

Министерство высшего и среднего специального  
образования БССР  
БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

Кафедра «Технология машиностроения»

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине  
«Технология машиностроения» (станки с ЧПУ)  
для студентов специальности 0801 —  
«Технология машиностроения, металлорежущие  
станки и инструменты»<sup>4</sup>

Министерство высшего и среднего специального  
образования СССР  
БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

Кафедра "Технология машиностроения"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине  
"Технология машиностроения" (станки с ЧПУ)  
для студентов специальности 0501 -  
"Технология машиностроения, металлорежущие  
станки и инструменты"

М и н с к 1 9 8 8

УДК 621.002(075.8)

В методических указаниях по выполнению практических работ по дисциплине "Технология машиностроения (станки с ЧПУ)" изложены рекомендации и пояснения по разработке программ, рассмотрены примеры программирования для станков с ЧПУ (фрезерного, токарного, сверлильного, обрабатывающего центра).

Составили:

В.И.Романенко, Е.Н.Сташевская

Рецензенты:

В.Е.Антоник, Р.П.Станкевич, А.И.Шевцов

© Белорусский политехнический институт, 1988.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № I

Разработка управляющей программы для обработки детали на вертикально-фрезерном станке

**Ц е л ь р а б о т ы:** практическое освоение методики подготовки управляющей программы для обработки детали на вертикально-фрезерном станке 6Р13Ф3-01 с системой ЧПУ И33-ГМ.

Работа рассчитана на два академических часа.

Разработка программы обработки производится по одному из вариантов, приведенных в табл. I.

Т а б л и ц а I

Размеры детали

№ варианта	Номинальные размеры детали, мм					
	A	B	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
I	60	150	10	0	15	0
2	140	190	20	0	25	0
3	70	155	30	0	20	0
4	130	145	0	0	10	15
5	80	130	0	0	20	40
6	120	170	0	0	30	25
7	90	110	10	25	0	0
8	110	125	20	15	0	0
9	100	180	30	10	0	0
10	75	100	0	20	0	10
11	115	165	0	40	0	15
12	125	140	0	35	0	30

Точность получения размеров  $h$  9.

Содержание операции:

Фрезеровать контур, выдерживая размеры 1-6. Глубина резания  $t = 2$  мм; подача  $S_m = 176$  мм/мин; частота вращения шпинделя (фрезой)  $n = 1600$  с /мин.

Операционный эскиз приведен на рис. I.

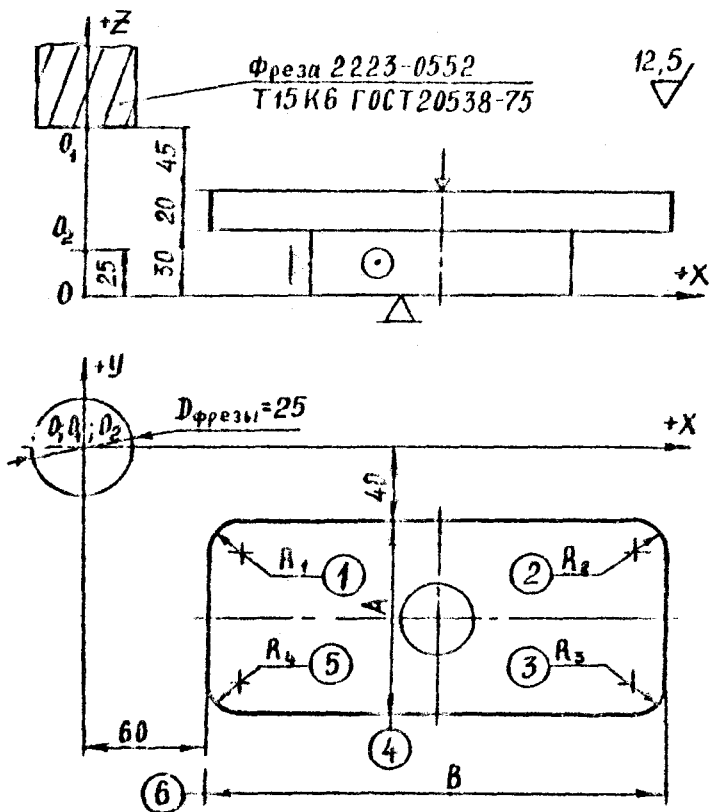


Рис. 1. Операционный эскиз

### Методические указания

#### I. Техническая характеристика станка 6Р13Ф3-01.

Размеры рабочей поверхности стола: длина - 1600 мм, ширина - 400 мм. Максимальная длина продольного перемещения стола (координата X) - 1000 мм, поперечного (координата Y) - 400 мм, перемещение ползуна (координата Z) - 150 мм, вертикального перемещения стола (установочное перемещение) - 380 мм. Число инструментов (смена

вручную) - I. Число рабочих скоростей шпинделя - 18, пределы чисел оборотов шпинделя - 40+2000 об/мин (переключается вручную). Расстояние от торца шпинделя до рабочей поверхности стола - 70...450 мм. Пределы подачи стола, салазок и ползуна при программной работе - 20...1200 мм/мин. Скорость быстрого перемещения узлов по координатам X, Y, Z (одновременно только по одной координате) - 2400 мм/мин.

На станке 6P13Ф3-01 оси координат в соответствии с ГОСТ 23597-79 направлены следующим образом. Ось Z совпадает с осью вращения шпинделя станка. За положительное направление оси взято направление в сторону увеличения размера обработки (перемещение ползуна вверх). Ось X совпадает с направлением перемещения стола, за положительное направление принято перемещение стола вправо. Ось Y совпадает с направлением перемещения салазок, за положительное направление принято перемещение стола к станине.

Координаты нулевых точек:

- ось шпинделя совпадает с центральным отверстием стола. Возможна движения по оси  $X_{\pm 500}$  мм, по оси  $Y_{\pm 200}$  мм;
- ползун в верхнем крайнем положении. Возможно движение по оси Z, равное 150 мм.

2. Техническая характеристика системы управления H33-IM и основы программирования.

Программа обработки кодируется в коде ИСО-7 бит по ГОСТ 13052-74. Программа обработки детали составляется из определенного количества кадров информации. Кадр состоит из слов. Слово состоит из адресной и числовой части.

Система ЧПУ H33-IM обеспечивает линейную и круговую интерполяцию геометрической информации, заложенной в программе.

Геометрическая информация программируется в относительной системе координат (в приращениях). Кроме геометрической информации в программе указываются технологические команды, управляющие автоматикой станка, а также сведения о режиме работы устройства H33-IM.

Структура кадра:

$N3.G2.X\pm 6.Z\pm 6.I+6.J+6.K+6.F4.L3.M2.LF.$

Служебный знак "%" - начало программы-предшествует первому кадру. LF - конец кадра (обязательно); N - номер кадра; G - подготовительная функция; X, Y, Z - координаты конечной точки перемещения относительно начальной точки перемещения; I, J, K - коор-

динаты центра дуги окружности относительно начальной точки дуги:  $F$  - величина подачи;  $L$  - коррекция траектории перемещения инструмента;  $M$  - технологические команды: цифра после адреса - число разрядов.

2.1. Номер кадра обязателен в начале каждого кадра программы, например,  $N\ 001, \dots, N\ 999$ .

2.2. Подготовительные функции  $G$  определяют режим работы системы ЧПУ.

$G\ 01$  - линейное перемещение;

$G\ 02$  - круговое перемещение по часовой стрелке;

$G\ 03$  - круговое перемещение против часовой стрелки;

$G\ 17$  - выбор плоскости  $XU$ ;

$G\ 18$  - выбор плоскости  $XZ$ ;

$G\ 19$  - выбор плоскости  $YZ$ ;

$G\ 40$  - отмена коррекции инструмента;

$G\ 50$  - функция расчета коррекции радиуса фрезы при отходе от эквидистантного контура.

По длительности действия  $G$ -функции делятся на две группы: I - я г р у п п а -  $G\ 17, G\ 18, G\ 19$ . Функции действуют до прихода следующей функции данной группы; функции  $G\ 17 - G\ 19$  применяются только при круговой интерполяции;

2 - я г р у п п а - все остальные  $G$ -функции. Действие функции сохраняется только до прихода следующей функции данной группы.

Функция  $G$  всегда задается непосредственно после номера кадра. Задавать в одном кадре две функции нельзя.

2.2. В контурной системе ЧПУ НЗЗ-1М используется относительный способ отсчета координат опорных точек эквидистанты обрабатываемого контура, т.е. программируются не только точки обрабатываемой детали, а точки траектории движения центра фрезы (при контурном перемещении в плоскости  $XU$ ).

Первая опорная точка называется исходной точкой или старт-точкой. Она выверяется при настройке станка и играет роль начала координат, от которой рассчитывается программа обработки данной конкретной детали.

Схема движения инструмента по отношению к контуру детали вычерчивается (при наружной обработке) снаружи тонкой или штриховой линией (с учетом диаметра инструмента). На траектории отмечают и нумеруют точки пересечения прямых, сопряженных их с окружностями.

Точки пересечений и сопряжений называют опорными (иногда базовыми или узловыми). При изменении координат расположения торца фрезы (перемещение по оси  $Z$ ) к обозначению точки добавляется штрих.

После установления опорных точек эквидистанты контура определяются их координаты. При относительном способе отсчета координат за нулевое положение принимают положение исполнительного органа, которое он занимал перед началом очередного перемещения к следующей точке. Координаты конечной точки перемещения (эквидистанты)  $X, Y, Z$  программируются со знаком "+" или "-" в импульсах. Незначимые нули программируются обязательно. Знак "+" или "-" программируется обязательно. Цена импульса по всем координатам равна  $0,01$  мм.

При линейной интерполяции (линейных перемещениях) в одном кадре одновременно возможно перемещение по трем координатам.

Рассчитанные координаты опорных точек заносятся в таблицу 3.

Необходимыми данными для программирования линейного перемещения являются:

- подготовительная функция  $G 01$ ;
- координаты опорной точки в импульсах;
- информация о подаче  $F$ .

2.3. При круговой интерполяции (перемещениях по дуге окружности) в одном кадре возможно перемещение по двум любым осям, т.е. возможно перемещение в плоскости  $XY, XZ$  или  $YZ$ .

В одном кадре может быть задано не более  $1/4$  окружности.

Необходимая плоскость обработки выбирается при помощи подготовительных функций  $G 17- G 19$ , которые задаются в предыдущем кадре перед круговой интерполяцией.

Необходимыми данными для кругового перемещения являются:

- плоскость обработки (функция  $G 17$  или  $G 18$  или  $G 19$ );
- подготовительная функция  $G 02$  или  $G 03$ ;
- координаты центра дуги окружности относительно начальной точки перемещения по дуге ( $I, J; I, K; J, K$ ) в импульсах;
- координаты конечной точки перемещения относительно начальной точки перемещения по дуге (координаты опорной точки) в импульсах;
- информация о величине подачи  $F$ ;
- функция "L" коррекции эквидистантного контура с указанием внешнего или внутреннего контура.



Координаты центра круга  $I, J, K$  определяют относительные размеры начальной точки дуги к центру окружности. Программируются только со знаком "+". Цена импульса по всем координатам равна 0,01 мм.

Подготовительные функции  $G 02$  и  $G 03$ , а также знаки и координаты перемещения по дуге показаны для плоскости  $XU$  на рис. 2.

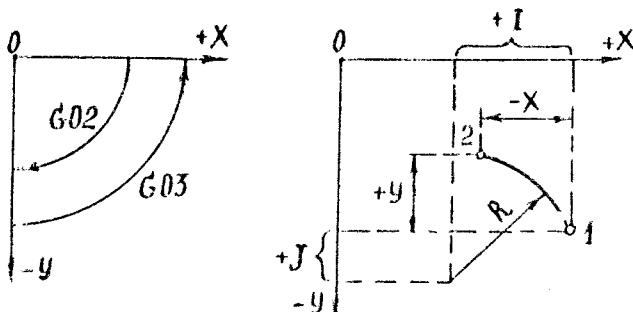


Рис. 2. Подготовительные функции  $G 02$  и  $G 03$ , знаки и координаты перемещения по дуге в плоскости  $XU$

Предварительно должен быть осуществлен выход на эквидистанту (подход инструмента по нормали к обрабатываемому контуру).

2.4. Подача программируется адресом  $F$ . Количество строк в адресе - 4.

Первая строка:

0 - автоматическое определение необходимости разгона или торможения;

4 - торможение в конце кадра до фиксированной величины (240 мм/мин) и разгон в следующем кадре до прежней скорости в случае отсутствия в нем кода подачи;

Вторая строка:

десятичный множитель, величина которого на три больше, чем количество целых чисел в величине подачи в мм/мин.

Третья и четвертая строки - мантисса кода подачи, т.е. первые две значащие цифры подачи в мм/мин.

Максимальная рабочая подача при одновременной работе трех координат - 800 мм/мин; при одновременной работе двух координат - 1200

мм/мин; величина быстрого хода - 2400 мм/мин (одновременно только для одной координаты).

При перемещениях меньше 50 мм быстрый ход не программировать.

П р и м е р:

F 0310 - подача 0,1 мм/мин;

F 0465 - подача 6,5 мм/мин;

F 0525 - подача 25 мм/мин;

F 0675 - подача 750 мм/мин;

F 0724 - подача 2400 мм/мин (быстрый ход).

Режим "Торможение до фиксированной скорости" (наличие в первой строке кода подачи цифры 4) используется при работе на непрерывных траекториях (отсутствие промежуточных остановок для выполнения технологических команд) с резкими изломами при скоростях движения выше 500 мм/мин.

В случае сопряжения участков траектории по касательной программировать замедление не требуется, так как необходимые ускорения и замедления по сглаженным координатам выполняются автоматически за счет работы устройства поддержания постоянства контурной скорости.

При наличии остановок для выполнения технологической информации в кадре с технологией программировать подачу 240 мм/мин.

2.5. В ставке 6P13F3-01 используются следующие технологические команды M:

M00 - останов по программе;

M01 - останов с подтверждением;

M02 - конец программы (рекомендуется задавать отдельным кадром);

M03 - включение шпинделя;

M05 - отключение шпинделя и охлаждения;

M13 - включение шпинделя и охлаждения.

В одном кадре можно задавать только одну технологическую команду.

Команды M03, M05, M13 требуют ответа. До получения ответа продолжается отработка данного кадра, но следующий не вводится. Команды адреса M действуют до поступления новой команды данного адреса.

2.6. Задание коррекции траектории перемещения инструмента осуществляется адресом L. Число строк в адресе - три: первая строка - вид коррекции (табл. 2), вторая и третья строки - номер переключателя коррекции. Адрес L в программе всегда располагается перед символом конца кадра LF.

## Кодирование коррекции

Код первой строки	Назначение коррекции
0	Подход к внешнему эквидистантному контуру либо коррекция внешнего контура
1	Коррекция по оси X
2	Коррекция по оси Y
3	Коррекция по осям X и Y
4	Коррекция по оси Z
5	Коррекция по осям X и Z
6	Коррекция по осям Y и Z
7	Коррекция по осям X, Y и Z
8	Подход к внутреннему эквидистантному контуру либо коррекция внутреннего контура

Максимальная величина коррекции на длину инструмента -  $\pm 99,99$  мм; максимальная величина коррекции эквидистантного контура -  $\pm 2,55$  мм.

Рекомендуется следующее распределение переключателей коррекции: № 1-10 - на длину инструмента, т.е. по оси Z ; № 11-16 - на радиус инструмента; № 17, № 18 - смещение нуля отсчета.

Линейная коррекция по осям X и Y может быть использована в качестве "смещения" нуля отсчета. Для этого на переключателях коррекции № 17 и № 18 набирают величину и знак смещения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  и программируют эти номера коррекции с нулевым перемещением в начале и в конце программы (с отменой).

В случае отсутствия смещения детали от нулевой точки станка на переключателях устанавливаются нули.

Отмена коррекции, т.е. изменение ее знака по осям (коды первой строки адреса 1-7) производится функцией G 40, задаваемой в одном кадре с функцией коррекции L , которую необходимо отменить.

Отмена коррекции при работе на эквидистантном контуре производится по признаку внешнего и внутреннего контуров (замена кода первой строки адреса L 8 на 0 или 0 на 8), а также заданием функции G 50.

Выход на эквидистанту возможен как к прямолинейному участку контура, так и к участку, образованному дугой окружности, а также к внешнему и внутреннему контурам.

Выход на эквидистанту к внешнему контуру показан на рис. 3 (траектория O-A).

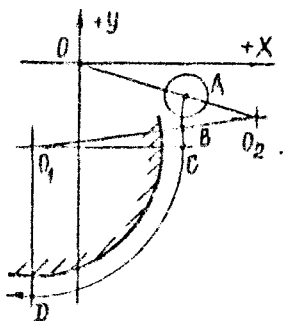


Рис. 3. Выход к внешнему контуру

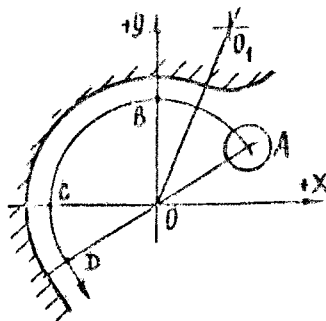


Рис. 4. Выход к внутреннему контуру

Признаком выхода к внешнему контуру является необходимость увеличения абсолютного перемещения O-A при увеличении радиуса фрезы. В программе внешний контур задается цифрой "0" в первой строке адреса коррекции "L".

Выход на эквидистанту внутреннего контура показан на рис. 4 (траектория O-A).

Признаком выхода к внутреннему контуру является необходимость уменьшения абсолютного перемещения O-A при увеличении радиуса фрезы. В программе внутренний контур задается цифрой "8" в первой строке адреса коррекции "L".

Необходимыми данными для программирования выхода к эквидистантному контуру (внешнему или внутреннему) являются:

- подготовительная функция G 01;
- величина приращений по координатам с учетом знака;
- функция "L" коррекции эквидистантного контура с указанием признака контура (внешнего - "0" или внутреннего - "8") и номера коррекции во второй и третьей строках адреса.

После окончания обработки для обеспечения возврата в исходную (начальную) точку необходимо аналогичным образом задать "отход" от эквидистантного контура с одновременным заданием функции "G 50".

**П р и м е р:**

Разработать управляемую программу на операции: фрезеровать контур, выдерживая размеры I-6.

Операционный эскиз смотри на рис. I. Подача  $S_M = 150$  мм/мин, частота вращения шпинделя  $n = 1600$  об/мин, глубина резания  $t = 2$  мм. Размеры:  $A = 50$  мм,  $B = 95$  мм,  $R_2 = 10$  мм,  $R_1 = R_3 = R_4 = 0$ .

Вычерчиваем траекторию движения режущего инструмента, т.е. эквидистанту обрабатываемого контура (см. рис.5).

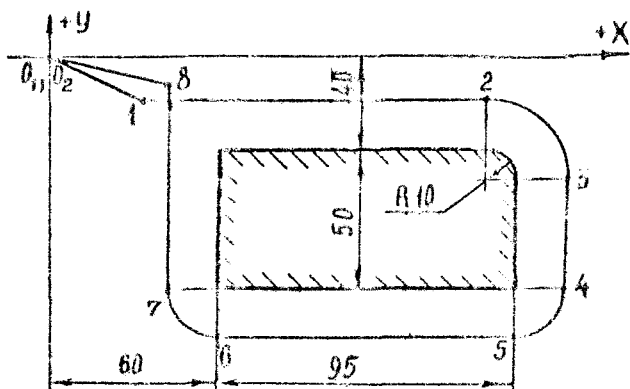


Рис. 5. Траектория движения инструмента

Рассчитываем координаты опорных точек и заносим их в табл. 3.

Выбираем подготовительные функции  $G$ , назначаем номера корректоров для коррекции по оси  $Z$  и коррекции эквидистантного контура, назначаем вспомогательные функции  $M$  и составляем программу.

Т а б л и ц а 3

Координаты опорных точек

Участок траектории	Перемещение по осям, мм				
	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	I	J
$0_I - 0_2$			- 70		
$0_2 - I$	+43	-27,5		-	-
$I - 2$	+102	0		-	-
$2 - 3$	+22,5	-22,5		0	+22,5
$3 - 4$	0	-40		-	-
$4 - 5$	-12,5	-12,5		+12,5	0
$5 - 6$	-95	0		-	-
$6 - 7$	-12,5	+12,5		0	+12,5
$7 - 8$	0	+65		-	-
$8 - 0_2$	-47,5	+25			
$0_2 - 0_I$			+70		

1. Начало программы, работа станка в режиме линейной интерполяции, перемещение по оси Z на быстром ходу, ввод коррекции по оси Z . %LF.

N 001 G 01 Z - 007000 F 0724 L 401 LF.

2. Выбор плоскости XY.

N 002 G 17 LF.

3. Подход к внутреннему эквидистантному контуру (перемещение на участке  $0_2 - I$ ), включение вращения шпинделя и охлаждения.

N 003 X+004300 Y-002750 F 0712 M13 L 811 LF.

4. Работа на рабочей подаче.

N 004 X+010200 F 0615 LF (участок I - 2)

N 005 G 02 X+002250 Y-002250 J +002250 L 011 LF (участок 2-3)

N 006 G 01 Y-004000 LF (участок 3 - 4)

N 007 G 02 X-001250 Y-001250 I +001250 L 011 LF (участок 4-5)

N 008 G 01 X-009500 LF (участок 5-6)

N 009 G 02 X-001250 Y+001250 J +001250 L 011 LF (участок 6-7)

N 010 G 01 Y+006500 LF (участок 7-8).

5. Отход от внутреннего эквидистантного контура (на участке  $8 - 0_2$ ), отключение шпинделя и охлаждения.

N 011 G 50 X-004750 Y+002500 F 0712 M05 L 811 LF.

6. Отмена коррекции на длину инструмента (по оси  $Z$ ) при перемещении на участке  $O_2 - O_1$ .

$N 012 \quad G 40 \quad Z +007000 \quad F 0724 \quad L 401 \quad LF.$

7. Конец программы

$N 013 \quad M02 \quad LF.$

#### Порядок выполнения работы

1. Вычертить операционный эскиз с указанием размеров детали по выданному заданию.

2. Вычертить траекторию движения режущего инструмента с учетом его диаметра (эквидистанту).

3. Рассчитать координаты опорных точек эквидистанты.

4. Выбрать подготовительные функции.

5. Назначить номера корректоров коррекции на длину инструмента и коррекции эквидистантного контура.

6. Назначить технологические команды.

7. Составить программу.

8. Составить отчет.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите технические характеристики станка 6Р13Ф3-01.
2. Что входит в состав кадра ?
3. Что такое эквидистантный контур ?
4. В какой системе координат программируется геометрическая информация ?
5. Что определяет подготовительные функции ?
6. Как программируется дуга окружности ?
7. Как программируется подача ?
8. Что является признаком выхода к внешнему (внутреннему) эквидистантному контуру ?

#### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Разработка управляющей программы для обработки на токарном станке с ЧПУ

**Ц е л ь р а б о т ы:** практическое освоение методики подготовки управляющей программы для обработки заготовки на токарном станке 16К20Ф3С05 с системой ЧПУ И22-1М.

Работа рассчитана на два академических часа.

Разработка программы обработки производится по одному из вариантов, приведенных в табл. I.

Т а б л и ц а I

Размеры детали

№ варианта	Номинальные размеры детали, мм									
	$D^*$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$L_1^*$	$L_{11}$	$L_{12}$	$L_{13}$	$L_{14}$
I	50	44	44	38	36	180	45	80	0	30
2	52	48	40	40	36	165	60	60	10,7	30
3	56	50	50	40	34	170	50	90	0	35
4	60	56	48	48	42	180	70	70	13,6	40
5	65	60	60	50	44	190	50	100	0	45
6	70	65	55	55	50	200	80	80	15,2	50
7	75	70	70	55	50	220	60	120	0	50
8	80	75	60	60	55	230	100	100	15,0	60
9	85	80	80	60	55	250	80	160	0	50
10	90	85	70	70	60	270	100	100	18,5	110
11	95	90	90	70	65	300	100	180	0	70
12	100	95	70	70	65	320	160	160	15,4	100

Точность изготовления диаметров по  $h_9$ , линейных размеров  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

С о д е р ж а н и е о п е р а ц и и :

Точить, выдерживая размеры I-10, окончательно. Глубина резания  $t = 1,5$  мм; подача  $S_p = 0,1$  мм/об; скорость резания  $V = 125-130$  м/мин.

Операционный эскиз приведен на рис. I.

М е т о д и ч е с к и е у к а з а н и я

I. Техническая характеристика станка I6K20B3005

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной - 400 мм, над суппортом - 220 мм. Максимальная длина продольного перемещения каретки - 900 мм, поперечного суппорта - 250 мм. Число инструментов в резцедержке с горизонтальной осью вращения - 6. Число рабочих скоростей шпинделя - 18, число автоматически переключаемых скоростей - 9 (3 диапазона). Пределы чисел оборотов - 12,5+2000 об/мин.



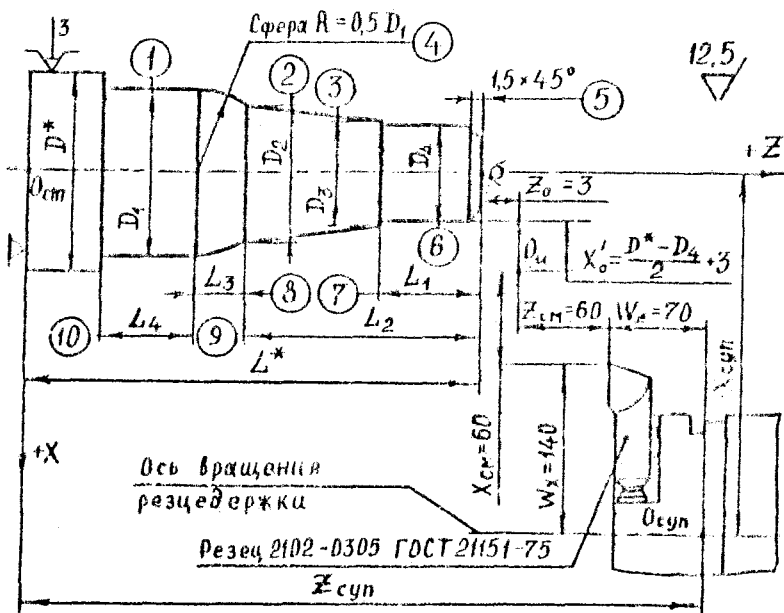


Рис. I. Операционный эскиз

Обработка детали на станке 16К20Ф3С05 может производиться в центрах или в патроне с поджимом задним центром.

На станке 16К20Ф3С05 оси координат в соответствии с ГОСТ 23597-79 направлены следующим образом. Ось  $Z$  совпадает с осью вращения шпинделя станка. За положительное направление оси взято направление в сторону задней бабки. Ось  $X$  по направлению совпадает с перемещением поперечного суппорта: положительное направление — от оси центров станка (детали) в сторону рабочего.

Начало системы координат токарного станка выбирается в точке пересечения оси вращения шпинделя (детали) и торца патрона.

Положение суппорта (резцедержки) определяется регулируемыми упорами, расположенными на станине и продольном суппорте.

Координаты "нулевой точки суппорта" — " $O_{суп.}$ ", от которой бу-

дет начинаться работа станка, определяются из выражений

$$\begin{aligned} Z_{\text{суп}} &= L_{\text{заг. макс}} + Z_0 + Z_{\text{см}} + W_z; \\ X_{\text{суп}} &= D_{\text{заг. макс}}/2 + X_0 + Z_{\text{см}} + W_x, \end{aligned}$$

где  $D_{\text{заг. макс}}$ ,  $L_{\text{заг. макс}}$  — предельные размеры заготовки;  $W_z$ ,  $W_x$  — наибольшие установочные координаты инструментов;  $Z_{\text{см}}$ ,  $X_{\text{см}}$  — некоторые величины, гарантирующие безопасность установки и смены детали и затупившегося инструмента.

Исходной или нулевой точкой обработки называется точка, от которой начинается перемещение инструмента по программе. Расположение этой точки "0<sub>и</sub>" выбирается относительно внешнего контура заготовки  $Z_0 = 2-3$  мм,  $X_0 = 2-3$  мм. Для выведения вершины резца в исходную точку обработки пользуются смещением положения суппорта ( $X_{\text{см}}$ ,  $Z_{\text{см}}$ ).

## 2. Техническая характеристика системы управления И22-ИМ и основы программирования

Программа обработки кодируется в коде ИСО-7 бит по ГОСТ 13052-74. Программа обработки детали составляется из определенного количества кадров информации. Кадр состоит из слов. Некоторые слова в кадре могут быть опущены. Слово состоит из адресной и числовой части. Адрес обозначается буквой и представляет собой функцию.

Система И22-ИМ обеспечивает линейную и круговую интерполяцию геометрической информации, заложенной в программе.

Допускается программирование геометрической информации как в относительной (в приращениях), так и в абсолютной системе координат. Кроме геометрической информации в программе указываются технологические команды, управляющие автоматикой станка, а также сведения о режиме работы устройства.

Состав кадра:

$N3. G2. X \pm 6. Z \pm 6. I \pm 6. K \pm 6. F5. S3. T3. L2. M3. FE_2.$

Служебный символ % — начало программы — предшествует первому кадру.  $N$  — номер кадра;  $G$  — подготовительная функция;  $X, Z$  — координаты конечной точки перемещения;  $I, K$  — координаты центра дуги окружности относительно начальной точки дуги;  $F$  — величина подачи;  $S$  — частота вращения шпинделя;  $T$  — номер инструмента;

$L$  — номер корректора инструмента;  $M$  — вспомогательные команды;

цифра после адреса - число байт;  $FE_2$  - конец кадра, обязателен в конце каждого кадра.

2.1. Номер кадра обязателен в начале каждого кадра программы, например,  $N 001$ ,  $N 002$  и т.д.

2.2. Подготовительные функции  $G$  определяют режим работы системы ЧПУ. Вводятся при изменении условий перемещения.

- $G 01$  - линейное перемещение;
- $G 02$  - круговое перемещение по часовой стрелке;
- $G 03$  - круговое перемещение против часовой стрелки;
- $G 25$  - возврат в "0" станка;
- $G 26$  - работа в относительной системе координат (в приращенных);
- $G 27$  - работа в абсолютной системе координат (осуществляет сдвиг нуля);
- $G 40$  - отмена коррекции инструмента;
- $G 58$  - линейное смещение "0" детали.

В одном кадре можно вводить только одну функцию  $G$ . Введенная функция  $G$  действует до введения в каком-либо кадре программы другой функции  $G$ .

2.3. Координаты конечной точки перемещения  $X$ ,  $Z$  программируются со знаком "+" или "-" в импульсах. Незначащие нули программируются обязательно. Цена импульса по координате  $Z$  - 0,01 мм, по координате  $X$  - 0,005 мм.

Необходимыми данными для программирования линейного перемещения являются:

- подготовительная функция  $G 01$ ;
- координаты конечной точки перемещения (опорной точки) относительно начальной точки перемещения ( $X$  и  $Z$ ;  $X$  или  $Z$ ) в импульсах;
- информация о подаче  $F$  в мм/мин.

Расчет координат опорных точек начинается с точки "0<sub>и</sub>". Вычерчивается траектория перемещения резца во время выполнения рабочего хода. Выход резца на заданную глубину резания определяется из условия, что после обработки должен получиться номинальный размер обрабатываемой поверхности. На каждом участке траектории движения начало координат находится в начальной точке этого участка траектории движения инструмента (относительная система координат), а определяются координаты конечной точки этого же участка траекто-

рии относительно начальной точки (т.е. относительно начала координат). Расчет координат опорных точек производится по номинальным размерам.

Расчитанные координаты опорных точек в мм и в импульсах занесены в табл. 5.

2.4. Координаты центра круга  $I$ ,  $K$  определяют относительные размеры начальной точки дуги к центру окружности. Программируются только в относительной системе координат со знаком "+". Знак "+" программируется обязательно. Цена импульса по координате  $K$  - 0,01 мм, по координате  $I$  - 0,005 мм.

Подготовительные функции  $G 02$  и  $G 03$ , а также знаки и координаты перемещения по дуге показаны на рис. 2.

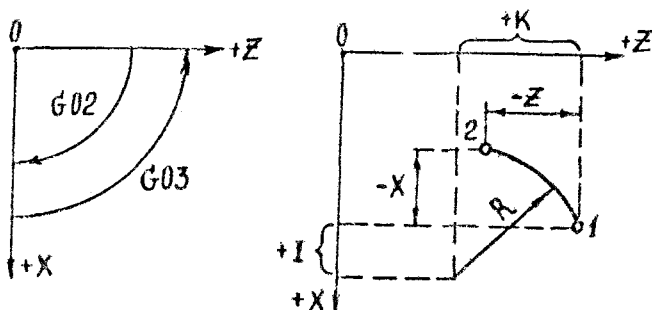


Рис. 2. Подготовительные функции  $G 02$  и  $G 03$ , знаки и координаты перемещения по дуге

Необходимыми данными для кругового перемещения являются:

- подготовительная функция  $G 02$  или  $G 03$ ;
- координаты центра дуги окружности  $I$ ,  $K$  относительно начальной точки перемещения по дуге. Незначащие нули программируются обязательно, знак "+" программируется обязательно;
- координаты конечной точки перемещения относительно начальной точки дуги  $X$  и  $Z$ ;
- информация о величине подачи " $F$ " в мм/мин.

2.5. Смещение нуля детали " $0_{II}$ ". За " $0_{II}$ " принимается точка, с которой происходит обработка изделия по программе. Выход из нулевой точки ( $0_{суп}$ ) в зону обработки (в точку " $0_{II}$ ") всегда должен осуществляться в отрицательных направлениях по обеим осям.

Выход из "0<sub>суп</sub>" в "0<sub>и</sub>" возможен только в абсолютной системе координат и осуществляется на подаче  $F 70000$ . Величина перемещений  $X_{см}$  и  $Z_{см}$  определяется оператором при наладке станка и выбирается на декадных переключателях смещения "0"  $OX$  и  $OZ$  в импульсах с противоположным знаком.

Необходимая информация для задания смещения "0":

- $G 27$  - абсолютная система координат;
- $F$  - величина подачи для отработки смещения;
- $G 58$  - смещение "0".

Пример:  $N 001 G 27 F 70000 \dots$

$N 002 G 58 X+000000 Z +000000 \dots$

2.6. Возврат в "0<sub>суп</sub>" происходит одновременно только по одной координате в положительном направлении. Для этого в кадре должны быть: функция  $G 25$ ; координата, по которой осуществляется возврат в "0<sub>суп</sub>", с указанием знака "+" и расстояния, заведомо превышающего расстояние от инструмента до кулачка "Нуль станка"; подача  $F 70000$ .

Пример:  $N 060 G 25 X+999999 F 70000 FE_2$   
 $N 081 G 25 Z +999999 F 70000 FE_2$

2.7. Подача программируется адресом  $F$  с пятью разрядами. Старший разряд после адреса - признак диапазона подач. При программировании в старшем разряде:

- "1" - диапазон рабочих подач в пределах от 1 мм/мин до 1200 мм/мин;
- "2" - диапазон рабочих подач в пределах от 0,05 мм/мин до 60 мм/мин;
- "7" - скорость быстрого хода.

Остальные разряды обозначают величину подачи в мм/мин.

Перемещение по быстрому ходу программируется функцией  $F 70000$ . В одном кадре быстрый ход возможен только по одной координате. При расстояниях менее 20 мм следует программировать не быстрый ход, а подачу 1200 мм/мин.

Скорость быстрого хода по координате  $Z$  - 4800 мм/мин, по координате  $X$  - 2400 мм/мин.

Программирование величины подачи во 2-м диапазоне необходимо производить согласно табл. 2.

Т а б л и ц а 2  
Программируемая и действительная подача  
для второго диапазона

Программируемая подача, мм/мин	1	2	3	4	5	6	7	8	...	1200
Действительная подача, мм/мин, для 2-го диапазона	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	...	60

Введенная подача  $F$  действует до введения нового значения подачи.

2.8. Технологические команды  $S$ ,  $T$ ,  $M$  имеют 3 разряда. Старший разряд после адреса принимает значение "0" или "1".

При наличии "0" выполнение технологической команды начинается вместе с обработкой геометрической информации.

При наличии "1" обработка следующего кадра начинается только после ответа от станка об исполнении технологической команды.

В одном кадре нельзя программировать две команды одной и той же функции.

2.8.1. Вторая и третья цифры в адресе  $S$  - код частоты вращения шпинделя в соответствии с табл. 3.

Т а б л и ц а 3  
Диапазон и коды частот вращения шпинделя

№ диапазона		Частота вращения шпинделя								
1	КОД	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Число оборотов	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
2	КОД	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Число оборотов	50	71	100	140	200	290	400	560	800
3	КОД	41	42	43	44	45	46	47	48	49
	Число оборотов	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Переключение диапазонов - вручную с помощью рукоятки, установленной на шпиндельной бабке.

Включение скорости шпинделя рекомендуется вводить отдельным кадром. Для включения частоты вращения шпинделя кадр должен содержать адрес  $S$  и вспомогательную функцию МОЗ или МО4 для определения направления вращения шпинделя.

2.8.2. Остальные два разряда в адресе Т предназначены для обозначения номера инструмента (О1 - 1-й инструмент ..., О6 - 6-й инструмент).

При смене инструмента (поворот резцедержки) соблюдать, чтобы вершины всех инструментов находились не ближе 50 мм от поверхности детали по X и не ближе 15 мм от торца детали или патрона по оси Z.

2.8.3. Вспомогательные функции М, используемые на станке, приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Код	Содержание	Действие на 1 кадр	Отменяет	Действие	
				после перемещения	до перемещения
МО0	Останов по программе	+	МОЗ; МО4	+	
МО1	Останов с подтверждением	+	МОЗ; МО4	+	
МО2	Конец программы	+	МОЗ; МО4	+	
МО3	Вращение шпинделя по часовой стрелке		МО4; МО5 МО2; МО30		+
МО4	Вращение шпинделя против часовой стрелки		МО3; МО5 МО2; МО30		+
МО5	Останов шпинделя		МО3; МО4	+	
МО8	Включение охлаждения			+	
МО9	Отключение охлаждения		МО8	+	

2.9. Программирование коррекции инструмента осуществляется адресом L с двумя разрядами. Старший разряд предназначен для обозначения возможности ввода коррекции, т.е. по какой оси вводится коррекция.

При программировании: 1 - ввод коррекции по оси X; 2 - ввод коррекции по оси Z; 3 - ввод коррекции по оси X и Z одновременно.

Второй, младший разряд - номер корректора. Величина коррекции вводится с помощью десятичных переключателей на пульте ЧПУ. Ве-

личина коррекции  $\pm 9999$  импульсов. Цена импульса по координате  $Z - 0,01$  мм, по оси  $X - 0,005$  мм.

Наличие коррекции инструмента позволяет компенсировать износ инструмента, разницу в установке между рассчитанным программистом и действительным положением инструмента.

Перемещения инструмента в процессе коррекции - линейные. Они происходят в кадрах с линейными перемещениями.

Необходимыми данными для ввода коррекции инструмента являются:

-  $G' 26$  - относительная система координат. Ввод коррекции возможен только в относительной системе координат при линейной интерполяции (наличие функций  $G' 26$  и  $G' 01$ ).

- функция  $L$  - разрешение на ввод коррекции;

- величина подачи  $F$  для отработки этого перемещения.

Программирование коррекции инструмента может осуществляться как в отдельном кадре, так и в кадре, содержащем перемещение.

Введению каждой коррекции инструмента должна предшествовать отмена предыдущей коррекции.

При отмене коррекции величина, набранная на декадных переключателях, обрабатывается с противоположным знаком. Кадр, при отработке которого происходит отмена коррекции, должен содержать функции  $G' 40$  (отмена коррекции),  $L$  и подачу  $F$ .

П р и м е р :

Разработать управляющую программу на операцию: точить, выдерживая размеры I-10. Операционный эскиз см. на рис. I. Подача

$S_M = 80$  мм/мин, частота вращения шпинделя  $n = 800$  об/мин, глубина резания  $t = 1,5$  мм.

Размеры:  $D^* = 56$  мм,  $D_1 = 50_{-0,05}$  мм,  $D_3 = 32_{+0,05}$  мм,  $D_4 = 30$  мм,  $L^* = 200$  мм,  $L_1 = 40$  мм,  $L_2 = 100 \pm 0,4$  мм,  $L_3 = 11,9$  мм,  $L_4 = 28,1 \pm 0,3$  мм,  $D_2 = 44_{-0,05}$  мм.

Вычерчиваем траекторию движения режущего инструмента (рис.3).

Рассчитываем координаты опорных точек и заносим их в табл.5.

Выбираем подготовительные функции  $G'$ , назначаем номер корректора для инструмента, назначаем вспомогательные функции  $M, S, T$  и составляем программу.



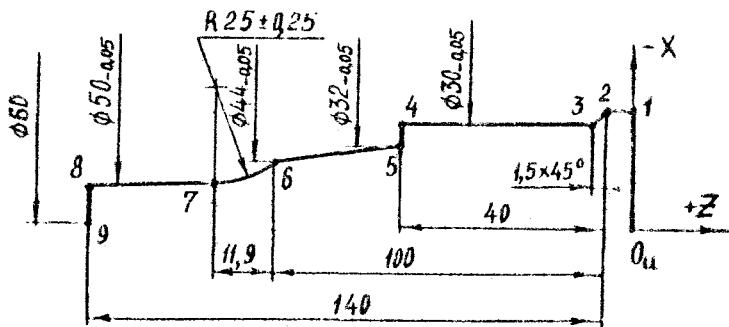


Рис. 3. Траектория движения инструмента

Т а б л и ц а 5

Координаты опорных точек

Участок траектории	Перемещение по осям, мм			
	$\Delta X$	$\Delta Z$	I	K
$O_K - I$	-17,5	0		
$I - 2$	0	-3		
$2 - 3$	+1,5	-1,5		
$3 - 4$	0	-38,5		
$4 - 5$	+1,0	0		
$5 - 6$	+6	-60		
$6 - 7$	+3	-11,9	+22,0	+11,9
$7 - 8$	0	-28,1		
$8 - 9$	+5	0		

1. Начало программы, абсолютная система координат, включение шпинделя против часовой стрелки с частотой 800 об/мин, поворот резцедержки в позицию I.

% FE<sub>2</sub>

N 001 G 27 S 129 T101 M104 FE<sub>2</sub>.

2. Смещение нуля детали (перемещение резцедержки в "O<sub>И</sub>") на быстром ходу.

N 002 G 58 Z +000000 F 70000 FE<sub>2</sub>.

N 003 X+000000 FE<sub>2</sub>.

3. Переключение системы ЧПУ в относительную систему координат, ввод коррекции инструмента по осям X и Z с корректора номер I.

N 004 G 26 F I0600 L 3I FE<sub>2</sub>.

4. Работа станка в режиме линейной интерполяции (перемещение из точки "0<sub>И</sub>" в точку "I").

N 005 G 01 X-003500 FE<sub>2</sub>.

5. Работа на рабочей подаче.

N 006 Z -000300 F -I0080 FE<sub>2</sub> (участок I-2)

N 007 X+000300 Z -000150 FE<sub>2</sub> (участок 2-3)

N 008 Z -003850 FE<sub>2</sub> (участок 3-4)

N 009 X+000200 FE<sub>2</sub> (участок 4-5)

N 010 X+001200 Z -006000 FE<sub>2</sub> (участок 5-6)

6. Работа в режиме круговой интерполяции по часовой стрелке на участке 6-7.

N 011 G 02 X+000600 Z -001190 I +004400 K+001190 FE<sub>2</sub>

N 012 G 01 Z -002810 FE<sub>2</sub> (участок 7-8)

N 013 X-001000 FE<sub>2</sub> (участок 8-9)

7. Отмена коррекции инструмента, останов шпинделя.

N 014 G 40 F I0600 M105 L 3I FE<sub>2</sub>.

8. Возврат в "0<sub>суп</sub>".

N 015 G 25 X+999999 F 70000 FE<sub>2</sub>

N 016 G 25 Z+999999 FE<sub>2</sub>

9. Конец программы.

N 017 M102 FE<sub>2</sub>.

### Порядок выполнения работы

1. Вычертить операционный эскиз с указанием размеров детали по выданному заданию.

2. Рассчитать координаты "нулевой точки суппорта" - "0<sub>суп</sub>" - и указать их на операционном эскизе.

3. Вычертить траекторию движения режущего инструмента.

4. Рассчитать координаты опорных точек.

5. Рассчитать числа оборотов и минутные подачи.

6. Выбрать подготовительные функции.

7. Назначить номера корректоров для инструмента.

8. Назначить вспомогательные функции.

9. Составить программу.

10. Составить отчет.

## Контрольные вопросы

1. Назовите технические характеристики станка I6K2033005.
2. Что входит в состав кадра ?
3. Какую интерполяцию обеспечивает система ЧПУ H22-IM ?
4. В какой системе координат можно программировать геометрическую информацию при использовании системы ЧПУ H22-IM ?
5. Что определяют подготовительные функции ?
6. Как программируется дуга окружности ?
7. Как программируется подача ?
8. Зачем вводится коррекция инструмента ?
9. Как рассчитать координаты опорных точек ?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Разработка управляющей программы для обработки  
детали на станке 2P135Ф2

**Ц е л ь р а б о т ы :** практическое освоение методики разработки управляющей программы для обработки деталей на сверлильных станках с позиционной системой программного управления.

Работа рассчитана на четыре часа.

### Задание

Для одного из указанных в табл. I вариантов разработать управляющую программу. (Чертежи в приложении I),      Т а б л и ц а I

#### Варианты заданий

№ вар.	№ рис.	Наименование и материал детали	Отверстия, подлежащие обработке
1	1	Планка, сталь 40	Ø13-2 отв.; M16x1,5-7H
2	2	Колодка, сталь 3	2 отв. Ø10; 3 отв. Ø9, M8-7H
3	3	Прижим, сталь 40X	Ø11; Ø18, 2 отв. Ø6H7
4	4	Планка, сталь 20	3 отв. Ø10,5; 2 отв. Ø10H8
5	5	Рычаг, сталь 45	Ø35H7, Ø16H7
6	5	То же	M12-7H-2 отв.; 4 отв. M8-7H
7	6	Вилка, чугун СЧ15	Ø18H12, Ø30, фаска, 2 отв. M8-7H
8	7	Вилка, сталь 45	2 отв. Ø7; 2 отв. Ø11; 2 отв. Ø8
9	8	Корпус, чугун СЧ15	Ø22H7, 2 отв. M8-7H
10	8	То же	Ø8H9, Ø15, 4 отв. M8-7H

Примечание. Неуказанные предельные отклонения H14,  
 $\pm \frac{IT14}{2}$ .

Обработка на сверлильных станках с ЧПУ производится в мелко-серийном и серийном производстве. Станок вертикально-сверлильный с крестовым столом и револьверной головкой предназначен для сверления, рассверливания, зенкерования, развертывания, нарезания метрической резьбы метчиками, цекования, подрезания торцов и зенкования. При этом станки обеспечивают точность исполнения межосевых расстояний в пределах 0,10...0,15 мм.

Наличие на станке револьверной головки позволяет производить обработку в полуавтоматическом режиме (не автоматизирована только установка заготовки на стол станка).

На этом станке обрабатываются детали типа крышек, фланцев, панелей и т.п. без предварительной разметки и без применения кондукторов. Расположение осей координат станка показано на рис. 1.

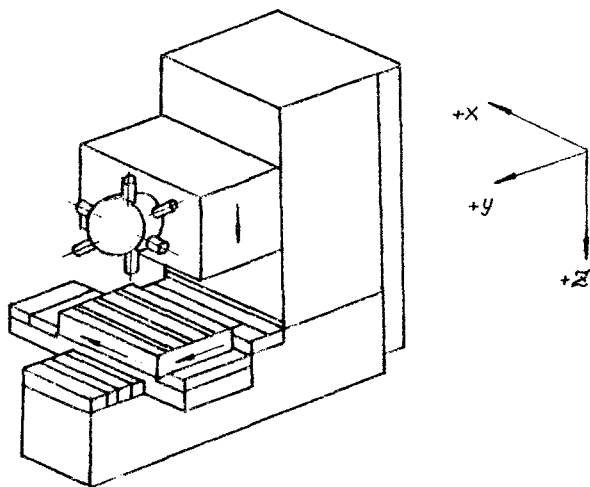


Рис. 1. Обозначение осей координат на станке 2PI35F2

Принятые на станке 2PI35F2 направления осей координат не соответствуют ГОСТ 23597-79 и рекомендациям ИСО.

Станок имеет три программируемых перемещения: по осям X, Y, Z. Класс точности станка Н - нормальный.

### Основные положения

Подготовка управляющей программы для обработки детали на станке с ЧПУ включает подготовку информации и нанесение ее на программно-носитель. Информация, которая необходима для обработки детали, подразделяется на геометрическую и технологическую. В позиционных системах программного управления вся геометрическая информация определяется из чертежа детали. К технологической информации относятся составление операционной технологии, выбор режима резания, задание технологических команд и т.д. Вся технологическая информация определяется из технических условий и точности обработки деталей, справочников, каталогов.

В общем случае для выполнения ручного программирования необходимы: чертеж детали с техническими требованиями на ее изготовление, руководство по эксплуатации станка, инструкция по программированию для устройства ЧПУ на данном станке, каталоги режущего и вспомогательного инструмента с настроечными размерами, нормативы режимов резания.

Так как цель данной работы - только разработка управляющей программы, то часть технологической информации (переходы обработки, соответствующие инструменты с наладочными размерами, режимы резания) указана в приложении 2 к данной работе.

### Разработка технологического эскиза

На технологическом эскизе указываются эскиз детали, начало (нуль) и направление осей системы координат, исходная точка. В станке 2Р135Ф2 используется система координат, нуль которой может располагаться в любой точке рабочего пространства. Исходная точка обработки выбирается из условий обеспечения минимальных холостых ходов и беспрепятственной смены инструмента в этом положении. Целесообразно совместить начало выбранной системы координат, исходную точку с осью одного из отверстий. Исходное положение шпинделя Z<sub>0</sub> устанавливает с учетом максимального вылета инструмента и минимального расстояния до обрабатываемой поверхности, обеспечивающего возможность поворота револьверной головки с инструментами.

На рис. 2 показана схема настройки инструмента по оси  $Z$ .

Рекомендуемое наименьшее расстояние от торца шпинделя до стола станка  $H_{min}$  определяется

$$H_{min} = L_{max} + R + y + h,$$

- где  $L_{max}$  - вылет (наладочный размер) наибольшего по длине инструмента, мм;
- $R$  - минимальное расстояние от конца инструмента до обрабатываемой поверхности, обеспечивающее поворот револьверной головки с инструментами, мм. Принимается равным 5...10 мм;
- $h$  - расстояние от стола до обрабатываемой поверхности, мм;
- $y$  - величина подвода, врезания инструмента, мм.

При составлении технологического эскиза чертеж детали следует переработать: все размеры, необходимые для обработки на сверлильном станке с ЧПУ, должны быть проставлены в выбранной системе координат. Обрабатываемые отверстия на эскизе нумеруются, причем номер каждого отверстия, по возможности, отражает выбранную последовательность обработки.

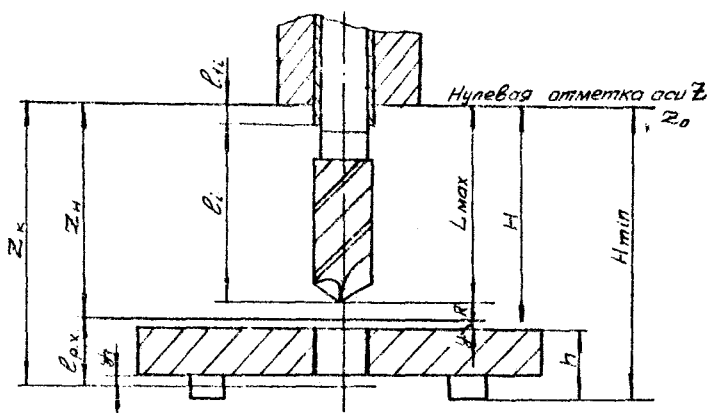


Рис. 2. Схема настройки инструмента по оси  $Z$

## Выбор последовательности обработки

Последовательность обработки выбирается, в основном, по тем же признакам, что и для аналогичных станков с ручным управлением. Особенности обработки на сверлильных станках с ЧПУ:

- перед сверлением отверстий диаметром до 15 мм рекомендуется производить центрование;
- при обработке отверстий 6,7,8 квалитетов точности с точным межцентровым расстоянием каждое отверстие обрабатывается полностью по всем переходам, обеспечивающим требуемую точность, форму и шероховатость поверхности. Все переходы выполняются при одном позиционировании детали относительно шпинделя станка. При завершении полной обработки одного отверстия осуществляется перемещение детали для обработки следующего отверстия;
- при обработке одинаковых отверстий 11,12 квалитетов точности выполняется последовательная обработка всех отверстий одним инструментом, затем в той же последовательности-другим (если в этом есть необходимость);
- для повышения точности позиционирования рекомендуется при установке координаты перемещать стол всегда в одном направлении (например, слева направо);
- при сверлении глубоких отверстий необходимо снижать частоту вращения шпинделя до 15% и величину подачи до 10% и предусматривать выводы сверла.

## Разработка управляющей программы

В вертикально-сверлильном станке 2P135Ф2 используется система ЧПУ "2132-3". Эта система обеспечивает позиционное численное программное управление станком. Перемещение рабочих органов станка происходит по прямолинейным траекториям в заданные координаты соответственно выполняемым переходам обработки. Задачей позиционной системы программного управления является перемещение (позиционирование) исполнительного органа с максимальной скоростью (3800 мм/мин) и переключением привода на медленную ("ползучую") скорость при подходе к заданной позиции с достаточной точностью и минимальной оснасткой. Точность позиционирования в значительной мере определяется величиной "ползучей" скорости.

Позиционные системы программного управления обеспечивают по-

очередное перемещение рабочих органов станка вдоль направляющих из позиции в позицию согласно программе. Такие системы применяются, главным образом, на расточных и сверлильных станках, для которых наиболее характерна работа по схеме: позиционирование (выход на координату) – рабочий цикл (сверление, резьбонарезание, растачивание).

При составлении управляющей программы следует обязательно пользоваться руководством по программированию.

#### Основные данные о системе ЧПУ "2П32-3"

Информация для этой системы кодируется в коде ИСО-7бит по ГОСТ 13052-77.

Формат кадра:

$\#3 \bar{G} 2 T 2 S 2 F 2 L 2 X_{\pm 4,2} Y_{\pm 4,2} R_{\pm 4,2} Z_{\pm 4,2} PC$ ,

где  $\#3$  – номер кадра;

$\bar{G} 2$  – подготовительная функция;

$T 2$  – номер инструмента;

$S 2$  – частота вращения шпинделя;

$F 2$  – скорость подачи;

$L 2$  – коррекция на длину инструмента;

$X_{\pm 4,2}$ ;  $Y_{\pm 4,2}$ ;  $Z_{\pm 4,2}$ ;  $R_{\pm 4,2}$  – координаты перемещения рабочих органов;

PC – конец кадра.

Структура кадра может быть произвольной, за исключением номера кадра, т.е. адреса  $F$ ,  $S$ ,  $T$ ,  $\bar{G}$ ,  $M$ ,  $L$  можно менять местами. Кадр имеет переменную длину, т.е. в кадр могут входить не все адреса, указанные в формате. Каждая команда (адрес) встречается в одном кадре только один раз.

Признак адреса всегда записывается перед числовой информацией, например,  $\bar{G} 86$ ,  $F 10$ ,  $S 09$ .

Номер кадров  $\#3$ .  $\#$  – адрес, 3 – число десятичных разрядов (число строк), указывающих номер кадра. Например, первый кадр кодируется  $\#001$ , пятнадцатый –  $\#015$ .

Подготовительная функция  $\bar{G} 2$ . В системе "2П32-3" применяются подготовительные функции групп  $\bar{G} 8... и \bar{G} 9...$ , которые обеспечивают программирование работы станка по постоянным циклам.

Функции группы  $\bar{G} 8...$  используются для управления перемеще-



нием по оси  $Z$ . Эти функции ( $\text{G} 81, \text{G} 82, \text{G} 84, \text{G} 86$ ) обеспечивают быстрый подвод шпинделя станка к детали (координата  $R$ ), обработку детали (координата  $Z$ ), быстрый отвод от детали на величину неполного отвода (рис. 3). В некоторых случаях обеспечивается задержка после обработки ( $\text{G} 82, \text{G} 86$ ) или реверс инструмента ( $\text{G} 84$ ).

Функции группы  $\text{G} 9\dots$  отличаются от функций группы  $\text{G} 8\dots$  тем, что обеспечивают быстрый отвод инструмента к началу отсчета координаты  $R$ .

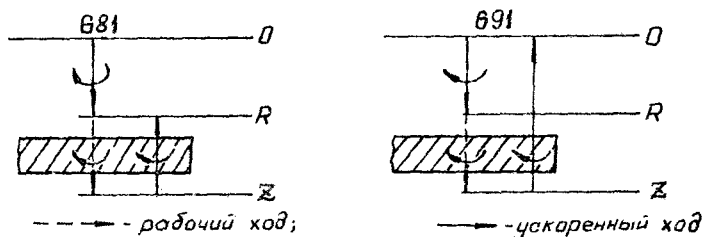


Рис. 3. Постоянные циклы сверления

Предусмотрены следующие подготовительные функции:

- $\text{G} 81$  ( $\text{G} 91$ ) – сверление по постоянному циклу;
- $\text{G} 82$  – подрезка торца по постоянному циклу. При использовании ( $\text{G} 92$ ) функции  $\text{G} 82$  ( $\text{G} 92$ ) предусмотрена задержка после обработки (по координате  $Z$ );
- $\text{G} 84$  – резбонарезание по постоянному циклу. Функция предусматривает реверс отработки координаты  $Z$ , отвод рабочего органа на рабочей подаче к координате  $R$ ;
- $\text{G} 86$  ( $\text{G} 96$ ) – расточка по постоянному циклу. Функция предусматривает остановку вращения шпинделя после отработки координаты  $Z$ ;
- $\text{G} 66$  – используется для организации постоянного цикла (управление по оси  $Z$ ). Быстрый подвод рабочего органа к координате  $R$  (к детали), движение рабочего органа на рабочей подаче по координате  $Z$  (обработка детали), остановка рабочего органа после отработки координаты  $Z$ ;
- $\text{G} 66$  – используется также для программирования движения по осям  $X$  и  $Y$  на рабочей подаче с подходом рабочего органа к заданной координате со стороны первоначального движения без контроля зоны;

- С 60 - позиционирование по осям X и Y с подходом рабочего органа к заданной координате с одной стороны с последующим контролем зоны;
- С 61 - то же, что и С 60, но с контролем зоны;
- С 80 - отменяет постоянные циклы, при этом возможна работа по оси Z по функции С 66;
- С 90 - отменяет все постоянные циклы, при этом происходит прекращение работы по оси Z.

Если в первом кадре программы нет функций С 60, С 61, С 66, то подход к заданной точке будет осуществляться с одной стороны с последующим контролем зоны так же, как по функции С 60.

**Номер инструмента T2.** Инструмент кодируется адресом T, 2 - число десятичных разрядов (от 01 до 06). Например, обработка первым инструментом кодируется адресом T01. В системе ЧПУ станка 2P135F2 можно запрограммировать без смены инструментов работу шестью инструментами. Если для обработки детали требуется больше шести инструментов (до 9), то программируется команда M06 (смена инструмента). После смены инструмента идет обработка по программе. Смена инструмента в этом случае идет вручную.

**Частота вращения шпинделя S2.** Кодируется адресом S и кодовым числом, состоящим из двух цифр. Коды частот вращения приведены в таблице 2.

**Скорость подачи F2.** Кодируется адресом F и кодовым числом. Коды подач приведены в таблице 3.

**Коррекция на длину инструмента L2.** Кодируется адресом L, 2 - номер корректора. Для учета размеров (наладочной длины) инструмента в устройстве ЧПУ имеется девять корректоров. Каждому инструменту присваивается номер корректора. Например, для второго инструмента можно выбрать второй корректор, в программе записать L 02. На переключателях коррекции (на корректорах) набирается наладочный размер (наладочная длина) инструмента.

Кроме того, на переключателях коррекции можно также устанавливать сумму величин  $L_i + R_i$ , состоящую из длины инструмента  $L_i$  и расстояния  $R_i$  от верхнего исходного положения конца инструмента до места обработки (см. рис. 2).

Т а б л и ц а 2

Коды частоты вращения

Код	Частота вращения, об/мин	Код	Частота вращения, об/мин
01	31,5	07	250
02	45	08	355
03	63	09	500
04	90	10	710
05	125	11	1000
06	180	12	1400

Т а б л и ц а 3

Коды скорости подачи

Код	Подача, мм/мин	Код	Подача, мм/мин
01	10	10	80
02	12,5	11	100
03	16	12	125
04	20	13	160
05	25	14	200
06	31,5	15	250
07	40	16	315
08	50	17	400
09	63	18	500

Координаты перемещения рабочих органов  $Z \pm 4,2$ ;  $R \pm 4,2$ ;  $X \pm 4,2$ ;  $Y \pm 4,2$ . Рассчитываются в абсолютной системе координат. Слово, определяющее перемещение, содержит адрес  $X, Y, R, Z$ , знак координаты "+" или "-" и шесть цифр (4,2), определяющих ее величину. Величина перемещения кодируется с точностью  $10^{-2}$  мм.

Если на соответствующем переключателе коррекции инструмента устанавливается величина, учитывающая только длину инструмента  $L_j$ , то величина координаты  $R_j$  программируется в натуральную величину, а координата  $Z$  программируется как сумма координаты  $R$  и длины рабочего хода  $Z$ . Например,  $R = +25$  мм, длина рабочего хода  $Z = +50$  мм, в программе будет записано  $R +002500$   $Z +007500$ .

Если на переключателе коррекции установлена сумма величин  $L + R$ , то величина координаты  $Z$  программируется равной длине рабочего хода, а величина координаты  $R$  программируется  $R +000000$ .

Для предыдущего примера:  $R +000000$   $Z +007500$ .

MO6 - смена инструмента.

MO2 - конец программы.

#### Методические указания

Разработка управляющей программы для станка 2P135Ф2 рассмат-

ривается на следующем примере. На рис. 4 приведен чертеж детали.

Для обработки детали используются следующие инструменты:

- отв.  $\varnothing 12^{+0,019}$  : 1) сверло центровочное 035-230I-1073 ( $\varnothing 10$ ,  $l = 65$  мм); патрон K2475.000.01 ( $l_1 = 77,5$ );  
 $S = 0,2$  мм/об;  $V = 28,8$  м/мин;
- 2) сверло 035-230I-102I ( $\varnothing 11$ ,  $l = 113$ ); втулка K2.349.000 ( $l_1 = 2,5$ );  $S = 0,2$  мм/об;  $V = 21,6$  м/мин;
- 3) зенкер спец. ( $\varnothing 11,8$ ,  $l = 120$ ); втулка K2.349.000 ( $l_1 = 2,5$ );  $S = 0,3$  мм/об;  $V = 25,08$  м/мин;
- 4) развертка 035-2363-1045 ( $\varnothing 12$ ,  $l = 91$ ); втулка K2.349.000 ( $l_1 = 2,5$ );  $S = 0,7$  мм/об;  $V = 3$  м/мин;
- отв.  $\varnothing 11$  : 5) то же, что и для перехода 1;
- 6) то же, что и для перехода 2;
- отв.  $\varnothing 18$  : 7) зенковка цилиндрическая 035-2350-0108 ( $\varnothing 18$ ,  $l = 65$ ); втулка K2.349.000-01 ( $l_1 = 5,5$ );  
 $S = 0,4$  мм/об;  $V = 22,05$  м/мин.

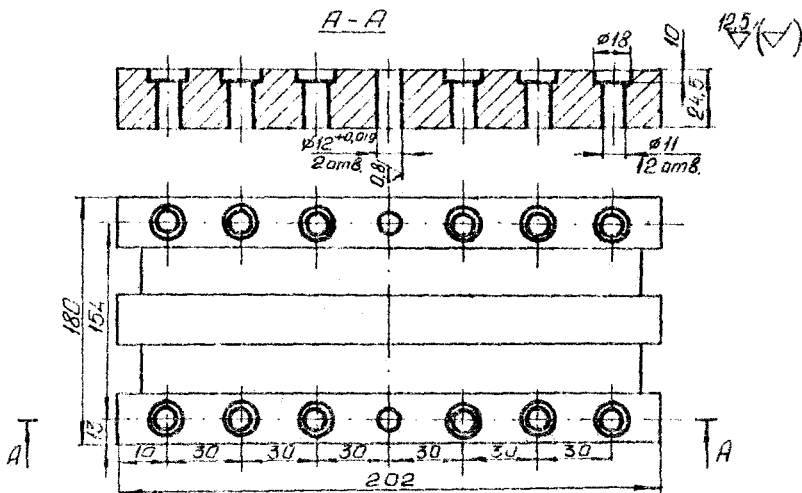


Рис. 4. Опора кассеты

Первый этап – выбор системы координат и переработка чертежа детали относительно выбранной системы координат, т.е. разработка технологического эскиза.

Начало координат и исходная точка совмещаются с осью одного из отверстий  $\varnothing 12^{+0,019}$ . Исходное положение шпинделя  $Z_0$  установлено 160 мм, исходя из того, что самый максимальный наладочный размер  $L = l + l_1 = 65 + 77,5 = 142,5$  мм имеет сверло центровочное + 18мм, чтобы осуществить поворот револьверной головки.

Переработанный чертеж детали приведен на рис. 5 .

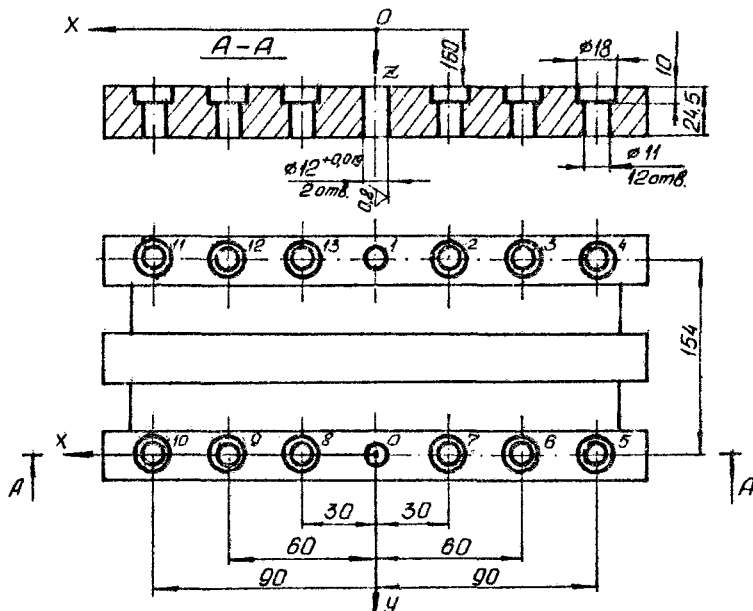


Рис. 5 . Технологический эскиз опоры кассеты

Второй этап – выбор последовательности обработки. Так как отверстие  $\varnothing 12^{+0,019}$  соответствует 7 качеству точности, то каждое отверстие обрабатывается полностью по всем переходам. Отверстия  $\varnothing 11$  обрабатываются последовательно все, затем производится последовательная обработка всех отверстий  $\varnothing 18$ .

Отверстия на эскизе пронумерованы в соответствии с выбранной

Т а б л и ц а 4  
Координаты обрабатываемых отверстий (X,Y)

№ отв.	X	Y	№ отв.	X	Y	№ отв.	X	Y
0	0	0	5	-90	0	10	+90	0
1	0	-154	6	-60	0	11	+90	-154
2	-30	-154	7	-30	0	12	+60	-154
3	-60	-154	8	+30	0	13	+30	-154
4	-90	-154	9	+60	0			

Т а б л и ц а 5

Содержание перехода	Коорд. Z, мм	Инструм.	№ инструм.	Режимы резания и их коды			
				$S_{табл.}$ мм/осм/мин	$V_c$ м/мин	$f_z$ мм/мин	$S$ мин, мм/мин.
1. Центровать отв. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	+9	сверло центр.	01	0,12	28,8	$\frac{915}{S10}$	$\frac{85}{F10}$
2. Сверлить отв. 0	+30	сверло $\emptyset$ II	02	0,2	21,6	$\frac{620}{S09}$	$\frac{100}{F11}$
3. Зенкеровать отв. 0	+28	зенкер $\emptyset$ II,8	03	0,3	25,8	$\frac{695}{S10}$	$\frac{216}{F14}$
4. Развернуть отв. 0	+35	развертка $\emptyset$ I2	04	0,7	3,0	$\frac{80}{S03}$	$\frac{44}{F07}$
5. Сверлить отв. 1	+30	сверло $\emptyset$ II	02	0,2	21,6	$\frac{620}{S09}$	$\frac{100}{F11}$
6. Зенкеровать отв. 1	+28	зенкер $\emptyset$ II,8	03	0,3	25,8	$\frac{695}{S10}$	$\frac{216}{F14}$
7. Развернуть отв. 1	+35	развертка $\emptyset$ I2	04	0,7	3,0	$\frac{80}{S03}$	$\frac{44}{F07}$
8. Сверлить отв. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	+30	сверло $\emptyset$ II	02	0,2	21,6	$\frac{620}{S09}$	$\frac{100}{F11}$
9. Зенковать отв. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	+12	зенковка $\emptyset$ I8	05	0,41	22,05	$\frac{392}{S08}$	$\frac{146}{F12}$

последовательностью обработки.

Последовательность обработки, координаты обрабатываемых поверхностей, режимы резания и их коды приведены в табл. 4, 5.

В табл.4 записываются расстояния отверстий от начала осей координат.

В табл.5 в графе Z записывается длина рабочего хода  $L_{pX}$   
 $Z = L_{pX} = l_{pZ} + y_1 + y_2$ , где  $l_{pZ}$  — длина обрабатываемого отверстия  
 $(y_1 + y_2)$  — длина подвода, врезания, перебега инструмента. В гра-  
 фях "Режимы резания" записываются подача  $S$  и скорость  $V$  (из  
 приложения 2 к данной работе). Частота вращения  $n$  и минутная  
 подача  $S'$  рассчитываются и записываются в числителе соответ-  
 ствующей графы, в знаменателе этих граф записываются коды их значе-  
 ний, уточненных по паспорту станка.

### Управляющая программа

```

:001G81 T01S10F10L01      !:02IG81 T02S09F11L02
  X+000000 Y+000000 R+000000      X-003000 Y-015400 P+000000
  Z+000900 PC                      Z+003000 PC
#002 Y-015400 PC                  #022 X-006000PC
#003 X-003000 PC                  #023 X-009000 PC
#004 X-006000 PC                  #024 Y+000000 PC
#005 X-009000 PC                  #025 X-003000 PC
#006 Y+000000 PC                  #026 X+003000 PC
#007 X-006000 PC                  #027 X+006000 PC
#008 X-003000 PC                  #028 X+009000 PC
#009 X+003000 PC                  #029 Y-015400 PC
#010 X+006000 PC                  #030 X+006000 PC
#011 X+009000 PC                  #031 9I X+003000 PC
#012 Y-015400 PC                  :032G81 T05S08F12L05 X-003000
#013 X+006000 PC                  R+000000Z+001200 PC
#I4G9I X+003000 PC                  #033 X-006000 PC
:015 T02S09F11L02 X+000000 #034 X-009000 PC
  Y+000000 R+000000              #035 Y+000000 PC
  Z+003000 PC                      #036 X-006000 PC
:016 T03S10F14L03 R+000000 #037 X-003000 PC
  Z+002800 PC                      #038 X+003000 PC
:017 T04S03F07L04 R+000000 #039 X+006000 PC
  Z+003500 PC                      #040 X+009000 PC
:018 T02S09F11L02 Y-015400 #041 Y-015400 PC
  R+000000Z+003000 PC              #042 X+006000 PC

```

:019 T03 S10 F14 L03 R+000000 M043 G91 X+003000 NC  
Z +002800 NC M044 G90 X+000000 Y+000000 NC  
:020 T04 S03 F07 L04 R+000000 M045 M02  
Z +003500 NC

Символ : в управляющей программе вместо номера кадра указывает на то, что в данном кадре производится смена инструмента.

На корректорах набирается сумма величин длины инструмента  $L_i$  и расстояния  $R_j$ .

#### Порядок выполнения работы

1. Разработать технологический эскиз детали: выбрать начало координат, переработать чертеж детали, выбрать исходную точку.
2. Определять последовательность обработки, заполнить таблицу координат и расчетно-технологическую таблицу.
3. Разработать управляющую программу.

#### Содержание отчета

1. Название и цель работы. Задание.
2. Обоснование выбора начала системы координат.
3. Технологический эскиз детали.
4. Обоснование выбора последовательности обработки.
5. Таблица координат, расчетно-технологическая таблица.
6. Управляющая программа.

#### Контрольные вопросы

1. Какие факторы оказывают влияние на выбор технологической информации при подготовке к составлению программы?
2. Какие исходные данные для разработки управляющей программы?
3. Как разрабатывается технологический эскиз детали?
4. Как выбирается исходная точка программы?
5. Какие особенности обработки на сверлильных станках с ЧПУ?
6. Как производится выбор последовательности обработки?
7. Сущность позиционной системы программного управления.
8. Как программируются перемещения?
9. Как задается коррекция?



## Практическая работа № 4

Разработка управляющей программы для обработки детали на станке типа "обрабатывающий центр" (ОЦ)

**Ц е л ь р а б о т ы:** практическое освоение методики разработки управляющей программы для обработки деталей на станках типа "обрабатывающий центр" с позиционной системой программного управления.

Работа рассчитана на шесть академических часов.

### З а д а н и е

Для одного из указанных в таблице I вариантов разработать управляющую программу для обработки деталей на станке 6906НМФ2. (Чертежи в приложении I).

Т а б л и ц а I

№ варианта	№ рис.	Наименование и материал детали	Поверхность, подлежащая обработке
I	I	Плита, сталь 40Х	плоскости I, 2, 4 отв. $\varnothing 25H7$ , 4 отв. $\varnothing 30$
2	I	"-	плоскости I, 2, 9 отв. $\varnothing 13$ , 9 ств. $\varnothing 20$
пример	I	"-	плоскости I, 2, 2 отв. $\varnothing 20H7$ , фаска I, 5x45
3	2	Опора, сталь 40Х	плоскости I, 2, 5 отв. $\varnothing 12$ , 5 отв. $\varnothing 20$
4	2	"-	плоскость 3, паз 4, отв. $\varnothing 25H7$
5	2	"-	плоскости 2, 3, 2 отв. М8-7Н на пл. 3 2 отв. М8-7Н на пл. 5
6	3	Опора, сталь 40Х	плоскость I, 5 отв. $\varnothing 12$ , 5 отв. $\varnothing 20$ , $\varnothing 15$ на пл. 5 и 6
7	3	"-	паз 2, 2 отв. М8-7Н, на пл. 3
8	3	"-	2 отв. М12-7Н, отв. $\varnothing 25H7$
9	4	Кронштейн, сталь 35Л	плоскости I, 2, 4 отв. $\varnothing 30H7$ , 4 отв. $\varnothing 40$
10	4	"-	$\varnothing 12H7-4$ отв., 12 отв. $\varnothing 13$ , 12 отв. $\varnothing 12$

**П р и м е ч а н и е.** Неуказанные предельные отклонения Н14,  $\frac{+IT14}{2}$ .

Станок горизонтально-фрезерно-сверлильно-расточной 6906BM12 с крестовым поворотным столом и инструментальным магазином предназначен для комплексной обработки деталей средних размеров с четырех сторон без переустановки. Обрабатывающий центр применяется для фрезерования, сверления, зенкерования, развертывания, растачивания отверстий, нарезания резьбы метчиками в корпусных деталях, крышках, планках и др. в условиях серийного и мелкосерийного производства. Станок, приведенный на рис. I, обладает жесткой конструкцией станины и колонны, имеет магазин с 30 инструментами. На станке осуществляется автоматическое перемещение рабочих органов вдоль трех координатных осей, поворот вокруг оси поворотного стола, смена инструмента, смена режимов резания. Расположение осей координат станка также показано на рис. I.

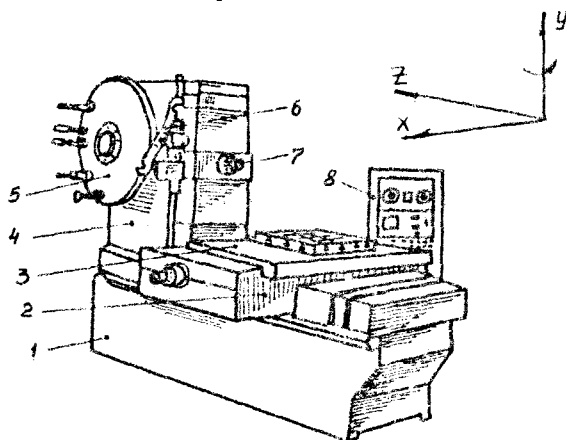


Рис. I. Многоцелевой станок мод. 6906BM12: 1-станина, 2-са-лазки, 3-стол, 4-стойка, 5-инструментальный магазин, 6-автооператор, 7-штигцельная бабка, 8-нульз управления

#### Основные положения

Подготовка управляющей программы для работы станка 6906BM12 не отличается от подготовки управляющей программы станка 2P13512. Исходные данные для разработки операции и управляющей прог-

раммы при обработке на станке с ЧПУ: чертеж детали с техническими требованиями на ее изготовление; руководство для эксплуатации станка; инструкция по программированию для устройства ЧПУ; каталог режущего и вспомогательного инструмента с настроечными размерами; нормативы режимов резания.

В работе поставлена более узкая задача - разработка управляющей программы. Поэтому часть технологической информации (переходы обработки, соответствующие им инструменты и их наладочные размеры, режимы резания) указаны в приложении 2 к данной работе. За наладочный размер принята длина выступающей части инструмента, т.е. расстояние от торца шпинделя до режущей кромки инструмента.

### Разработка технологического эскиза

На эскизе главная проекция детали должна быть выполнена в ее рабочем положении. Число дополнительных проекций, сечений, разрезов должно быть достаточным, чтобы показать все поверхности и их размеры, которые должны быть обработаны и получены на данной операции. Причем размеры должны быть проставлены в выбранной системе координат, т.е. необходима переработка чертежа детали.

На станке различают три системы координат.

1. Начало отсчета станка (нуль станка), точка с нулевыми значениями положения рабочих органов станка. В этом положении система определяет положение начала отсчета перемещений рабочих органов станка. Перемещение рабочих органов по трем взаимно перпендикулярным направлениям с нулем отсчета станка представляет собой его координатную систему.

2. Начало отсчета детали (нуль детали) - точка с нулевым значением системы координат детали, относительно которой задаются ее размеры и положение поверхностей.

3. Начало отсчета обработки (нуль обработки или "плавающий нуль") - точка, от которой начинается запрограммированное перемещение инструмента. Координаты ее задаются относительно координатной системы заготовки.

Отсчет координат от нуля станка имеет следующие недостатки: удлинение холостых ходов, сложная установка заготовки, пересчет

координат детали. Устраняются эти недостатки установкой начала координат в нуль детали. Программа обработки составляется в системе координат, привязанной к заготовке. Система координат детали назначается с таким расчетом, чтобы выполнялись следующие условия:

- координатные плоскости ( $XOY$ ,  $XOZ$ ,  $YOZ$ ) совмещались или были бы параллельны технологическим базовым поверхностям либо проходили бы через оси базовых цилиндрических поверхностей и были бы им перпендикулярны;
- нуль детали размещался недалеко от первой рабочей позиции на одной из осей отверстий, но на таком расстоянии от детали, чтобы была возможность производить беспрепятственные холостые, установочные перемещения, смену инструмента, поворот стола с деталью;
- координаты, определяющие положение детали, по возможности, могли бы быть измерены.

Целесообразно совместить нуль детали, исходную точку с осью первого отверстия.

Обрабатываемую деталь рекомендуется располагать в центре стола (средней его части, удобной для обработки), ось шпинделя совмещать с осью стола (нуль детали по оси  $X$ ) и с осью первого из обрабатываемых отверстий (нуль детали по оси  $Y$ ).

При обработке нескольких плоскостей расстояние от торца шпинделя до оси поворотного стола определяется вылетом (наладочным размером  $L_f$ ) самого длинного инструмента и расстоянием от оси поворота стола до наиболее удаленной точки детали.

Рис. 2 поясняет выбор нуля детали. Обрабатываемая деталь расположена в центре стола. Ось шпинделя совмещена с осью стола,  $X_0 = -315$ . Ось шпинделя совмещена с осью обрабатываемого отверстия,  $Y_0 =$  расстоянию от оси отверстия до плоскости стола. Торцев шпинделя расположен на расстоянии  $A$  от оси поворота стола  $O_1O_1$

$$A = d_{max} + L_{max}$$

где  $d_{max}$  - расстояние от оси поворота стола до наиболее удаленной точки детали, мм. Для случая, указанного на рис. 2,

$$d_{max} = \sqrt{c^2 + (b + b_2)^2}$$

где  $L_{max}$  - вылет (наладочный размер) самого длинного инструмента наладки.

Положение установленного нуля по оси  $Z$  относительно абсолютного нуля станка  $Z'_0 = 795$ , где 795 - максимальное расстояние от торца шпинделя до оси стола.

При обработке только одной плоскости детали положение нулевой плоскости по оси  $Z$  определяется выражением

$$H_z = L_{max} + S_j + 0,5 + l_j,$$

где  $H_z$  - расстояние от нулевой плоскости (торца шпинделя) до рабочей плоскости детали, мм;  $L_{max}$  - расстояние от торца шпинделя до режущей кромки самого длинного инструмента наладки, мм;  $S_j$  - допуск на координату рабочей плоскости детали по оси  $Z$ , мм;  $l_j$  - величина полвода и врезания инструмента, мм.

Обычно длины инструментов  $L_j$  вводятся в корректор (который находится на пульте управления). В этом случае положение плоскости отсчета по оси  $Z$  смещается в новое начало отсчета, так называемый "плавающий ноль". Тогда расстояние  $Z_0$  от "плавающего нуля" до абсолютного нуля станка будет равно

$$Z_0 = Z'_0 - L_{max} = 795 - L_{max}.$$

При обработке детали с четырех сторон величина ускоренного перемещения по оси  $Z$  (координата R) составит:

для плоскости 1

$$R_{i(1)} = d_{max} - b_j - l_i;$$

для плоскости 2

$$R_{i(2)} = d_{max} - a - l_i;$$

для плоскости 3

$$R_{i(3)} = d_{max} - b - l_i;$$

для плоскости 4

$$R_{i(4)} = d_{max} - c - l_i.$$

(I)

Полученные значения смещения начала отсчета  $X_0$ ;  $Y_0$ ;  $Z_0$  (расстояний нуля детали от абсолютного нуля станка) в режиме работы системы ЧПУ "Смещение нуля" вводятся в память системы с пульта управления декадными переключателями. Затем на декадных переключателях корректора длин инструментов набираются фактические длины всех инструментов. После этого автоматический отсчет координат будет вестись уже из этой точки ("плавающий ноль" детали).

На эскизе также необходимо выделить более толстой линией и пронумеровать все обрабатываемые поверхности. Изображения на эскизе должны содержать размеры, предельные отклонения, обозначение шероховатости, баз, опор, зажимов и установочно-зажимных устройств необходимых для выполнения операции, на которую разработан эскиз.

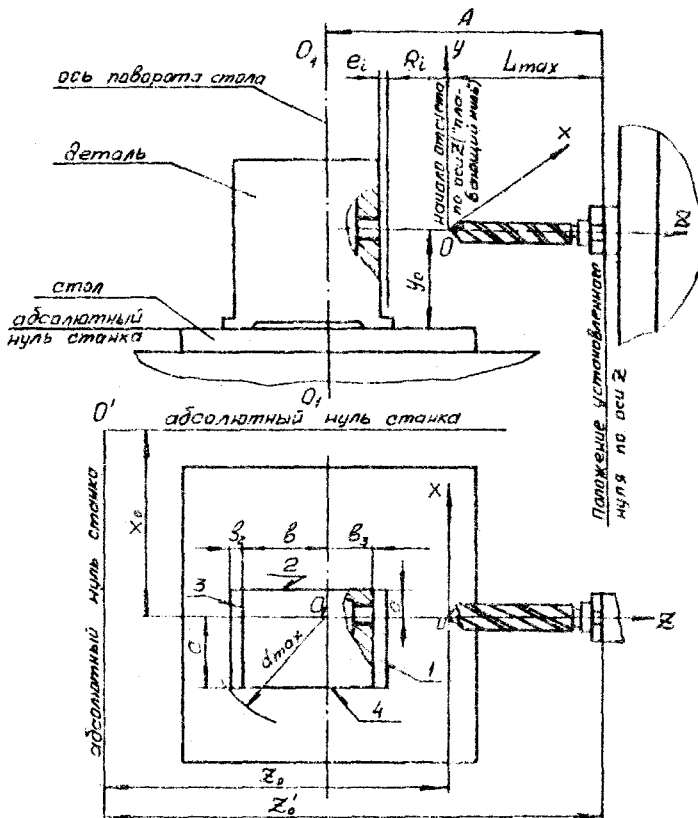


Рис. 2. Схема определения нуля детали

Выбор последовательности обработки, расчет координат обрабатываемых поверхностей

При подборе деталей для изготовления на многооперационных станках необходимо, прежде всего, установить число сторон) с которых заготовка должна обрабатываться.

Вторым важным условием при подборе деталей является соответствие количества необходимых инструментов и числа гнезд в инстру-

ментальном магазине станка. Если число гнезд значительно больше, чем число требующихся инструментов, то это непременно приведет к резкому увеличению себестоимости обработки.

Высокая стоимость многооперационных станков требует максимальной концентрации обработки на станке при минимальном числе операций и переустановок заготовки. Это накладывает ограничения на выбор базовых поверхностей, мест, за которые заготовка крепится на станке, а также на выбор конструкций приспособлений и зажимных устройств. В случае возможности полной обработки заготовки за одну операцию при одном ее закреплении базовыми поверхностями могут быть необработанные поверхности.

При полной невозможности обработки заготовки от черновых без приходится вводить операцию обработки базовых поверхностей на обычных станках.

Обработку наиболее сложных заготовок выполняют на многооперационных станках за две операции: 1) обработка базовых поверхностей и тех поверхностей, обработка которых возможна при том же закреплении заготовки; 2) обработка всех остальных поверхностей.

Фрезерование плоскостей обычно производится в самом начале обработки сложной корпусной детали. При этом черновое фрезерование целесообразно производить торцовыми фрезами малого диаметра последовательными ходами вдоль обрабатываемой плоскости. В этом случае возникающие усилия резания и вибрации стола незначительны, и поэтому влияние на точность обработки неравномерного или завышенного припуска невелико. Использование фрез большого диаметра нежелательно. Это связано с тем, что эти фрезы перекрывают соседние ячейки магазина, установка инструмента в которые становится невозможной. Фрезерование несплошных поверхностей целесообразно выполнять обходом по контуру фрезами малого диаметра. При чистовом фрезеровании возможно использование фрез большого диаметра.

Для снижения погрешностей обработки и растачивания отверстий, расположенные на одной оси в параллельных стенках, приходится выполнять с двух сторон с поворотом стола с заготовкой на  $180^\circ$ . Во избежание ухода сверла перед сверлением отверстий менее 15 мм обычными сверлами производят их центрование короткими центровыми сверлами. Оставшийся после сверления след центрального отверстия

(заранее полученная фаска) облегчает врезание метчика при нарезании резьбы.

Предварительную обработку литых отверстий средних диаметров необходимо выполнять резцом, а отверстий больших диаметров — фрезерованием концевыми фрезами по контуру отверстия. Черновое растачивание и фрезерование по контуру, не обеспечивая высокой точности диаметра и формы отверстия, позволяет получить точное расположение оси отверстия. После такой обработки можно выполнять зенкерование, а затем развертывание. Черновая обработка литых отверстий с помощью зенкера (без фрезерования) неэкономична, потому что при этом неизбежен увод оси отверстия.

Последовательность обработки отверстий в корпусной детали, имеющей большее число отверстий, расположенных с разных сторон детали и обрабатываемых с различной точностью, значительно влияет на производительность операции. Эта последовательность устанавливается, исходя из принципа наименьших потерь времени на холостые перемещения.

При обработке сложных деталей с отверстиями высокой точности (6, 7, 8 качества), которые обрабатываются четырьмя-пятью инструментами, наибольшую производительность обеспечивает следующая схема обработки. Обработка каждого отверстия производится полностью подряд всеми инструментами при неизменном положении заготовки относительно шпинделя. Далее следует переход на ось второго отверстия с полной его обработкой и т.д. После обработки всех отверстий с одной стороны детали производится поворот стола для обработки отверстий, расположенных с другой стороны.

Анализ работы многосерийных станков показывает, что смена инструмента является более сложным элементом цикла работы станка, чем позиционирование салазок и стола. Поэтому желательно производить меньше смен инструмента, и обработку отверстий невысокой точности (10, 11, 12 качества) рекомендуется производить по такой схеме. Первым инструментом осуществляется обработка всех одинаковых отверстий с одной стороны заготовки. Затем инструмент меняется на следующий, и выполняется второй и последующие переходы по обработке той же группы отверстий. Далее в аналогичной последовательности обрабатываются все отверстия другого диаметра и т.д. После завершения обработки всех отверстий, расположенных с одной



стороны детали, происходит ее поворот для аналогичной обработки отверстия<sup>2</sup>, расположенных с другой стороны.

Поворот стола также более сложный элемент цикла работы станка, чем позиционирование салазок и стола и смена инструмента. Поэтому рекомендуется производить меньшее число поворотов стола.

### Разработка управляющей программы

Система программного управления "Размер-2М" является позиционной системой с записью числа в двоично-десятичном коде. Программа записывается на восьмидорожечной перфоленте шириной 25,4 мм. Символы и их кодовые обозначения соответствуют ГОСТ 13052-74 и рекомендациям ISO. Информация о технологических командах и геометрических перемещениях, необходимая для обработки детали, записывается на перфоленте в виде последовательности отдельных кадров. Строка перфоленты представляет собой кодовое обозначение одного адреса, знака или десятичного разряда. Управление перемещением механизмов параллельно осям координат, автоматическая смена инструмента, подготовительные и вспомогательные команды осуществляются по программе, заданной перфолентой или органами ручного ввода. Система обеспечивает управление по четырем координатам. Число одновременно работающих координат 2. Учет размеров режущего инструмента осуществляется по номеру гнезда магазина инструментов и обеспечивается набором полного размера инструмента (неладового размера) на наборном поле пульта управления.

Управляющая программа обработки детали состоит из последовательно записанных кадров. Каждый кадр состоит из слов, расположенных в определенном порядке. В системе "Размер 2М" применяется переменная длина кадра, т.е. некоторые слова могут быть опущены, если они имеются в предыдущих кадрах. Последовательность слов должна быть постоянной.

Каждое слово состоит из букв, называемой адресом, и последующих групп цифр. Например, G 40, G 60, X1300000. Число цифр после каждого адреса постоянно. Предельный объем информации, записываемой в кадре, определяется форматом кадра.

Формат кадра:

кз G 2(40) G 2(60) G 2(80) X±3.3 Y±3.3 Z ±14.2 B.6 R 1.2.

F 2 S 2 T2 M2 ПС,

где № - номер кадра;  $G$  - подготовительная функция; X, Y, Z - перемещение по осям X, Y, Z; В - поворот стола вокруг вертикальной оси; R - смещение нулевой плоскости по оси Z; F - подача; S - частота вращения шпинделя; T - задание инструмента; M - вспомогательная функция; ПС - знак окончания кадра.

Но м е р к а д р а. Слово содержит адрес № и три десятичных разряда, указывающих номер кадра. Например, кадр первый записывается №001, кадр 45 - №045.

П о д г о т о в и т е л ь н ы е ф у н к ц и и. Слово содержит адрес G и два десятичных разряда, указывающих код функции. В системе предусматривается три группы подготовительных G функций: G 2(40), G 2(60), G 2(80).

Функции группы G 40 (G 40, G 45...G 53) учитывают знак коррекции установок размера инструмента. В табл. 2 показаны подготовительные функции G 40...G 53.

Т а б л и ц а 2  
Подготовительные функции группы G (40)

Кодовое обозн.	Наименование команд	Функции команд
G 40	Отмена коррекции инструмента 0/0	Команда отменяет всякую коррекцию
G 45	Коррекция радиуса инструмента по осям X и Y + / +	Функции 45...52 указывают, что значение величины радиуса работающего инструмента, набранное на табло размеров инструмента, складывается с заданной координатой (+), вычитается из заданной координаты (-) или не учитывается (0) при отработке кадра
G 46	То же + / -	
G 47	То же - / -	
G 48	То же - / +	
G 49	То же 0 / +	
G 50	То же 0 / -	
G 51	То же + / 0	
G 52	То же - / 0	
G 53	Отмена коррекции инструмента, установки нуля, смещения плоскости.	

П р и м е ч а н и я. I. Перечисленные в таблице команды относятся к инструментам типа фрез.

2. Команды этой группы записываются в программе первыми сразу после номера кадра.

3. В числителе указана коррекция по оси X, в знаменателе – по оси Y.

Для выбора функции G45...G52 необходимо пользоваться следующим правилом: провести радиус-вектор из центра фрезы в точку касания с деталью. При совпадении радиуса-вектора с положительным направлением соответствующей оси координат выбирается функция со знаком "-" на этой оси, при несовпадении (противоположное направление) – функция со знаком "+".

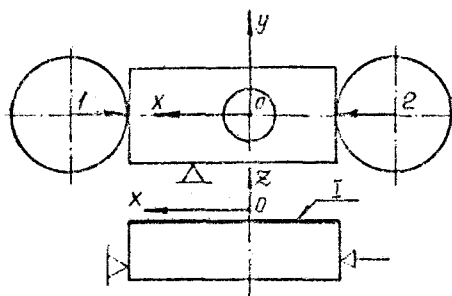


Рис.3. Схема для выбора функции G45...52

В качестве примера рассмотрена обработка детали, указанной на рис.3. Плоскость I обрабатывается торцевой фрезой. При позиционировании по оси X влево в точку I следует использовать функцию G 51,

при перемещении по оси X вправо в точку 2 – функцию G 52.

Группа G 60(G60...G69) – группа режимов позиционирования и обработки (таблица 3).

Т а б л и ц а 3  
Подготовительные функции G 60

Кодовое обозн.	Наименование команд	Функции команд
1	2	3
G 60	Позиционирование точное	Команда используется для задания режима точного позиционирования с подходом к заданной позиции со стороны движения
G 61	То же II	То же с подходом к заданной позиции с одной стороны
G 62	Позиционирование грубое	Команда используется для задания режима грубого позиционирования с подходом к заданной позиции в положительном направлении оси

1	2	3
G 63	Позиционирование грубое	Команда используется для задания режима грубого позиционирования с подходом к заданной позиции в отрицательном направлении оси
G 64	Изменение скорости	Команда используется для задания режима грубого позиционирования с изменением величины скорости от максимальной до заданной скорости подачи при подходе к заданной позиции
G 65	Обработка с точным подходом к заданной позиции	Команда используется для задания режима точной обработки с подходом к заданной позиции со стороны движения на скорости подачи
G 66	Обработка с точным подходом к заданной позиции	То же, дополнительно используется для перерыва установленной длительности
G 67	Обработка с грубым подходом к заданной позиции	Команда используется для задания режима грубой обработки с изменением величины скорости от заданной подачи до нуля при подходе к заданной позиции в положительном направлении оси
G 68	То же	Команда G 68 аналогична команде G 67, но дополнительно используется для перерыва в работе установленной длительности
G 69	То же	То же, что и команда G 67 при подходе к заданной позиции в отрицательном направлении оси

Примечания: I. Режимы G 62, G 63 применяются в тех случаях, когда надо быстро подойти к заданной позиции, и при этом не требуется точности, — например, при выходе сверла из обработанного отверстия на некоторое расстояние от поверхности детали.

2. Режим G 64 обычно применяется в автоматических циклах для ускоренного подхода шпинделя к обрабатываемой поверхности с выходом на заданную скорость подачи, на которой происходит обработка в следующей части цикла.

3. Режим G 66 (G 68) отличается от G 65 (G 67) только тем, что при наличии G 66 (G 68) после отработки кадра (или части автоматического цикла) дается выдержка времени до 10 с на последующую смену кадра или части автоматического цикла.

4. Режимы G 67, G 68, G 69 применяются в тех случаях, когда

при обработке деталей на заданной скорости подачи не требуется точность, — например, при сверлении сквозных отверстий.

Группа  $G$  80 ( $G$  80... $G$  99, за исключением  $G$  83,  $G$  93,  $G$  94) — группа автоматических циклов. При обработке часто приходится повторять некоторые технологические переходы по оси  $Z$  (например, сверление и растачивание одинаковых отверстий, нарезание резьбы метчиком и т.д.). Обработка такого рода может быть выделена в отдельные группы — автоматические (стандартные) циклы. Для упрощения и ускорения программирования в систему заранее заложена жесткая программа выполнения автоциклов. Циклы разбиты на части, имитирующие отдельные кадры с использованием команд и величин координатных перемещений, хранящихся в памяти устройств. Коды по адресам  $G$  и  $M$ , используемые в постоянных циклах, находятся в памяти устройства постоянно. Величины координатных перемещений определяются запрограммированными значениями по адресам  $Z$  и  $R$ , запоминаемому устройством до ввода нового задания по этим адресам или отключения устройств. Группа кодов  $G$  80 используется для выполнения стандартных циклов с грубым окончанием обработки, группа  $G$  90 — с точным.

В табл. 4 показаны автоматические циклы, используемые в системе "Размер 2М".

Полный автоцикл состоит из четырех частей. В первой части цикла включается вращение шпинделя по часовой стрелке ( $M03$ ), и обрабатывается на ускоренном ходу ( $G$  64) величина  $R$ . Величина  $R$  определяет перемещение шпинделя с инструментом из исходного положения к точке, удаленной на расстояние величины подвода, и врезания инструмента от поверхности детали.

Во второй части цикла производится обработка детали, при этом инструмент с заданными величинами частоты оборотов шпинделя и подачи перемещается до заданной глубины (величина  $Z$ ). Подход к этой точке может быть грубым ( $G$  67) или точным ( $G$  65); вращение шпинделя в конечной точке может быть сохранено или остановлено ( $M05$ ).

В третьей и четвертой частях цикла осуществляется возврат шпинделя в исходное положение на скоростях, запрограммированных в каждой части. При этом направление вращения шпинделя может быть прежним, изменено на противоположное или остановлено

В циклах  $G\ 87$  ( $G\ 97$ ) и  $G\ 88$  ( $G\ 98$ ) третья и четвертая части отсутствуют. В некоторых циклах после обработки второй части переход к третьей части (автоциклы  $G\ 82$ ,  $G\ 92$ ,  $G\ 89$ ,  $G\ 99$ ) или смена кадра (автоциклы  $G\ 88$ ,  $G\ 98$ ) производится через паузу длительностью от 1 до 10 с.

Команда  $G\ 80$  отменяет стандартный цикл.

Все перечисленные подготовительные функции действуют до отмены их или замены последующей командой той же группы.

Для выполнения обработки в режиме автоматического цикла необходимо знать размер  $Z$  (длина рабочего хода сверления, расточки и т.д.) и величину  $R$  (смещение "плавающего нуля" по оси  $Z$ ). Задания по  $Z$  и  $R$  сохраняются до замены или отмены. Смещение нулевой плоскости производится на расстояние между нулевой плоскостью и плоскостью начала резания. Код, определяющий смещение нулевой плоскости, содержит адрес  $R$  и шесть цифр, указывающих значенные смещения с точностью  $10^{-2}$  мм. Перемещение по адресу  $R$  рассматривается как перемещение по оси  $Z$ , которое отрабатывается в режиме грубого позиционирования при движении инструмента к детали (код  $G\ 64$ ) и при движении инструмента от детали (код  $G\ 63$ ).

**К о о р д и н а т ы п е р е м е щ е н и я п о о с я м.** Все размеры должны быть определены относительно выбранной системы координат (нуля детали). Распределение координатных осей показано на рис I.

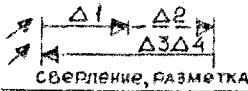
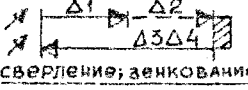
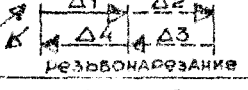
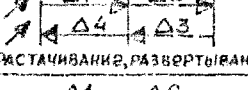
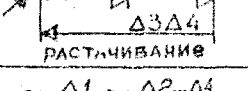
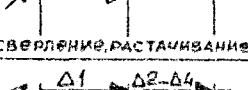

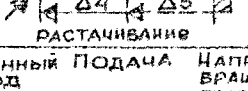
Слово, определяющее перемещение, содержит адрес  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  или  $R$  и знак координаты "+" или "-" и шесть цифр 3.3 или 4.2, определяющих величину координат.

3.3 - шестизначная цифровая запись величины координаты  $X$  и  $Y$ : шесть строк на программноносителе - для записи цифрового значения координаты, первая строка (цифра) - сотни, вторая - десятки, третья - единицы миллиметров, четвертая - десятые доли, пятая - сотые доли, шестая - тысячные доли миллиметра. Например, перемещение на величину 125,5 мм по координате  $X$  в положительную сторону кодируется как  $X+125500$ .

4.2 - шестизначная цифровая запись величины координаты  $Z$  или  $R$ : первая строка - тысячи, вторая - сотни, третья - десятки, четвертая - единицы миллиметров, пятая - десятые доли, шестая -

Таблице 4

Подготовительные функции группы G 80  
(автоматические циклы)

код	схема автоматического цикла	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	$\Delta 5$
G81 (G91)		G64	G67(G65)	G63	G63	
		R+Z Z=0	R+Z	R+Z	R+Z	R+Z
		MO3		R=0; Z=0	R=0; Z=0	
G82 (G92)		G64	G68(G66)	G63	G63	
		R+Z Z=0	R+Z	R+Z	R+Z	R+Z
		MO3		R=0; Z=0	R=0; Z=0	
G84		G64	G67	G69	G63	
		R+Z Z=0	R+Z	R+Z	R+Z	R+Z
		MO3		Z=0	R=0; Z=0	
G85 (G95)		G64	G67(G65)	G69	G63	
		R+Z Z=0	R+Z	R+Z	R+Z	R+Z
		MO3		Z=0	R=0; Z=0	
G86 (G96)		G64	G67(G65)	G63	G63	
		R+Z Z=0	R+Z	R+Z	R+Z	R+Z
		MO3	MO5	R=0; Z=0	R=0; Z=0	
G87 (G97)		G64	G67(G65)	G67(G65)	G67(G65)	
		R+Z Z=0	R+Z	R+Z	R+Z	R+Z
		MO3				
G88 (G98)		G64	G68(G66)	G63(G66)	G68(G66)	
		R+Z Z=0	R+Z	R+Z	R+Z	R+Z
		MO3				
G89 (G99)		G64	G68(G66)	G69	G63	
		R+Z Z=0	R+Z	R+Z	R+Z	R+Z
		MO3		Z=0	R=0; Z=0	

КАДРА

СМЕНА

Ускоренный ход

Подача  
Направление  
вращения  
главного привода

Пауза

Части цикла

 $\Delta 1 \dots \Delta 5$

сотне доли миллиметра. Следовательно, точность перемещения по оси  $X - 10^{-2}$  мм.

При фрезеровании задаются координаты перемещения оси фрезы в начале и конце обработки. При обработке плоскости фрезой малого диаметра в два или несколько проходов координаты начала и конца обработки определяют следующим образом (рис.4). В случае, указанном на рисунке, учтена коррекция на радиус инструмента только по оси X. Тогда начало обра-

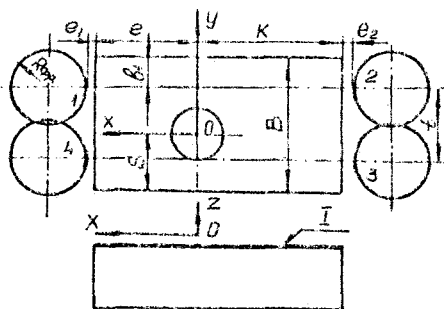


Рис.4. Схема расчета координат при фрезеровании плоскости I

ботки по оси X

$$x_1 = +l + l_1,$$

где  $l_1$  - величина подвода,

$$l_1 = 1 \dots 2 \text{ мм};$$

по оси Y

$$y_1 = |B| - |l_1| - |S|,$$

где B - ширина обрабатываемой плоскости, мм;  $l_1 = R_{\text{фр}}$

$-(10 \dots 15)$ , где  $K_{\text{фр}}$  - радиус фрезы, мм.

Далее задают значение координаты, соответствующее положению оси фрезы при окончании фрезерования. При этом же  $Y_1$

$$x_2 = -|k| + l_2,$$

где  $l_2$  - величина перебега фрезы;  $l_2 = 1 \dots 2$  мм.

Затем рассчитывают значение координаты положения фрезы после ее поперечного перемещения (по оси Y) при том же  $X_2$

$$y_3 = |B| - |l_1| - |S| - |t|;$$

где

$$t = 2 \cdot R_{\text{фр}} - |S| \dots |D|.$$

Координаты фрезы после окончания фрезерования

$$X_4 = X_1; \quad Y_4 = Y_3.$$

При обработке плоскости фрезой, диаметр которой больше ширины фрезерования, наиболее благоприятные условия врезания зуба фрезы в заготовку достигаются при таком расположении фрезы относительно заготовки, как на рис.5.

Начало обработки

$$x_1 = +l + e_1,$$

$$y_1 = |R_{\text{фр}}| - |C| - |S|,$$



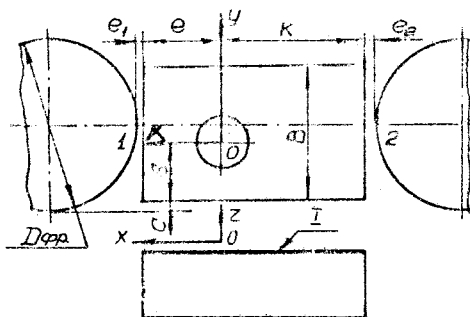


Рис.5. Схема резания при несимметричном фрезеровании торцевой фрезой плоскости I

ся в режиме грубого позиционирования G 64 при движении к заготовке и G 63-при движении от заготовки.

Перемещение по оси Z на рабочей подаче программируется адресом Z. Величина перемещения равна длине рабочего хода  $l_{р.к.}$ :

$$Z = l_{р.к.} = l_{р.к.} + e_1 + e_2,$$

где  $e_1$  - величина подвода и врезания;  $e_2$  - величина перебега.

Величины  $e_1$ ,  $e_2$  приведены в приложении 2.

Поворот стола вокруг оси Y. Программирование поворота стола может осуществляться в десятичных долях градуса и десятичных долях оборота. В данной работе будет рассмотрено программирование в долях градуса.

Поворот стола кодируется адресом B, затем указывается знак направления поворота и величина угловой координаты. За положительное направление принимается поворот вокруг оси против часовой стрелки. Первые три цифры в величине угловой координаты характеризуют сотни, десятки, единиц, последние три цифры - десятые, тысячные, доли градуса.

Установка с высокой точностью ( $1 \times 10^{-5}$  оборота) может быть выполнена в пределах оборота в 120 точках, расположенных через  $3^\circ$ .

Поворот стола задается функцией G 64 при подаче 125 мм/мин и вспомогательной функции M81.

Скорость подачи F 2. Минутная подача кодируется

где  $e_1 = 1...2$  мм;  $c$  - величина смещения,  $c = (0,03...0,05)D$ , где  $D$  - диаметр фрезы,  $R_{фр}$  - радиус фрезы.

Конец обработки:

$$x_2 = -1/k + e_2 /;$$

$$y_2 = y_1.$$

Перемещение по оси Z на ускоренной подаче программируется адресом R 4.2. Расчет величины координаты R рассмотрен выше (при определении нуля детали-формула I). Координата R отработывает-

адресом  $F$ , 2 - две цифры, характеризующие кодовое обозначение величины подачи. Код подачи запоминается устройством ЧПУ до ввода нового слова с адресом  $F$ . Ряд подач и используемые коды приведены в табл.5.

Т а б л и ц а 5

Подача, мм/мин	Код	Подача, мм/мин	Код	Подача, мм/мин	Код	Подача, мм/мин	Код
1,5-2,0	F 01	12,5	F 22	100	F 40	630	F 56
2,5	F 08	16,0	F 24	125	F 42	800	F 58
3,15	F 10	20,0	F 26	160	F 44	1000	F 60
4,0	F 12	25,0	F 28	200	F 46	1250	F 62
5,0	F 14	31,5	F 30	250	F 48	1600	F 64
6,3	F 16	40,0	F 32	315	F 50	2000	F 66
8,0	F 18	50,0	F 34	400	F 52	2500	F 68
10,0	F 20	63,0	F 36	500	F 54	80	F 38

Ч а с т о т а в р а щ е н и я ш п и н д е л я  $S$  2. Кодировается адресом  $S$ , 2 - две цифры, характеризующие кодовое обозначение величины числа оборотов. Код действует до замены новым кодом адреса  $S$ . Обработка адреса  $S$  (изменение частоты вращения шпинделя) возможна только после остановки шпинделя. Коды частоты вращения шпинделя приведены в табл.6.

T2 - н о м е р ( к о д ) и н с т р у м е н т а. Инструмент кодируется адресом T, 2 - две цифры, обозначающие код или цифр требуемого инструмента. Всего может быть запрограммировано 30 инструментов. В станке кодируются номера гнезд магазина инструментов. Кодирование поиска инструмента осуществляется вводом номера гнезда магазина инструментов с T01 по T30. При вводе кода с адресом T (например, T03) соответствующее гнездо магазина (гнездо 03) подходит к позиции перегрузки. При вводе кадра с кодом M06 манипулятор осуществляет смену инструмента, установив его в шпиндель, после чего устройство ЧПУ осуществляет координатные перемещения с учетом размеров инструмента. Для учета размеров инструмента на пульте управления ЧПУ имеются переключатели для установления фактических размеров инструмента, которые позволяют ввести длины всех инструментов (от T01 до T30) и радиусы пяти инструментов (T01, T03,

Т а б л и ц а 6

Коды частоты вращения шпинделя

Частота вращения об/мин	Код	Частота вращения об/мин	Код	Частота вращения об/мин	Код	Частота вращения об/мин	Код
31,5	S 30	100	S 40	315	S 50	1000	S 60
40,0	S 32	125	S 42	400	S 52	1250	S 62
50,0	S 34	160	S 44	500	S 54	1600	S 64
63,0	S 36	200	S 46	630	S 56		
80,0	S 38	250	S 48	800	S 58		

T05, T07, T09). Инструмент, гнездо магазина и номер переключателя (корректора) на пульте управления определяются одним и тем же номером.

При фрезеровании, если в программе учитывается коррекция на радиус инструмента (функции G 45...G 52), фрезу следует присвоить один из следующих кодов: T01, T03, T05, T07, T09. При неполной загрузке магазина инструментами их следует располагать равномерно по всему магазину. При размещении инструментов в магазине необходимо учитывать максимально допустимый диаметр инструмента (см. технологическую характеристику станка (приложение 3)).

Вспомогательные команды M2. Адрес - M, 2 - две цифры, характеризующие требуемую команду. В системе ЧПУ станка 6906BM2 существуют следующие вспомогательные команды (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Вспомогательные функции

Код	Наименование	ФУНКЦИИ
1	2	3
M00	Остановка программы	Действие начинается после обработки заданных в этом же кадре координатных перемещений. Применяют для остановки главного привода, отключения охлаждения и привода магазина инструментов. Продолжение работы по программе возможно только после нажатия кнопки "Пуск программы"

1	2	3
MOI	Остановка программы с подтверждением	То же, что и MOO, только команда будет выдана для исполнения, если на пульте управления в любое время работы по программе до кадра MOI будет нажата кнопка, соответствующая этой команде
MO3	Вращение шпинделя по час. стрелке	Действие команды начинается до отработки заданных в кадре перемещений. Действует до отмены командами MOO, MOI, MO4, MO5, MO6
MO4	Вращение шпинделя против час. стрелки	Действие команды начинается до отработки заданных в кадре перемещений. Действует до отмены командами MOO, MOI, MO3, MO5, MO6
MO5	Выключение шпинделя	Выдается после отработки перемещений, заданных в кадре. Действие команды продолжается до замены на команду MO3 или MO4
MO6	Смена инструмента	Записывается в отдельном кадре, в котором нельзя программировать перемещения
MO8	Включение охлаждения	Действие команды начинается до отработки заданных в кадре перемещений и продолжается до замены на какую-нибудь из команд MOO, MOI, MO6, MO9
MO9	Выключение охлаждения	Действие команды начинается после отработки заданных в кадре перемещений
MOO	Зажим салазок	Действует при фрезеровании в плоскости XOY, отменяется перемещением по оси Z
MOI	Точное позиционирование поворотного стола	Задается в кадре с поворотом стола, действует после отработки заданных перемещений

Вспомогательные знаки

% - знак начала программы. Записывается в начале и в конце программы. Он обеспечивает автоматическую остановку перфоленты при ее перемотке. При считывании знака в устройстве происходит списывание адресов и заданий по осям координат, устанавливаются значения кодов G 40, G 60, G 80, F 00, S 00, MOO.

PC - символ конца кадра. PC - отделяет один кадр от другого. Он используется для автоматической остановки перфоленты при считывании кадра. Этот символ записывает обязательно после символа % перед первым кадром и в конце каждого кадра.

При составлении программы следует помнить:

а) символы % записываются в начале и конце программы в отдельных кадрах, в которых нельзя записывать другие команды;

б) в первом кадре программируются подготовительные функции G 40, G 60, G 80 и первый работающий инструмент, например:

№ 001 G 40 G 60 G 80 T01;

в) во втором кадре - подача и смена инструмента. Причем в одном кадре нельзя записывать команды на вращение шпинделя и смену инструмента;

г) в третьем кадре программируется перемещение по координатам X и Y;

д) в одном кадре нельзя записывать команды X и Z;

е) технические возможности системы позволяют управлять установочными перемещениями по двум координатным осям одновременно и рабочими перемещениями по любой одной координатной оси;

ж) в одном кадре нельзя записывать две вспомогательные команды M;

з) изменение частоты вращения шпинделя возможно только после его остановки;

и) при использовании стандартных циклов для первого отверстия программируют адреса Z, R, X, Y, F, S. Для последующих отверстий достаточно запрограммировать только перемещения по осям X и Y.

Например,

- позиционирование N 037 G 60 Z +000000
- позиционирование N 038 X+025000 Y+000000 F 42 S 50
- обработка 1 отв. N 039 G 85 Z -005000 R 011300
- обработка 2 отв. N 040 X-025000
- обработка 3 отв. N 041 Y+050000

.....

- отмена цикла  
и смена инструмента N 047 G 80 M06;

к) в одном кадре с отменой автоцикла G 80 можно записывать только подготовительные команды группы G, вспомогательные команды группы M и функцию T;

л) при работе на автоциклах необходимо проставлять в кадре, где записана частота вращения шпинделя, вспомогательную команду M04, если шпиндель должен иметь вращение против часовой стрелки;

м) после отмены автоцикла (команда G 80) при необходимости выключения вращения шпинделя желательно в этом же кадре записать команду M05 или M06;

- н) при фрезеровании обязательно записывать команду M10;  
 о) пример записи поворота стола вокруг оси У на  $90^\circ$  против часовой стрелки

$N\ 065\ G\ 64\ W+090000\ F\ 42\ M81;$

п) конец программы задается M00. Перед заданием команды M00 необходимо деталь и инструмент переместить в положение, удобное для установки и снятия детали.

### Методические указания

Разработка управляющей программы для станка модели 6906НМ2 рассматривается на примере детали, приведенной на рис. 1 (приложения 1). Программа разрабатывается для обработки плоскостей 1, 2 (чистовое фрезерование), отв.  $\varnothing 20H7$ , фаски. Оснастка, режимы резания приведены в приложении 2 к данной работе.

Первый этап – составление технологического эскиза – включает в себя подготовку чертежа детали и размещение ее на столе станка. Подготовка чертежа детали заключается в определении базовых поверхностей детали и начала (нуля) системы координат, относительно которого следует произвести перерасчет всех размеров. На рис. 6 приведен технологический эскиз плиты, на котором обрабатываемые поверхности выделены более толстыми линиями. Пояснения к технологическому эскизу:

- обрабатываемая деталь расположена в центре стола; ось симметрии детали совпадает с осью поворота стола  $O_I$ ;
- ось шпинделя совмещена с осью отверстия 3;
- $X_0 = -(315-75) = -240$  (если бы ось шпинделя была совмещена с осью симметрии детали, тогда бы  $X_0 = -315$  мм);
- $Y_0 = +190$  мм. Величина  $Y_0$  зависит от расстояния между осью отверстия 3 и плоскостью, на которую базируется деталь, и конструктивных размеров приспособления;
- торец шпинделя расположен на расстоянии А от оси поворота стола  $O_I$ :

$$A = d_{max} + L_{max} = \sqrt{130^2 + 25^2} + 300 = 432 \text{ мм,}$$

где  $L_{max}$  – наладочный размер самого длинного инструмента, применяемого при обработке данной детали. В данном случае сверло  $\varnothing 23,75$ –

для первой обработки отверстия  $\varnothing 25H7$ .

$$Z_0 = 795 - 300 = + 495 \text{ мм.}$$

Второй этап - выбор последовательности обработки. В соответствии с анализом вариантов работ на многооперационных станках, приведенных выше, обработка производится полностью сначала со стороны плоскости 1: фрезерование плоскости 1, обработка отверстия 3 полностью всеми инструментами без изменения позиционирования, затем обработка отверстия 4. После поворота стола на  $180^\circ$  производится фрезерование плоскости 2.

Технологический процесс обработки приведен в расчетно-технологической таблице (табл.8).

При обработке отверстий в графах X и Y записывается расстояние от оси отверстия до начала осей координат (эти расстояния указаны на эскизе). В графе Z записывается длина рабочего хода

$$l_{р.х.} = l_{рез.} + e_1 + e_2,$$

где  $l_{рез.}$  - длина обрабатываемого отверстия, мм;  $e_1$  и  $e_2$  приведены в приложении 2 к данной работе.

Координата  $R_i$  определяется

$$R_i = 132-25 - e_{ii}.$$

При обработке плоскостей фрезерованием в графах X и Y записываются координаты начала и конца обработки:

для обработки плоскости 1

$$X_H = 55 + 2 = 57 \text{ мм}; \quad Y_H = / 80 / - / 0,05 \cdot 160 / - / 130-59 / = 1 \text{ мм};$$

$$X_K = - / 205 + 2 / = -207 \text{ мм.}$$

В этом случае величина перемещений по координате Z зависит от глубины фрезерования плюс 2 мм. По заданию глубина фрезерования - 1 мм.

$$\text{Для плоскости 1: } Z = -3, \quad R = 132-25- Z = 104(\text{мм}).$$

В графах "Режимы резания" записываются данные ( $S_{\text{табл.}}$ ,  $V_{\text{табл.}}$ ) из приложения 2 к данной работе. Частота вращения шпинделя и минутная подача рассчитываются и записываются в числителе соответствующих граф, в знаменателе этих граф записываются коды уточненных по паспорту станка значений частоты вращения и подачи.

Всего для обработки плиты требуется 14 инструментов, в том числе одна фреза  $\varnothing 160$  мм. Для фрезы выбирается номер гнезда магазина инструментов 03, т.к. будет запрограммирована коррекция на радиус инструмента. Рядом находящиеся гнезда использовать нельзя,

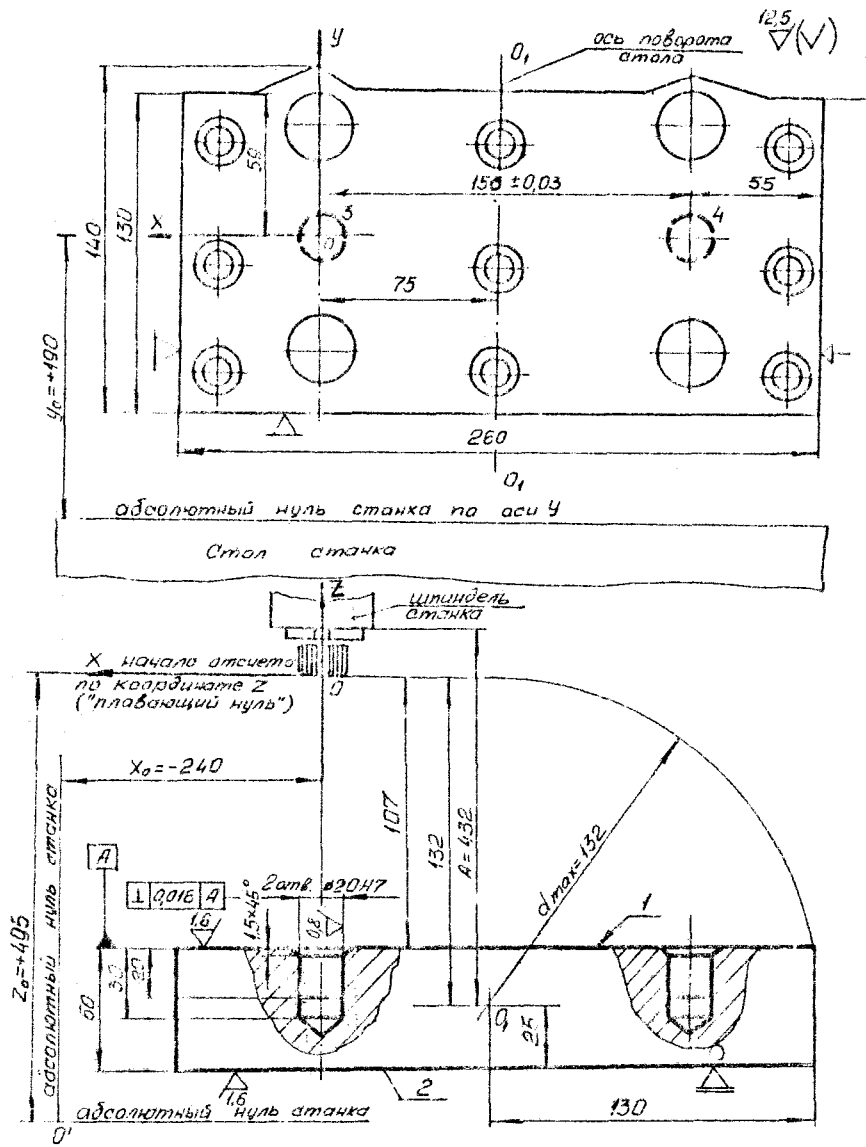


Рис. 6. Технологический эскиз обработки плиты



Расчетно-технологическая таблица

Таблица 8

Страна обработки	# перекода	Содержание перекода	# обработанных пов.	Координаты обрабатываемых поверхностей, мм			Инструмент	# теория	Режимы резания и их коды		Частота вращения, об/мин	Минутная подача, мм/мин
				X	Y	Z			ρ	S		
I	1	Фрезеровать плоскость	1	+57 -207	+1 +1	-3 -3	И04 Фреза Ø 160	03	0,8	252	500 S34	400 F02
I	2	Сверлить отв.	3	0	0	-40	Сверло Ø18,75	22	0,15	18,8	318 S30	47,2 F04
I	3	Зенкеровать отв.	3	0	0	-28	Зенкер Ø19,7	24	0,15	18,8	303 S30	47,2 F32
I	4	Развернуть отв.	3	0	0	-28	Развертка Ø19,9	26	0,72	6,15	98 S40	72 F36
I	5	Развернуть отв.	3	0	0	-28	Развертка Ø 20	28	0,63	1,75	27,8 S30	19,9 F45
I	6	Зенковать фаску	3	0	0	-8	И00,5 Зенковка	30	0,6	12,2	189 S44	96 F08
I	7	Сверлить отв.	4	-150	0	-40	Сверло Ø18,75	22	0,15	18,8	318 S30	47,2 F02
I	8	Зенкеровать отв.	4	-150	0	-28	Зенкер Ø19,7	24	0,15	18,8	303 S30	47,2 F02
I	9	Развернуть отв.	4	-150	0	-28	Развертка Ø19,9	26	0,72	6,15	98 S40	72 F36
I	10	Развернуть отв.	4	-150	0	-28	Развертка Ø 20	28	0,63	1,75	27,8 S30	19,9 F45
I	11	Зенковать фаску	4	-150	0	-8	И00,5 Зенковка	30	0,6	12,2	189 S44	96 F08
2	12	Фрезеровать плоскость	2	+57 -207	+1 +1	-3 -3	И04 Фреза Ø 160	03	0,8	252	500 S34	400 F02

Управляющая программа

Т а б л и ц а 9

		Содержание перехода	Программа
Фреза Ø 160		Н а ч а л о программы	% ПС
		Сменить инструмент	№001 G40 G60 G80 T03 ПС №002 F52 M06 ПС
		Позиционировать по X,Y	№003 G51 X+057000 Y+001000 S54 M03 ПС
		Позиционировать по Z	№004 G40 Z-000300 R 010400 ПС
		Фрезеровать пл. I	№005 G52 G65 X-207000 T22 M10 ПС
		Отвести инструмент	№006 G40 G63 Z+005000 ПС
Сверло Ø 12,75		Сменить инструмент	№007 F32 M06 ПС
		Позиционировать по Z	№008 Z+000000 ПС
		Позиционировать по X,Y	№009 G60 X+000000 Y+000000 S50 ПС
		Сверлить отв.3	№010 G91 Z-004000 R 009700 T24 ПС
Зенкер Ø 12,75		Сменить инструмент	№011 G80 M06 ПС
		Позиционировать по Y	№012 G60 Y+000000 ПС
		Зенкеровать отв.3	№013 G92 Z-002800 R 010200 T26 ПС
Развертка Ø 10,0		Сменить инструмент	№014 G80 G M06 ПС
		Позиционировать по Y	№015 G60 Y+000000 F36 S40 M03 ПС
		Подвести инструмент	№016 R 010200 ПС
		Развернуть отв.3	№017 G65 Z-002800 T28 ПС
		Отвести инструмент	№018 G63 Z+005000 ПС
Развертка Ø 20,0		Сменить инструмент	№019 M06 ПС
		Позиционировать по Z	№020 G60 Z+000000 ПС
		Позиционировать по Y	№021 Y+000000 F26 S30 ПС
		Развернуть отв.3	№022 G95 Z-002800 R010200 T30 ПС
Зенковка Ø 15,75		Сменить инструмент	№023 G80 M06 ПС
		Позиционировать по Y	№024 G60 Y+000000 F38 S44 ПС
		Зенковать фаску	№025 G92 -000800 R010500 T22 ПС
Сверло Ø 15,75		Сменить инструмент	№026 G80 M06 ПС
		Позиционировать по X,Y	№027 G60 X-150000 Y+000000 F32 S50 ПС
		Сверлить отв.4	№028 G91 Z-004000 R 009700 T24 ПС

	Содержание перехода	Программа
Сенцовка	Сменить инструмент	№029 G 80 M06 PC
	Позиционировать по Y	№030 G 60 Y+000000 PC
	Зенкеровать отв.4	№031 G 92 Z-002800 R 010200 PC
Развертывание	Сменить инструмент	№032 G 80 M06 PC
	Позиционировать по Y	№033 G 60 Y+000000 F 36 S 40 PC
	Развернуть отв.4	№034 G 95 Z-002800 R010200 T28 PC
Развертывание	Сменить инструмент	№035 G 80 M06 PC
	Позиционировать по Y	№036 G 60 Y+000000 F 26 S 30 PC
	Развернуть отв.4	№037 G 95 Z-002800 R 010200 T30 PC
Сенцовка	Сменить инструмент	№038 G 80 M06 PC
	Позиционировать по Y	№039 G 60 Y+000000 F 38 S 44 PC
	Зенковать фаску	№040 G 92 Z-000800 R 010050 T03 PC
Фреза Ø 100	Сменить инструмент	№041 G 80 M06 PC
	Повернуть стол	№042 G 64 B+180000 F 42 M81 PC
	Позиционировать по X,Y	№043 G 51 G 60 X+057000 Y+001000 F 52 S 54 PC
	Подвести инструмент	№044 G 40 Z-000300 R 010400 M03 PC
	Фрезеровать пл.2	№045 G 52 G 65 X-207000 M10 PC
	Отвести инструмент	№046 G 40 G 63 Z+000000 PC
	Повернуть стол	№047 G 64 B+000000 F 42 M81 PC
Остановка программы	№048 M00 PC	
	Конец программы	%

потому что диаметр фрезы больше 100 мм. Остальные инструменты распределены в магазине равномерно.

Управляющая программа на обработку приведена в табл.9.

#### Порядок выполнения работы

1. Составить технологический эскиз детали.
2. Выбрать последовательность обработки, заполнить табл.8.
3. Разработать управляющую программу.

### Содержание отчета

1. Название и цель работы. Задание.
2. Обоснование выбора начала системы координат.
3. Технологический эскиз детали.
4. Обоснование выбора последовательности обработки.
5. Расчетно-технологическая таблица.
6. Управляющая программа.

### Контрольные вопросы.

1. Назначение станка 6906BMФ2.
2. В чем заключается разработка технологического эскиза?
3. Как выбирается нуль детали?
4. Какие подготовительные функции имеются в системе?
5. Как программируются перемещения?
6. Как задается коррекция?
7. Какие вспомогательные команды имеются в системе?
8. Как кодируются подача и частота вращения шпинделя?
9. В какой последовательности производится обработка на станке?

### Л и т е р а т у р а

1. Д е р я б и н А.Л. Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ.-М.:Машиностроение, 1984.-223с.
2. З а з е р с к и й Е.И., Ж о л н е р ч и к С.И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением.-Л.: Машиностроение, 1975.- 237с.
3. К у з н е ц о в Ю.И., М я с л о в А.Р., Б а й к о в А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник.- М.: Машиностроение, 1983.-359с.
4. М а т а л и н А.А., Д а ш е в с к и й Т.Б., К н я ж и ц к и й И.И. Многооперационные станки.-М.:Машиностроение, 1974.-320с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с программным управлением.-М.: НИИтруда, 1980.-209с.
6. Паспорт и инструкция по эксплуатации станка и системы ЧПУ (для станка 6906BMФ2).
7. Паспорт и инструкция по эксплуатации станка 2PI35Ф2 и системы ЧПУ "2I32-3".
8. Станки с программным управлением. Справочник.-М.:Машиностроение, 1975.-288с.

Владимир Иванович РОМАНЕНКО  
Евгения Николаевна СТАПЕВСКАЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ по дисциплине  
"Технология машиностроения" (станки с ЧПУ)  
для студентов специальности 0501 -  
"Технология машиностроения, металлорежущие  
станки и инструменты"

---

Редактор С.В.Кандыбо. Корректор Т.А.Палилова.

Подписано в печать 29.12.87.

Формат 60x84<sup>1</sup>/16. Бумага т.№ 2. Офс.печать.

Усл.печ.л. 4, Г2.Уч.-изд.л. 3,0. Тир. 500. Зак. 977. Бесплатно.

---

Отпечатано на ротапринте НИИ. 220027, Минск.Ленинский пр., 65.