

Министерство образования

Республики Беларусь

УО «Полоцкий государственный университет»

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

**«Фрезерный станок модели 6P11 МФЗ-1 с устройством  
ЧПУ на базе микро-ЭВМ «Электроника 60 М»**

по дисциплине

**«Системы управления технологическим  
оборудованием»**

для студентов специальности 36 01 03

**«Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»**

Новополоцк 2006

УДК 621.865.8(076.5)

Одобрены и рекомендованы к изданию  
Методической комиссией машиностроительного факультета

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составитель:

А. И. Голембиевский, канд. техн. наук, профессор

Рецензенты:

В. А. Данилов, д.т.н., профессор

В. А. Терентьев, старший преподаватель

Методические указания составлены в соответствии с  
рабочей программой дисциплины «Системы управления  
технологическим оборудованием» по специальности 36 01 03

© УО «Полоцкий государственный университет», 2006

## В В Е Д Е Н И Е

Одним из наиболее эффективных средств автоматизации серийного и мелкосерийного производства является применение металлорежущих станков с ЧПУ. Эти станки сочетают в себе высокую производительность и точность специальных автоматов с универсальностью неавтоматизированных станков общего назначения. Их можно легко и быстро перенастраивать, они не требуют сложного инструмента и сложной дорогой оснастки. По производительности один многоинструментальный станок с ЧПУ заменяет несколько станков общего назначения.

Технологическая подготовка производства при использовании станков с ЧПУ содержит новый, существенный элемент — подготовку управляющих программ. Рациональная эксплуатация станков с ЧПУ не может быть организована без глубокого знания этих станков и принципов программирования.

### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление с особенностями конструкции многоинструментального фрезерного станка модели 6Р1МФ3-1 с УЧПУ 2Р32 на базе микро-ЭЕМ "Электроника 6М".

Освоение методики разработки управляющих программ для станков с современными микропроцессорными УЧПУ.

Приобретение технологического опыта обработки деталей на станках с УЧПУ при различных режимах управления.

### 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТАНКЕ

Фрезерный станок с автоматической сменой инструмента и УЧПУ модели 6Р1МФ3-1 предназначен для выполнения сверлильно-фрезерно-расточных работ, т.е. операций, требующих последовательной обработки несколькими инструментами в автоматическом цикле. Станок выполнен по компоновке типа "Агрегат". В верхней части его станины смонтирован вертикальный шпиндель с приводом, в средней — инструментальный магазин в виде гольца вокруг станины, в нижней части размещен резервуар для смазки.

По вертикальному направляющему станины перемещается консоль (ось Z). По горизонтальному направляющему консоли перемещаются

сазавки (ось Y). По направляющим салазок перемещается стол (ось X). Перемещения по осям X, Y, Z осуществляются от отдельных электродвигателей.

Инструментальный магазин на 8 инструментов предназначен для выполнения автоматической смены инструмента. Он выполнен в виде кольца, охватывающего станину. Перемещения кольца (вперед к шпинделю и опускания - подъем) осуществляются гидродлиндром, управляемым по программе. Выбор инструмента осуществляется командоаппаратом.

Наибольший продольный ход стола (координата X) - 630 мм, наибольший поперечный ход (координата Y) - 300 мм и наибольший вертикальный ход (координата Z) - 350 мм.

Круговая частота вращения шпинделя - 63...2500 мин<sup>-1</sup>.  
Диапазон подач стола - 6...4800 мм/мин.

Максимальный вес обрабатываемой заготовки - 350 кгс. Наибольший диаметр фрезы, устанавливаемой на станке, - 125 мм.

Органы обслуживания и управления станка снабжены графическими символами, часть которых, необходимая оператору, приведена в таблице I.

### 3. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧПУ

УЧПУ 2Р32 выполнено на базе микро-ЭВМ "Электроника 60М" для управления станками фрезерной группы и относится к классу аппаратных устройств с вводом программы с перфоленты в коде ИСО. Составление программы облегчается наличием в языке программирования вызовов технологических подпрограмм и постоянных циклов, которые заранее вводятся в зону памяти для хранения. Использование подпрограмм и циклов освобождает программиста от расчетов промежуточных траекторий перемещения инструмента.

Технические характеристики УЧПУ:





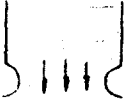


Вид интерполяции - линейно-круговая.

Число управляемых осей - 3.


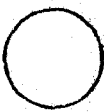

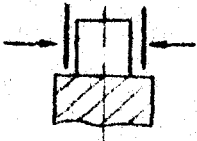
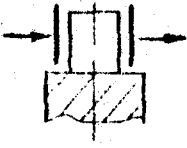

Число одновременно работающих осей при линейной интерполяции - 3. То же при круговой интерполяции - 2.

Дискретность задания размеров - 0,001 мм.

Таблица I

Символ	Наименование
1	2
	Насос смазки
	Глазок контроля работы насоса смазки
	Верхний уровень жидкости
	Заполнение
	Слив
	О оператор
	К оператору

## Продолжение таблицы I

1	2
	Включение. Пуск
	Отключение. Стоп
	Включение гидравлики
	Зажим инструмента
	Разжим инструмента
	Исходное положение

## 4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ

## 4.1. Структура программы

Программа обработки записывается на 8-дорожковой перфоленте в виде последовательности кадров, определяемой последовательностью обработки. Кадр состоит из информационных слов (команд). При составлении программы используется адресный способ записи слов буквенными адресами. Для этого применяется алфавитно-числовой набор по ГОСТ 13052-74. Значение символов адресов приведено в таблице 2.

Таблица 2

Символ адреса	Значение символа
1	2
A	Угловое перемещение вокруг оси X
B	То же Y
C	То же Z
D	Функция коррекции
E	Номер кадра перехода
F	Функция подачи
G	Подготовительная функция
H	Количество повторений участка программы
I	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси X
J	То же Y
K	То же Z
L	Обращение к подпрограмме
M	Вспомогательная функции
N	Номер кадра
P	Третья функция перемещения, параллельная оси X

Продолжение таблицы 2

I	!	2
Q		То же Y
R		Формальный параметр
S		Частота вращения шпинделя
T		Функция инструмента
U		Вторая функция перемещения, параллельного оси X
V		То же Y
W		То же Z
X		Первичное перемещение по оси X
Y		То же Y
		То же Z

Значение управляющих символов и специальных знаков приведено в таблице 3.

Таблица 3

Символ	Наименование	Значение
I	2	3
ПС	Конец кадра	
%	Начало программы	
(		Знак, обозначающий, что следующая за ним информация не предназначена для считывания и обработки
)		Знак, обозначающий, что следующая за ним информация должна считываться и обрабатываться
/	Пропуск кадра	Знак, обозначающий, что кадр программы управления может обрабатываться или не обрабатываться в зависимости



## Продолжение таблицы 3

1	2	3
		от положения органа управления на пульте управления
:	Главный кадр	
ⓐ	Операция над параметрами или переход к технологической подпрограмме	Символ, обозначающий изменение последовательности выполнения кадров технологической программы или выполнение двухадресной операции над параметрами

Программа обработки составляется таким образом, чтобы в кадре записывалась та геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая изменяется по отношению к предыдущему кадру.

Каждый кадр программы должен содержать слово "номер кадра" либо символ ":", информационные слова и символ КС. Информационные слова в кадре должны записываться в следующей последовательности: слово "количество повторений участка программы", слово или слова "подготовительная функция", слово "функция коррекции", слово или слова "размерные перемещения", слово "функция подачи", слово "частота вращения шпинделя", слово "функция инструмента", слово или слова "вспомогательная функция", слово "подпрограмма", слово "параметр подпрограммы".

Слова "размерные перемещения" записываются в следующей последовательности: X, Y, Z, U, V, W, P, Q, J, K, A, B, C.

Информационные слова состоят из адресного символа и числа. В качестве числа может выступать формальный параметр. Таким образом, формат программы имеет вид: N 004 H02 E 02 D02 X+043 Y+043 Z+043 U+043 V+043 W+043 J+043 J+043 K+043 A+043 B+043 C+043 F 04 S 05 T03 M02 L 4 R 03+07 B+04 ⓐ 02 R 03.

Символ ⓐ, следующий за символом E, определяет вид перехода, а число при символе R - номер параметра, по которому производится анализ условий перехода.

Символ ":" используется только в управляющей программе вместо символа N .

В пределах одного кадра программы не должны использоваться слова с одинаковыми адресами кроме слов G, M, D, R .

Подготовительная функция G разбита на группы (таблица 4).

Таблица 4

Группа	Код	Функция и ее содержание
1	2	3
I	G 00	Позиционирование - перемещение на быстром ходу в заданную точку с торможением в конце кадре до станочной константы. Предварительно запрограммированная скорость перемещения игнорируется, но не отменяется.
	G 01**	Линейная интерполяция
	G 02	Круговая интерполяция по часовой стрелке
	G 03	Круговая интерполяция против часовой стрелки
	G 33	Нарезание резьбы с постоянным шагом
	G 60	Точное позиционирование в пределах одной или двух определенных зон допусков
II*	G 28	Автоматический выход в исходную точку через промежуточную точку
	G 29	Автоматический выход из исходной точки через промежуточную точку
III*	G 04	Пауза - выдержка в обработке на время, заданное в кадре
IV	G 40**	Отмена всех коррекций
	G 41	Коррекция на радиус инструмента левая. Используется, когда инструмент находится слева от обрабатываемой поверхности, если смотреть от режущего инструмента в направлении его движения относительно изделия
	G 42	Коррекция на радиус инструмента правая
V*	G 45	Обеспечивает автоматическое включение сопрягающей дуги между данным и предыдущим кадрами

## Продолжение таблицы 4

1	2	3
VI*	G 53	Отмена линейного сдвига. Используется при работе в станочной системе координат
VII	G 54**	Линейный сдвиг начала координат на величины, заданные в массиве смещений N I. Используется при работе в абсолютных размерах
	G 55	То же применительно к массиву N 2
VIII	G 80**	Отмена постоянного цикла
	G 81	Постоянный цикл N I
	G 82	То же N 2
	G 83	То же N 3
	G 84	То же N 4
	G 85	То же N 5
	G 86	То же N 6
	G 87	То же N 7
	G 88	То же N 8
G 89	То же N 9	
IX	G 90**	Задание перемещений в абсолютных размерах - отсчет перемещений производится от нулевой точки данной системы координат
	G 91	Задание перемещений в приращениях - отсчет перемещения производится относительно предыдущей запрограммированной точки
X*	G 92	Установка новой рабочей системы координат
XI*	G 09	Торможение в конце кадра - автоматическое уменьшение скорости до станочной константы торможения
XII	G 94**	Подача, мм/мин
	G 95	Подача, мм/об

## Продолжение таблицы 4

I	!	2	!	3
XIII	G 17 <sup>жж</sup>	Плоскость обработки XY, UY, XV, UV		
	G 18	То же ZU, WX, WU, ZX		
	G 19	То же YZ, VZ, YW, VW		
XV	G 40 <sup>жж</sup>	Отмена всех коррекций		
	G 43	Коррекция инструмента положительная		
	G 44	Коррекция инструмента отрицательная		
XVI	G 20	Масштабирование		
	G 21	Отмена масштаба		
XVII	G 59	Программируемый дополнительный сдвиг нуля станка		

Примечание к таблице 4: ж - функция действует только в одном кадре, жж - функция устанавливается автоматически при включении УЧПУ.

В одном кадре можно задавать только одну функцию из каждой группы.

Основные функции M приведены в таблице 5.

Таблица 5

Код	!	Функция и её содержание	!	Примечание
I		2		3
MOO		Программируемый останов. Дальнейшая работа возобновляется нажатием кнопки "Пуск"		Выполняется после перемещения, запрограммированного в данном кадре
MOI		Останов с подтверждением. Функция аналогична MOO, но выполняется только при предварительном подтверждении с пульта оператора		

Продолжение таблицы 5

I	I	2	I	3
M02	Конец программы. Указывает на завершение обработки программы детали	Выполняется после окончания перемещения, запрограммированного в данном кадре		
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	Выполняется до начала перемещения, запрограммированного в данном кадре		
M13	То же с охлаждением			
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки			
M14	То же с охлаждением		Выполняется после	
M05	Останов шпинделя (с выключением охлаждения)		окончания перемещения, запрограммированного в данном кадре	
M06	Смена инструмента		Выполняется в том кадре, в котором задана	
M17	Выход из подпрограммы		Выполняется после обработки данного кадра	
M20	Конец повторяющегося участка программы			
M30	Конец ленты -- конец программы с переходом на начало программы			
M37	Уменьшение подачи в 100 раз			
M36	Отмена функции M37			

При необходимости осуществления режима "Основная программа" кадры, которые не должны отработываться, помечаются символом "Пропуск", который записывается перед символом "Номер кадра".

## 4.2. Управляющая технологическая программа

Отсчет координат при задании перемещений в кадре может быть абсолютным или относительным. При абсолютном отсчете ( $\text{G} 90$ ) размеры задаются относительно начала действующей в кадре станочной или рабочей системы координат. При относительном отсчете ( $\text{G} 91$ ) размеры задаются относительно системы координат, начало которой помещено в начальную точку текущего кадра.

Перед началом обработки детали подвижные части станка (координаты) выводятся в одно из крайних положений. Это положение по каждой координате фиксируется датчиками и называется исходной точкой.

Станочной системой координат (ССК) называется система, расположение которой относительно исходной точки определяется с помощью станочных констант. Начало ССК называется нулем станка. Рабочей (РСК) называется система, начало которой сдвинуто относительно нуля станка. При задании в кадре функции  $\text{G} 53$  перемещение задается в ССК. При задании  $\text{G} 54$  или  $\text{G} 55$  перемещение задается в одной из двух РСК. При этом начало РСК сдвигается линейно по каждой из координат в соответствии с предварительно заданными константами. Расположение линейных сдвигов по координатам приведено в таблице 6. С помощью функции  $\text{G} 92$  начало РСК можно переместить в любую точку в пределах рабочего пространства станка.

Таблица 6

№ конст.	№ массива	Вид константы
1	2	3
0		Смещение начала отсчета по координате X
1		То же Y
2		— " — Z
3		— " — U
4	I	— " — V
5		— " — W
6		— " — A
7		— " — B
8		— " — C

Продолжение таблицы 6

I	2	3
9		Смещение начала отсчета по координате X
10		То же Y
11		" Z
12		" U
13	II	" V
14		" W
15		" A
16		" B
17		" C

Значения координат, заданные в текущем кадре, содержат функцию G 92, представляет собой координаты точки (·) A (рис. I), являющейся конечной (·) участка программируемого контура, заданного в предыдущем кадре, во вновь созданной PCK.

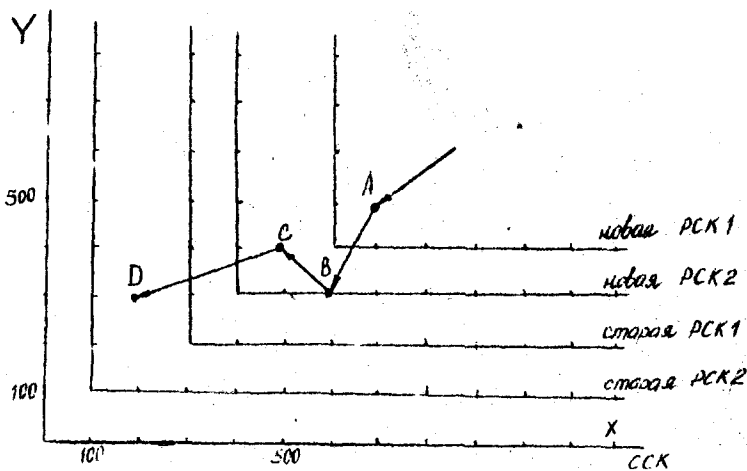


Рис. I

При сдвиге нуля одной из систем координат в кадре (6 92) точно так же сдвигается другая рабочая координата системы координат, так что их взаимное расположение остается неизменным. В кадре (6 92) нет перемещений инструмента. Производится только пересчет констант, определяющих положение нуля РСК относительно ССК.

Фрагмент программы к рис. 1

N 101	6 54	X400	У300	ПС
N 102	6 92	X100	У100	ПС
N 103		X0	У-100	ПС
N 104	6 55	X100	У100	ПС
N 105	6 53	X300	У300	ПС

В кадре № 101 инструмент перемещен в (•) А (X400, У300) в старой РСК 1. В кадре № 102 формируется новая РСК 1 таким образом, что (•) А будет иметь в этой РСК (X100, У100). Одновременно РСК 2 сдвигается, причем значения линейных сдвигов по осям такие же как у РСК 1. В итоге формируются две новые системы координат. В кадре № 103 перемещение в (•) В с координатами (X0, У-100) в новой РСК 1. В кадре № 104 перемещение в (•) С, которая в новой РСК 2 имеет координаты (X100, У100). В кадре № 105 осуществляется перемещение в (•) Д с координатами (X300, У300) в ССК.

При составлении технологической программы обрабатываемый контур разбивается на участки, представляющие собой либо отрезки прямых, либо дуги окружности. В случае иных кривых контур аппроксимируется прямыми и дугами.

**Л и н е й н а я и н т е р п о л я ц и я.** При этом виде интерполяции в одном кадре может быть задано не более пяти координат.

На рис.2 перемещения при линейной интерполяции заданы в абсолютных размерах.

На рис.3 перемещения заданы в приращениях.



N 1	G 90	G 01	X18000	Y23000	IC
N 2			X73500	Y50000	IC
N 3			X52500	Y10000	IC
N 4			X18000	Y23000	IC

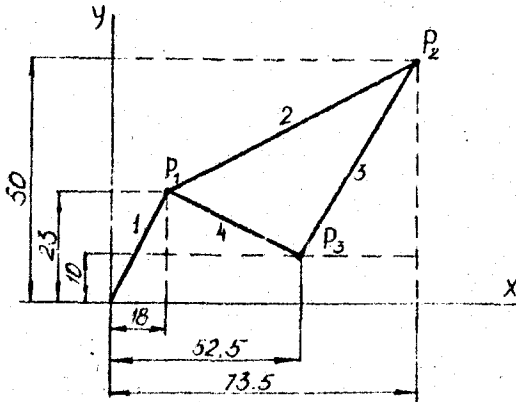


FIG. 2

N 1	G 91	G 01	X22500	Y29000	IC
N 2			X67000	Y42500	IC
N 3			X-30000	Y-58500	IC
N 4			X-37000	Y16000	IC

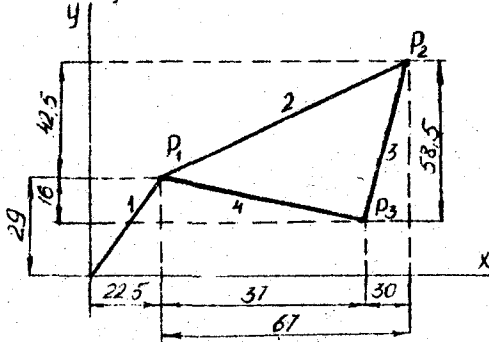


FIG. 3

**К р у г о в а я и н т е р п о л я ц и я.** Для задания этого вида интерполяции в кадре необходимо задать:

- направление обхода дуги (G 02 или G 03);
- плоскость обработки (G 17, G 18, G 19);
- проекция радиус-вектора кругового участка, проведенного из центра круга в начальную (·);
- координаты конечной (·) в относительных (G 91) или абсолютных (G 90) величинах.

Обе координаты конечной точки и обе проекции радиус-вектора в кадре необходимо задавать явно, т.е. нулевые значения этих величин в кадре должны обязательно задаваться.

Пример задания круговой интерполяции по часовой стрелке в плоскости XY в относительных размерах (G 91) приведен на рис.4, где  $P_0$  и  $P_k$  - начальная и конечная точки обрабатываемого контура.

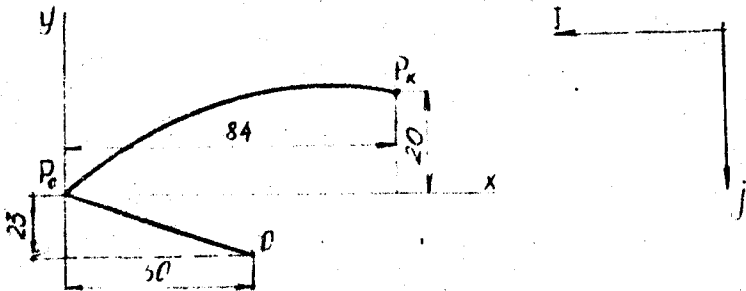


Рис.4

№ 105 G 91 G 17 G 02 X84000 Y20000 J 50000  
j -23000 K

Задание круговой интерполяции против часовой стрелки в плоскости XY при абсолютном отсчете (G 90) приведен на рис.5.

№ 106 G 90 G 17 G 03 X50000 Y25000 J -1000  
j -30000 K

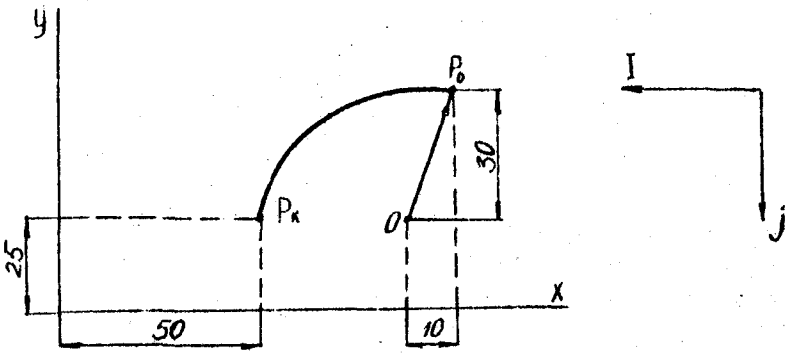


Рис.5

Задание полного круга в относительных величинах (6 91) приведено на рис.6

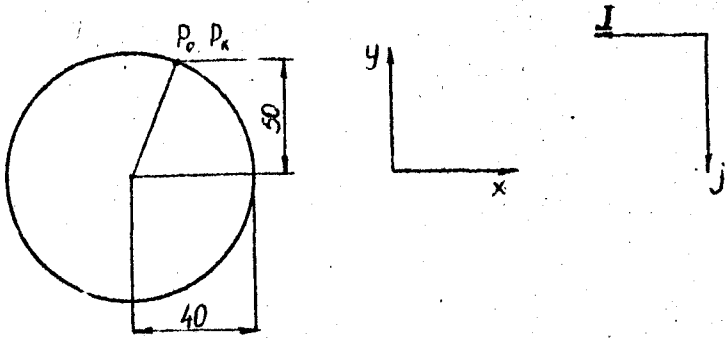


Рис.6

И 100 6 91 6 17 6 02 X<sub>0</sub> y<sub>0</sub> i -40000 j -50000 ПС

Задание полного круга в абсолютных ( $\ominus 90$ ) величинах приведено на рис.7.

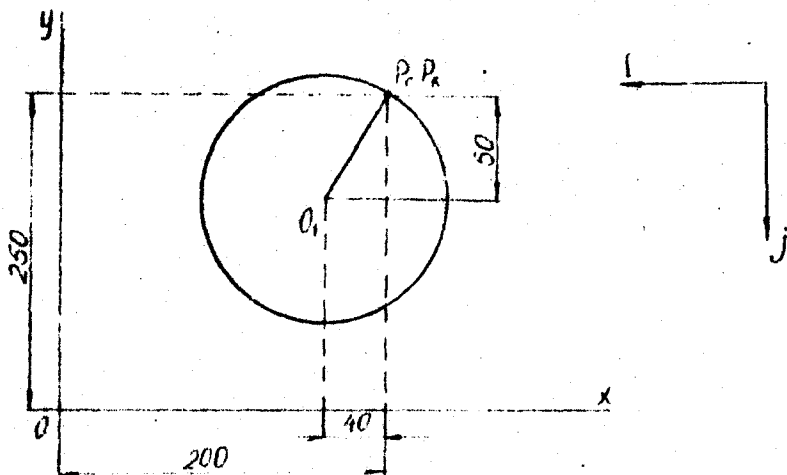


Рис.7

$\# 100 \ominus 90 \ominus 17 \ominus 02 \quad X200000 \quad Y250000 \quad I-40000$   
 $j-50000 \quad PC$

Обработка с учетом коррекции. Коррекция положительная (отрицательная) задается функцией  $\ominus 43$  ( $\ominus 44$ ) и словом D, которые записываются в строгой последовательности перед каждой корректируемой координатой. Отмена коррекции производится функцией  $\ominus 40$  или заданием D00. Функция  $\ominus 40$  отменяет все виды коррекций по всем координатам, D00 отменяет коррекцию только по той координате, перед которой она задана, и не суммирует задание функции  $\ominus 43$  ( $\ominus 44$ ).

Задание линейной интерполяции с коррекцией инструмента положительной и отрицательной при работе в абсолютных размерах показано на рис.8, где пунктирная линия – траектория движения центра инструмента, сплошная – программируемая траектория.

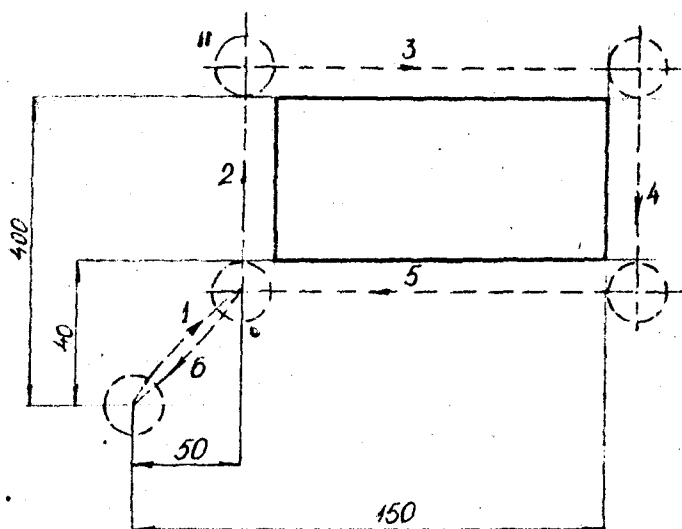


Рис. 8

N 1	G 90	G 00	G 44	DOI	X50000	G 44	DOI	Y40000	ПС
N 2		G 01				G 43		Y100000	R1000 ПС
N 3			G 43		X150000				ПС
N 4						G 44		Y+40000	ПС
N 5			G 44		X50000				ПС
N 6		G 00		DOI	X0		DOI	Y0	ПС

DOI = 10000

Задание линейной интерполяции с коррекцией при работе в относительных размерах показано на рис. 9.

Задание линейной и круговой интерполяции при работе в относительных размерах приведено на рис. 10

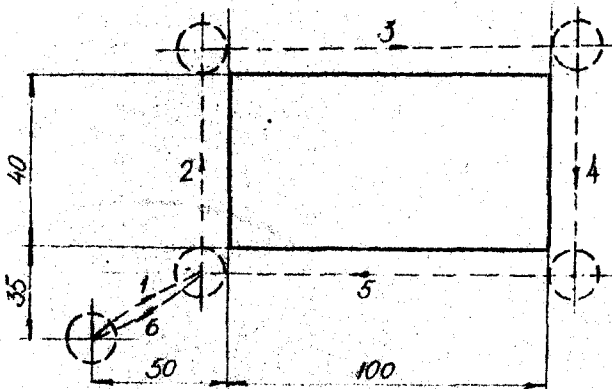


Рис. 9

№ 1	G 91	G 00	G 44	DOI	X50000	G 44	DOI	Y35000	ПС
№ 2		G 01				G 43		Y40000	PI000 ПС
№ 3			G 43		X100000				ПС
№ 4						G 44		Y-40000	ПС
№ 5			G 44		X-100000				ПС
№ 6		G 00		DOI	X-50000		DOI	Y-35000	ПС

DOI=500

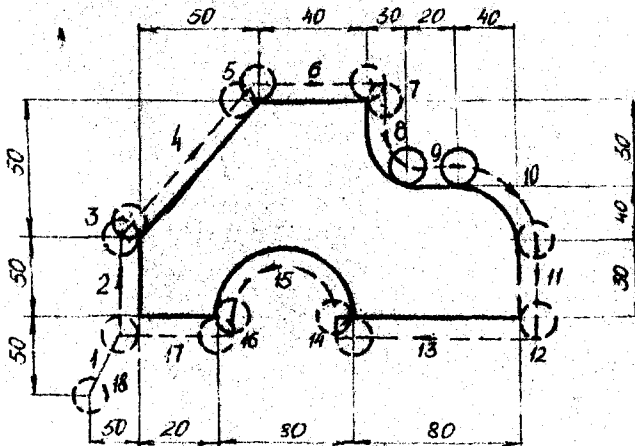


Рис. 10

N 1	G 91	G 00	G 44	DOI	X50000	G 44	DOI	Y50000	PC
N 2		G 01					DOO	Y50000F300	PC
N 3		G 02		DO2	X0	G 43	DO2	Y0 10 j 0	PC
N 4		G 01			X50000			Y50000	PC
N 5		G 02		DOO	X0		DOI	Y0 10 j 0	PC
N 6		G 01			X40000				PC
N 7		G 02	G 43	DOI	X0		DOO	Y0 10 j 0	PC
N 8		G 03		DOO	X30000		DOI	Y-30000I30000j0	PC
N 9		G 01			X20000				PC
N 10		G 02		DOI	X40000		DOO	Y-40000I0j-40000PC	
N 11		G 01						Y-30000	PC
N 12		G 02		DOO	X0	G 44	DOI	Y0 10 j 0	PC
N 13		G 01			X-80000				PC
N 14		G 02	G 41	DOI	X0		DOO	Y0 10 j 0	PC
N 15		G 03	G 43		X-80000			Y0 I-40000j0	PC
N 16		G 02		DOO	X0		DOI	Y0 10 j 0	PC
N 17		G 01	G 44	DOO	X-20000		DOI	Y0	PC
N 18		G 00		DOO	X-50000		DOO	Y-50000	PC
N 19		M30	II						

DOI = 7000

DO2 = 5000

**Компенсация радиуса инструмента.** При обработке детали с контуром центр инструмента перемещается по кривую, расположенную от контура детали на расстоянии радиуса инструмента (эквидистантный контур).

Указывая радиус инструмента и запрограммировав контур детали, можно обрабатывать контур разными инструментами, если использовать функцию компенсации радиуса инструмента, левую G 41 или правую G 42.

Пример задания компенсации (левой) радиуса инструмента приведен на рис. 11.

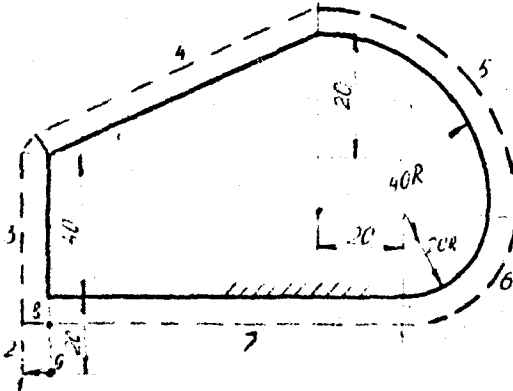


Рис. II

№ 1	6 91	6 17	6 00	6 41	Д08	j 60000	HC
№ 2	6 01	Δ 25000	E100	HC			
№ 3		Y60000	F250	HC			
№ 4	6 45	X40000	Y20000	HC			
№ 5	6 02	6 45	X40000	Y-40000	10	j -40000	HC
№ 6			X-20000	Y-20000	1-20000	j 0	HC
№ 7	6 01		X-60000	HC			
№ 8	6 00		Δ 25000	HC			



### 4.3. Технологические подпрограммы

Повторяющиеся процессы обработки могут быть сведены в подпрограммы, которые вводятся в память УЧПУ до начала работы. Перфокарта с подпрограммами начинается символами  $L$ , ПС. Подпрограммы, обращение к которым осуществляется из управляющих программ, называются подпрограммами первого уровня, а подпрограммы, обращение к которым осуществляется из подпрограмм первого уровня, называются подпрограммами второго уровня.

Пример составления основной программы и подпрограммы приведен на рис. 12.

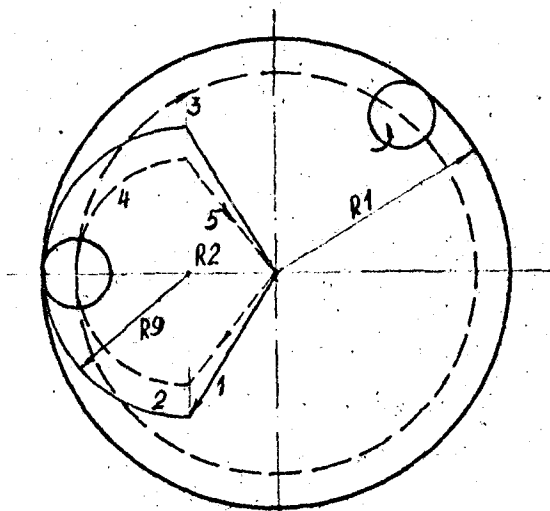


Рис. 12

нологических переходов, текст программы, результаты измерений полученной детали. При необходимости внести коррекции в программу.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Судоплатов И.П. Обработка деталей на станках с ЧПУ.-М.: Машиностроение, 1976.

2. Шарин Ю.С. Подготовка программ для станков с ЧПУ. -М.: Машиностроение, 1980.

3. Голембневский А.И. Методические указания к выполнению учебно-исследовательской работы "Координатно-сверляльный станок с автоматической сменой инструмента и программным управлением модели КС 12-500 М" для студентов специальности 0601. -Новополоцк, изд. НИИ, 1982.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Цель работы.....	3
2. Общие сведения о станке.....	3
3. Краткая характеристика УЧПУ.....	4
4. Программирование обработки.....	7
4.1. Структура программы.....	7
4.2. Управляющая технологическая программа.....	14
4.3. Технологическая подпрограмма.....	25
4.4. Постоянные циклы.....	26
4.5. Подготовка управляющих программ.....	27
5. Последовательность выполнения работы.....	27
Литература.....	28