех точек.

Математическое описание второго участка (3—8 точки, фиг. 1).

Учитывая, что интервал между отдельными точками неравномерный, нахождение координат промежуточных точек производим при помощи интерполяционного полинома Лагранжа.

Составляем полином Лагранжа по следующим трем точкам:

$$x = 35,5; y = 4,95; \quad x = 44,95; y = 10,52;$$

$$x = 53,81; y = 14,57$$

$$P_x = y = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} y_0 + \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} y_1 + \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)} y_2.$$

Подставляем в формулу (7) значения координат x и, произведя необходимые преобразования и вычисления, получим уравнение второго участка эквидистанты в следующем виде:

$$y = -0,007226x^2 + 1,1707428x - 27,504968. \quad (8)$$

По уравнению (8) вычисляем координаты точек, значения которых приведены в табл. 3.

Погрешность за счет математического описания находится в пределах поля допуска на неточность изготовления, значения которого $\pm 0,03$ мм.

Математическое описание третьего участка (8—13 точки).

Интерполяционную функцию для третьего участка также ищем с помощью полинома Лагранжа для точек: $x = 53,81; y = 14,57; x = 61,65; y = 16,83; x = 70,85; y = 18,76.$

Значения координат опорных точек на втором участке

№ опорных точек	Координаты по замерам		Знач. y , вычисл. по формуле (4)	Ошибка, мм	№ опорных точек	Координаты по замерам		Знач. y , вычисл. по формуле (4)	Величина отклонений
	x	y				x	y		
3	35,5	4,95	4,95	0,00	6	47,89	11,72	11,72	0,00
4	39,99	4,72	7,95	+0,03	7	49,51	12,77	12,75	-0,02
5	44,95	10,52	10,52	0,00	8	53,81	14,57	14,57	0,00

$$P_x = y = \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} y_0 + \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} y_1 + \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)} y_2. \quad (9)$$

Подставляя значения координат и делая необходимые вычисления и преобразования, получим уравнение третьего участка киндистанты в следующем виде:

$$y = 0,0046057x^2 + 0,82004x - 16,182403. \quad (10)$$

По уравнению (10) вычисляем координаты опорных точек по оси y и их значения записываем в таблицу 4.

Таблица 4

Значения координат опорных точек на третьем участке

№ опорных точек	Координаты по замерам		Знач. y , вычисл. по формуле (6)	Ошибка, мм	№ опорных точек	Координаты по замерам		Знач. y , вычисл. по формуле (6)	Величина отклонения, мм
	x	y				x	y		
9	53,81	14,57	14,57	0,00	11	65,47	17,72	17,72	0,00
10	57,83		15,82	-0,02	12	69,48	18,49	18,52	+0,03
11	61,65		16,83	-0,01	13	70,85	18,76	18,75	-0,01

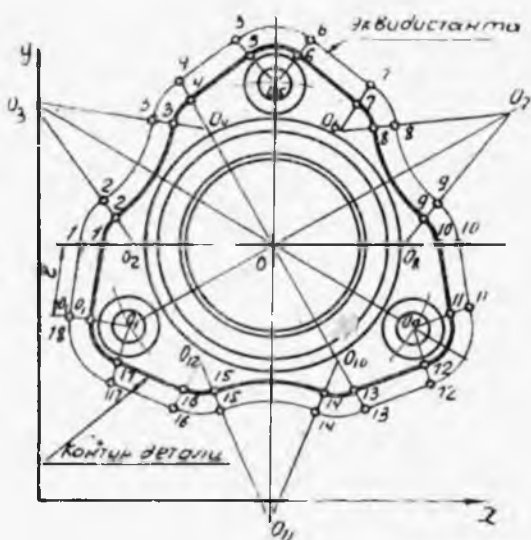
Разность между вычисленными и замеренными значениями не превышает 0,03 мм, т. е. в пределах допуска на изготовление.

Таким образом, движение центра фрезы на рассмотренном участке описывается тремя уравнениями с достаточной точностью. Математическое описание остальных участков не представляет затруднений, поэтому останавливаться на них не будем.

Учитывая, что из года в год количество станков с цифровым программным управлением будет увеличиваться, необходимо, чтобы чертежи на детали оформлялись в соответствии со спецификой их обработки на станках с цифровым программным управлением. В чертеже должны быть четко показаны узловые

(опорные) точки, углы дуг закруглений, вместо координат точек сложных кривых задавать их уравнениями.

Кроме того, при точечном задании контура точки необходимо давать достаточно часто и через равные интервалы для удобства программирования. Все это упростит процесс расчета программы обработки деталей.



Фиг. 2. Контур фланца и эквидистанта движения центра фрезы.

Для проведения расчета программы на машине «Урал-1» необходимо на основании математического описания произвести составление программы вычисления координат промежуточных точек на каждом аппроксимированном участке движения центра фрезы. Это будет рассмотрено на примере расчета программы обработки контура фланца (фиг. 2) на вертикально-фрезерном станке 6Н13ГЭ-1 с пультом управления 1 С-3-61

РАСЧЕТ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ КОНТУРА ФЛАНЦА

По чертежу детали построен обрабатываемый контур (фиг. 2) фланца и эквидистанта движения центра фрезы.

Из операционных карт технологического процесса находим:

1. скорость резания $v = 25$ м/мин;
2. минутная подача $s_{\text{мин}} = 60$ мм/мин;
3. диаметр фрезы $d_{\text{ф}} = 20$ мм.

Определение координат узловых точек

Весь контур фланца разбивается на 17 участков (фиг. 2), для каждого из которых производится расчет программы.

Каждый участок ограничивается узловыми (опорными) точками, например, участок 0—1 ограничен узловыми точками 0 и 1 (фиг. 2). Участки контура описываются по-разному. Так, например, участок 0—1 описывается прямой линией, а участок 1—2 — частью окружности.

В принятой системе координат путем математических расчетов определены координаты узловых точек и центра, из которого описываются криволинейные участки контура. Значения этих участков приведены в таблице 5.

Таблица 5

Значения координат опорных точек

№ участка	Наименование участка	Наименование точек	Координаты точек		№ по порядку	Наименование участка	Наименование точек	Координаты точек	
			x	y				x	y
1	0—1	0	5	41	16	9—10	10	111,2	61,5
2		1	7,5	61,5	17	0 ₈	0 ₈	93,3	59,3
3	1—2	2	14,3	71,3	18	10—11	11	113,7	41
4		0 ₂	25,3	59	19	11—12	12	102,3	21
5	2—3	3	24,7	91	20		0 ₉	95	38,6
6	3—4	4	31,7	103	21	12—13	13	83,2	13
7		0 ₄	42,3	88,7	22	13—14	14	66,3	13
8	4—5	5	48	115,3	23		0 ₁₀	76,3	16,6
9	5—6	6	70,7	115,3	24	14—15	15	49,0	13
10		0 ₅	59,3	100	25		0 ₁₁	66	-10,7
11	6—7	7	87	103	26	14—15	16	35,5	13
12	7—8	8	94	91	27		0 ₂	42,3	16,6
13		0 ₆	76,4	88,7	28	16—17	17	16,3	21
14	8—9	9	104,3	71,3	29	17—0	0	5	41
15		0 ₇	120	101	30		0 ₁	23,8	38,6

Математическое описание участков

После определения координат опорных точек производится математическое описание эквидистанты движения центра фрезы.

1. Участок 0—1

а) Участок 0—1 описывается прямой линией, уравнение которой пишется через координаты узловых (опорных) точек:

$$\frac{x-x_0}{x_1-x_0} = \frac{y-y_0}{y_1-y_0} \quad (11)$$

Подставляя в формулу (11) значения x и y и произведя вычисления, получим уравнение прямой линии в следующем виде:

$$y = 8,2x \quad (12)$$

б) Определяем длину прямой, ограничивающей участок 0—1, и расстояние между двумя точками:

$$l = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} = \sqrt{2,5^2 + 20,5^2} = 14 \text{ мм.}$$

в) Зная длину прямой 0—1, исходя из данной минутной подачи $v_{\text{мин}} = 60 \text{ мм/мин}$, определяется время обработки контура, ограниченного этой прямой

$$t = \frac{l}{s} 60 \text{ (сек.)}$$

2. Участок 1—2

Участок 1—2 ограничен частью окружности, описанной из центра O_2 радиусом $r = 18 \text{ мм}$.

Расчет программы обработки контура, ограниченного частью окружности, начинается с нахождения шагового угла $\Delta\varphi$ (фиг. 3), т. е. центрального угла, опирающегося на участок аппроксимации.

Величина шагового угла $\Delta\varphi$ зависит от чистоты обрабатываемой поверхности, допускаемого отклонения от геометрической формы

обрабатываемой поверхности, радиуса обрабатываемой детали и стрелки прогиба y . y — математическая погрешность аппроксимации, принятая в нашем расчете равной $0,02 \text{ мм}$.

Значение шагового угла $\Delta\varphi$, исходя из фиг. 4а, определяется по следующей зависимости:

$$\Delta\varphi = 2 \arccos \left(1 - \frac{y}{R_0} \right).$$

Подставляя значение $R_0 = 8 \text{ мм}$, $y = 0,02 \text{ мм}$ и, произведя вычисления, находим:

$$\Delta\varphi = -0,316.$$

После нахождения шагового угла производится расчет окружности от начального угла обработки φ до конечного φ_k (фиг. 3).

Уравнение окружности рассматривается в параметрической форме:

$$x = R \cos \varphi;$$

$$y = R \sin \varphi.$$

Из чертежа (фиг. 4) вычисляется начальный и конечный углы обработки $\varphi = 172^\circ 30'$ и $\varphi_k = 127^\circ$;

Для каждого аппроксимируемого участка определяются значения k — число элементов приращений на аппроксимируемом участке окружности;

h — элементарное приращение по оси x на прямой;

$\Delta\varphi$ — приращение элементарного угла.

Аналогично производится математическое описание и других участков, результаты которого приведены в таблице 6. На основании математического описания контура обрабатываемой детали (таблица 6) составляется блок-схема программы для электронно-вычислительной машины «Урал-1» (фиг. 5).

Блок-схема используется для составления рабочей программы, которая вводится в машину при помощи 19 мм перфорированной ленты. Решение выдается машиной «Урал-1» в восьмеричной или десятичной системе, которое нельзя использовать для непосредственной записи на перфорированную ленту в связи с тем, что в интерpolator ДКП-01Ф программа вводится в двоично-десятичной системе 5121 и необходим один четный кадр на две единицы.

Блок управления перфоратором

Место машины «Урал-1» в системе программного управления показано на схеме фиг. 6.

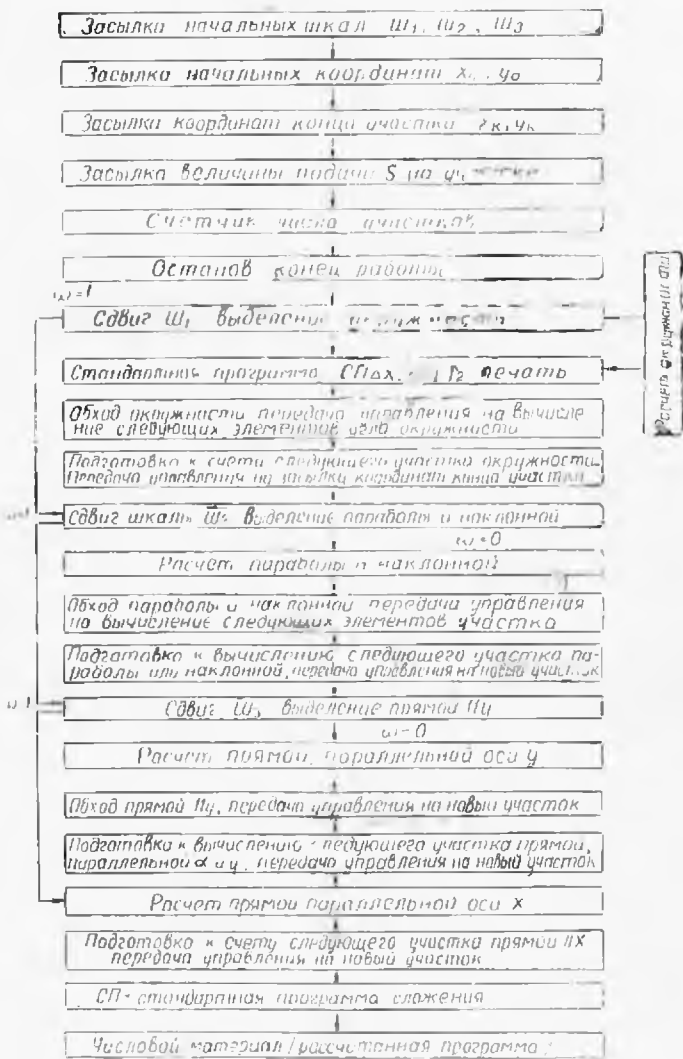
В рассматриваемой схеме цифрового программного управления работа протекает в следующем порядке.

Вычисленные координаты опорных точек и математически описанные элементы контура обрабатываемой поверхности детали программируются и вводятся в машину «Урал-1». Вычислительная машина определяет координаты промежуточных точек обрабатываемого контура.

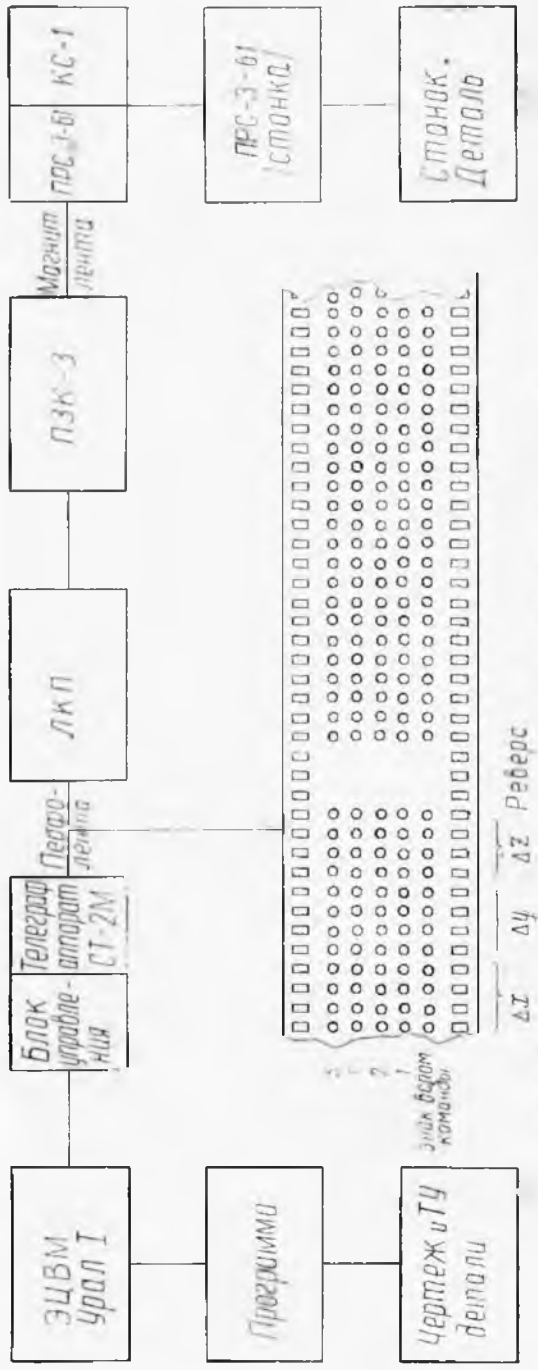
Результаты вычисления через релейный блок управления поступают на перфоратор, в качестве которого служит модернизированный телеграфный аппарат СТ-2М. Вычисленная программа записывается на 19 мм бумажную перфорированную ленту в виде чисел в определенном коде. С 19 мм перфоленты программа при помощи модернизированного телеграфного аппарата набирается на 35 мм засвеченную киноленту. Перфорирован-



Фиг. 1. Чертеж детали для математического расчета координат опорных точек и определения углов.



Фиг. 5. Блок-схема для составления рабочей программы машины «Урал-1».



Фиг. 6. Принципиальная схема системы программного управления станком.

ная лента поступает на ленточно-кодовый преобразователь ЛКП-01Ф, где на входе происходит считывание программы, записанной в виде цифр при помощи контактного устройства, а на выходе — выдача программы обработки детали в унитарном коде прямолинейных перемещений фрезы по оси x и y . Из ЛКП-01Ф программа в виде электрических импульсов поступает на специальный пульт (ПЗК-3) для записи на магнитную ленту (фиг. 6). Магнитная лента устанавливается в пульт (ПРС-3-61) управления станком, где программа считывается специальной магнитной головкой. Снятые импульсы с магнитной ленты поступают в шаговые электродвигатели, которые управляют золотником гидродвигателей, осуществляющих перемещение стола фрезерного станка по координатам x и y .

Для ввода программы в кодовый преобразователь ЛКП-01Ф применяется двоично-десятичный код, где каждая десятичная цифра кодируется по системе 5121. При этой системе кодирования десятичные числа записываются, как показано в таблице 6.

Таблица 6

Порядок записи десятичных чисел

Десятичные числа	Используемые двоично-десятичные разряды	Запись в двоично-десятичном коде	Десятичные числа	Используемые двоично-десятичные разряды	Запись в двоично-десятичном коде
1	1_x	0001	6	51_y	1001
2	$1_x 1_x$	0101	7	52	1010
3	21_x	0110	8	521	1011
4	21	0111	9	$521*1_x$	1111
5	5	1000			

Следовательно, получаемое решение с машины «Урал-1» в десятичной системе счисления надо закодировать по системе 5121. Кодирование информации по системе 5121 производится математически с помощью программы перевода.

Схема перевода: в числе закодированного в двоично-десятичной системе, последовательно выделяются двоично-десятичные тетрады, каждая из которых сравнивается с комбинациями x_1, x_2, x_3, x_4 и, в зависимости от результатов сравнения, замещается соответствующей комбинацией y_1, y_2, y_3, y_4 . Образование комбинаций x_1, x_2, x_3, x_4 происходит в специальном счетчике, этот счетчик управляет засылкой пучковых комбинаций y_1, y_2, y_3, y_4 в рабочую ячейку, в которой происходит сложение закодированной по системе 5121 последовательности тетрад. Выделение тетрад производится с помощью набора цифр 0,111100...0, который сдвигается на четыре разряда вправо после выделения каждой тетрады, а по окончании перевода восстанавливается.

Аналогичные операции (сдвиг) производятся и с тетрадами $x_1 x_2 x_3 x_4 y_1 y_2 y_3 y_4$.

С помощью программы, вводимой в машину «Урал-1», произ-

вместе сдвигом четных кадров на две единицы и формирование кадра, применяемого в рассматриваемой системе. План кадра приведен на фиг. 6.

Рассчитанная программа обработки детали перфорируется на 19 мм бумажную ленту, при помощи специальной приставки к машине «Урал-1».

Модернизация телеграфного аппарата СТ-2М

Приставка, предназначенная для перфорации программы на 19 мм бумажную ленту, модернизирована для перфорации программы на киноленту шириной 35 мм. На блоке пуансонов перфорирующего узла установлен концевой нормально замкнутый выключатель КВ-6-1А. Телеграфный аппарат при помощи блока управления связан с печатающим устройством машины «Урал-1». Блок управления телеграфным аппаратом построен на базе шагового искателя.

После перфорации числа ползун с пуансонами с помощью перфорирующего рычага поднимается вверх, а затем опускается в исходное положение. При этом ползун на короткий промежуток времени нажимает на кнопку выключателя, подавая питание на импульсный вход шагового искателя.

Таким образом, благодаря контактам K_1 (фиг. 7), после перфорации числа шаговый искатель перемещается на один шаг.

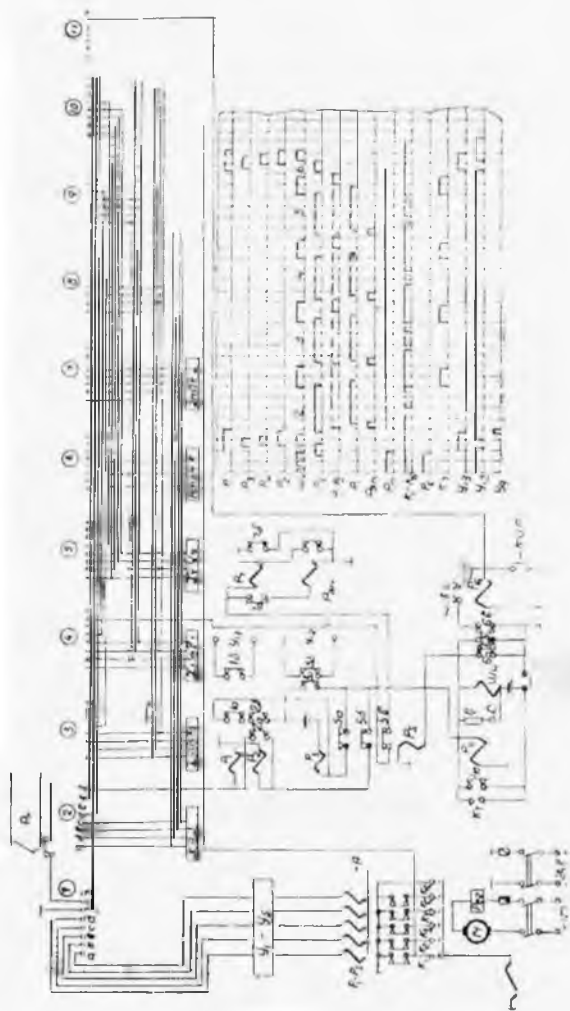
Для обеспечения передачи токовых и бестоковых импульсов на электромагнит СТ-2М последовательно, с четырех разрядов регистра, распилены наружные контактные пружины контактной группы аппарата. Каждая — из четырех — наружная пружина всегда соединяется с определенным разрядом регистра. Пятая контактная пружина соединяется с регистром знака. Все внутренние пружины соединены с цепью питания электромагнита аппарата. Таким образом, при последовательном замыкании и размыкании контактов в цепь электромагнита посылаются сигналы из четырех разрядов регистра и из разряда знака.

На телеграфном аппарате установлен электромагнит-реле типа РТ-40, который выполняет функцию стартового бестокового импульса, т. е. освобождает распределительную муфту аппарата при начале приема числа. При начале перфорации в цепь питания РЭМ посылается токовый импульс. РЭМ своим сердечником через стартстопный рычаг освобождает пружину храпового сцепления, благодаря чему начинает вращаться распределительная муфта передатчика.

Таким образом, телеграфный аппарат работает как в качестве приемника, так и в качестве передатчика.

Работа происходит таким образом. В регистр печатающего устройства «Урал-1» занесено число. Каждый разряд регистра «Урал-1» соединен с определенной пружинной контактной группы аппарата.

Все контакты (фиг. 7), кроме стопового, разомкнуты.



Фиг. 7. Схема блока управления телеграфным аппаратом.

В цепи электромагнита аппарата течет ток. В начале перфорации на РЭМ посылаются короткий токовый импульс. РЭМ освобождает распределительную муфту аппарата, которая начинает прищипываться и отмыкает стоповый контакт.

В цепь электромагнита аппарата посылаются стартовый бес ток о в ы й импульс. Вследствие этого якорь электромагнита отпускается от сердечников, что приводит к одному обороту наборной муфты.

Вслед за стоповым контактом распределительная муфта замыкает и размыкает поочередно контакты контактной группы.

В цепь электромагнита аппарата последовательно со всех разрядов регистра посылаются токовые и бесток о в ы е импульсы. Произведя один оборот, распределительная муфта останавливается.

Наборная и распределительная муфты вращаются синхронно. Кулачки наборной муфты поочередно через механическую систему передач начнут действовать на селекционные линейки, которые создадут механическую комбинацию передаваемого знака. В соответствии с этой комбинацией отбираются пуансоны на перфорирующей приставке и происходит пробивка тетрады на 35 мм ленте.

По окончании пробивки ползун перфорирующего узла нажимает на конечный выключатель (Кв-6-1-А), подавая на импульсный вход ШИ питание и перемещая его тем самым на один шаг.

Блок управления телеграфным аппаратом

Блок управления аппаратом построен на базе шагового искателя. Система управления блоком — релейная.

В блоке управления для шагового искателя необходимо иметь не менее 7 рядов с односторонним движением щеток. В связи с этим принят шаговый искатель ШИ-25/8, имеющий 8 рядов по 25 пластин в каждом и по 4 щетки с перекрытием и без перекрытия.

Для получения восьми рядов с односторонним движением щеток 4 щетки с перекрытием установлены в один ряд со щетками перекрытия.

Разрывной ток ШИ при омической нагрузке 0,2 а (время перемещения щетки с одной пластины на другую — 0,01—0,05 сек) рассчитан на импульсную работу с частотой 10 срабатываний в секунду. Данные обмотки ШИ: $R=25$ ом; число витков — 1700; провод ПЭЛ — $d=0,31$ мм; напряжение 24 в. Щетки ШИ при движении замыкают в рядах 2, 3, 4, 5 цепи для передачи на перфорацию четырех десятичных разрядов x , один за другим.

Первые четыре пластины каждого разряда соединены с одним из двоичных разрядов четырехразрядного тиратронного регистра Пчу (пластины, а, б, в, г — фиг. 7).

Пластина «д» (фиг. 7) второго ряда соединена с разрядом знака тиратронного регистра. Пластина «д» 3-го, 4-го и 5-го ряда соединена с разрядом тиратронного регистра, содержащим вспомогательную команду.

В рядах 7, 8, 9, 10 замыкаются цепи для передачи на перфорацию четырех разрядов y . Построены они аналогично рядам 2-5 и соединены соответственно пластины 7-го ряда с пластинами 2-го ряда, 8-го ряда - с 3-им и т. д.

Аналогично построены ряды 12-14 для перфорации трехразрядного числа z , а 16-й — для перфорации кода скорости.

Таким образом, y , z и v считаются с тех же разрядов регистра Π_{cy} , что и x .

При замыкании щетками ШИ пластины 6-го ряда с помощью релейной схемы P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 происходит срыв ответного сигнала печати и подготовка регистров Π_{cy} для занесения очередного числа (в данном случае y).

После восстановления анодных цепей питания регистров Π_{cy} и пускового регистра P_{q-27} (фиг. 8) ШИ перемещается на один шаг и замыкает цепи пластины 7-го ряда.

С приходом очередного импульса пуска ШИ начинает вращаться и замыкаются цепи 8, 9, 10 рядов, при этом происходит перфорация четырех тетрад.

При замыкании на 11-м ряду вновь срабатывает релейная схема $P_1...P_5$ и в регистры Π_{cy} заносится значение. При замыкании 15-го ряда происходит подготовка регистров для занесения кода скорости.

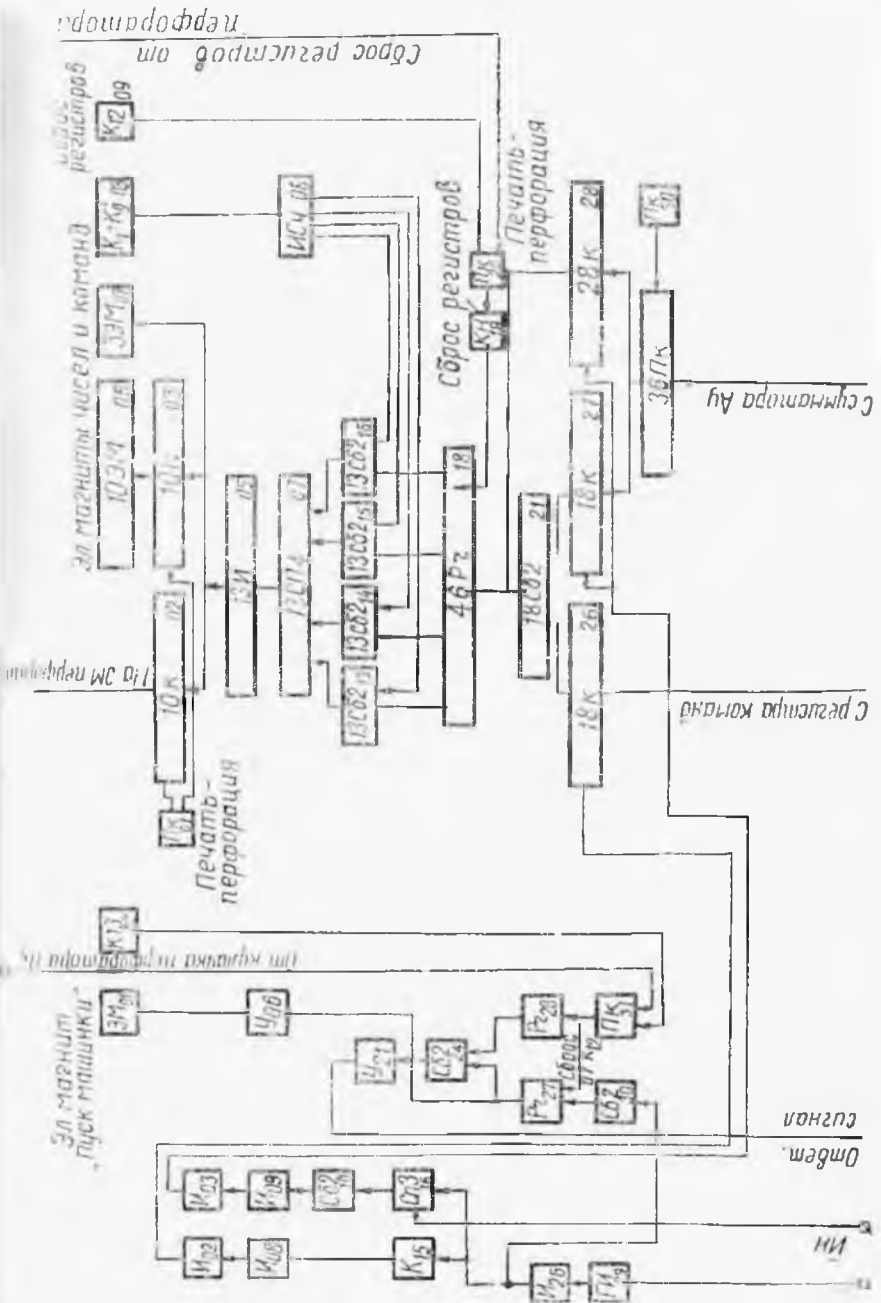
16-й ряд служит для перфорации тетрады одноразрядного кода скорости.

При замыкании щетками пластины «д» 16-го ряда за счет подачи напряжения $+24$ в на контакты K_1 телеграфного аппарата СТ-2М происходит пробивка маркерного знака кадра (стоп).

Три ряда 17, 18, 19 служат для пропуска трех шагов после кадра.

20-й ряд служит для возврата шагового искателя в исходное положение (1-ос) за счет подачи напряжения $+24$ на входы непрерывного вращения ШИ. При первом положении происходит подготовка Π_{cy} к работе.

Релейная схема работает следующим образом. В исходном положении (1-ос) ШИ через контакты «с» подается напряжение $+24$ в на реле P_1 , при этом через нормально разомкнутые контакты 1^6 замыкается цепь управляющего импульса U_{13} (зажигается P_{q-28} Π_{cy} «Урал-1», фиг. 7). Одновременно через контакты 1^a реле P_1 и контакты 2^6 реле P_2 (фиг. 7) подается питание на самоблокирующее реле P_3 , которое, срабатывая, размыкает цепь импульса U_{12} (снимается анодное напряжение с регистров $46P_n - 18\Pi_{cy}$), подает питание реле P_4 через контакты 3^a и контакты, нормально разомкнутые 5 реле P_5 , находящееся в этот момент под напряжением, подает питание на реле P_2 , которое становится на самоблокировку через свои контакты 2^a . В то же время реле P_2 размыкает цепь реле P_3 , которое при этом продолжает оставаться в положении самоблокировки через контакты 5^a реле P_5 и свои контакты 3^a .



Фиг. 8. Схема блока печатающего устройства машины «Урал-1».

Реле P_4 , отработывая, своими нормально разомкнутыми контактами 4^a включает обмотку ШИ. Обмотка возбуждения ШИ притягивает якорь, связанный с нормально замкнутыми контактами «ШИВ-1», при этом размыкается цепь реле P_5 . Контакты 5^a и 5^b снимают напряжение P_2 и P_3 , контакты в этот момент в работе не участвуют.

Реле P_3 разблокируется и через контакты 3^b включает цепь $У_{12}$ (вновь подается напряжение на регистры $П_{чу}$). Контакты 3^a размыкаясь, снимают напряжение с реле P_4 , которое при обработке разрывает цепь ШИ. Обмотка ШИ, обесточиваясь, размыкает контакты ШИВ-1 (подача напряжения на P_5), и щетки ШИ перемещаются в положение 2. При этом обесточивается реле P_4 и через контакты 1^a разрывается цепь импульса $У_{13}$ (срыв ответного сигнала печати). Вся схема $P_1...P_5$ занимает исходное положение.

С приходом очередного импульса пуска $У_9$ в регистры $П_{чу}$ заносится новое число; $П_{чу}$ выдает в машину ответный импульс печати через нормально-замкнутые контакты 3^o реле P_3 .

Импульс пуска $У_9$ зажигает пусковой регистр P_7 (фиг. 7), при этом подается питание на обмотку пускового реле $P_п$. Пусковое реле, отработывая, подает напряжение +24 в через пластину «ж» ШИ на схему запуска перфоратора (P_7 РЭМ6, K_7 , 6ШИ), которая работает в следующем порядке:

Напряжение 124 в, через контакты 5^a реле P_5 (P_5 находится в тот момент под напряжением), через контакты 7^a реле P_7 подается на реле электромагнит запуска РЭМ, установленное в телеграфном аппарате СТ-2М. РЭМ, срабатывая, замыкает цепь питания самоблокирующегося реле P_7 , которое через контакты 7^a отключает питание от РЭМ, возвращая его в исходное положение. Таким образом обеспечивается импульсная работа РЭМ. При срабатывании РЭМ своим сердечником нажимает на горизонтальное плечо стартстопного рычага телеграфного аппарата, отпущая тем самым распределительную муфту.

Распределительная муфта аппарата СТ-2М, вращаясь, последовательно замыкает контакты $K_1...K_5$, подключая к цепи электромагнита аппарата четыре разряда тиратронного регистра $П_{чу}$. При этом происходит перфорация тетрады числа.

После перфорации замыкаются контакты K_7 концевого выключателя Кв-6-1А, установленного на телеграфном аппарате, и через них подается напряжение на обмотку ШИ. При этом контакты ШИВ-1 обесточивают реле P_5 , которое своими контактами 5^a разрывает цепь P_7 — РЭМ.

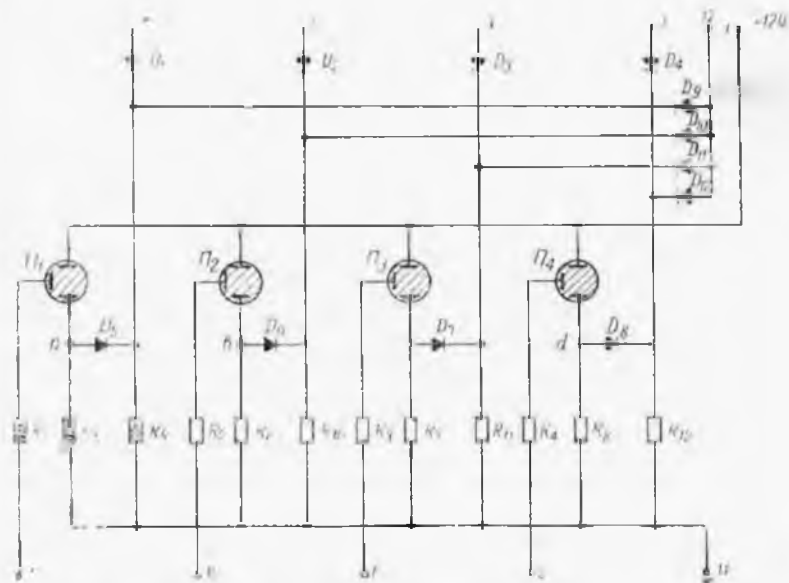
Схема запуска перфоратора возвращается в исходное состояние.

При размыкании контактов K_7 снимается напряжение с ШИ. ШИ, обесточиваясь, становится в положение три, на реле P_5 через ШИВ-1 подается напряжение и т. д. В 20-м положении ШИ на-

напряжение 124 в через контакты «е» подается на реле P_6 , которое самоблокируется через контакт 6^b , контакт 6^b замыкает цепь непрерывного вращения ШИ.

В первом положении размыкаются контакты ШИв-2, снимая напряжение с P_6 ; ШИ останавливается в исходном положении (1-е). В начале работы для установки ШИ в исходное положение нажимается кнопка КИП.

Числовой материал с регистра $\Pi_{\text{чу}}$ «Урал-1» подается на контактную группу аппарата через щетки ШИ а, б, в, г, д, усилители $У_1—У_5$ и реле $P_1—P_5$. Сигналы снимаются с точек а, б, с, д ячеек 4Гг-1 регистра $\Pi_{\text{чу}}$ (фиг. 8). Усилители $У_1—У_5$ — типовые ячейки 2И-1 на лампах 6П6С. Анодной нагрузкой этих ячеек являются катушки реле $P_1—P_5$ типа РСМ.



Фиг. 8. Петинная ячейка 4Гг-1 печатающего устройства машины «Урал-1».

Реле P_6 подключено к пусковому регистру Рг-27 через усилитель У-06 (фиг. 7), параллельно катушке сцепного электромагнита. Реле P_6 — типа РС-259-007.

Питание анодных цепей 46Рг-18 и пускового реле Рг-27 подается через контакты 3^o реле P_3 , контакты K_{12} $\Pi_{\text{чу}}$ отключены. Реле $P_1...P_7$ типа ТКЕ25ПД.

При работе переключатель ПК-30 (фиг. 8) ставится в положение «десятичная печать».

Мотор печатающего устройства отключен.

Скорость перфорации на СТ-2М до 300 чисел в минуту, напряжение 127 в и 24 в, рабочий ток 3 а.

ВЫВОДЫ

1. Применение электроно-вычислительной машины «Урал-1» при расчете программы обработки деталей на станках с цифровым программным управлением сокращает трудоемкость вычислительных работ на 30—40%.

2. В значительной степени повышается качество и стабильность рассчитанных программ на машине «Урал-1» в сравнении с ручным программированием.

3. Несложная схема управления и применение стандартного телеграфного аппарата позволяют изготовить блок управления и модернизировать телеграфный аппарат силами вычислительного центра.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Клейн, Г. Морган, М. Ароксин. Цифровая техника для вычислений и управления. Издательство иностранной литературы, 1960.

2. С м о л ь н и к о в Н. Я. Основы программирования для цифровой машины «Урал». Издательство «Советское радио», 1961.
