

## **Лабораторная работа № 4**

# **СОСТАВЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКЕ С ЧПУ**

**Цель работы** – изучение методики и приобретение практических навыков составления управляющих программ для токарной обработки на станке с ЧПУ в режиме прямого управления от компьютера.

### **4.1 Общие рекомендации по составлению управляющих программ для станков с ЧПУ**

Термины в области систем ЧПУ металлорежущими станками установлены ГОСТ 20523-80, ДСТУ 2579-94.

**Управляющая программа (УП)** – совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка для обработки конкретной заготовки. Каждая УП обработки на оборудовании с ЧПУ состоит из кадров.

**Кадр** – составная часть УП, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды. Кадр УП состоит из последовательности слов.

**Слово** – составная часть кадра УП, содержащая данные о параметре процесса обработки и (или) другие данные о выполнении управления. Для станка с ЧПУ слово является командой о геометрических или программно-технических действиях. Каждое слово УП состоит из адресов.

**Адрес** – часть слова УП, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове.

Каждый кадр УП должен содержать порядковый номер кадра, подготовительные, вспомогательные и технологические команды, числовую информацию с адресами, символ конца кадра.

### **4.2 Методика составления УП для станков с ЧПУ**

Для записи управляющей информации используют семиразрядный буквенно-цифровой код ИСО-7. Значения букв и символов в терминах числового программного управления кода приведены ниже:

*N* – номер кадра; *X* – перемещение по оси X; *Z* – перемещение по оси Z; *I* – координата начальной точки дуги по оси X; *K* – координата начальной точки дуги по оси Z; *S* – команда на скорость шпинделя; *T* – позиция инструмента; *F* – подача; *G* – подготовительная функция; *M* – вспомогательная функция; % – начало программы; *LF* – конец кадра; *L* – обращение к корректору.

Рекомендуемая последовательность адресов в кадре УП:

*% N G F X Z I K M S T L LF.*

Присутствие того или иного адреса (слова) обусловлено УП. Отсутствие слова указывает на неизменность данной информации относительно предыдущего кадра. Повторение в одном кадре УП слов с одноименными адресами не допускается.

### **Задание подготовительной функции**

Подготовительная функция определяет режим и условия работы станка и кодируется адресом *G* с двухразрядным числом.

Все подготовительные команды разделены на функциональные группы (таблица 4.1). Длительность действия заданной подготовительной функции определяется временем прихода другой подготовительной функции. Исключение составляет функция *G40*, действие которой прекращается автоматически по окончании отработки кадра.

Размерные перемещения могут быть заданы в виде абсолютных значений относительно начала координат станка с ЧПУ либо в виде приращений размеров.

Числовая информация о перемещениях выдается после адресов *X(I)*, *Z(K)* количеством импульсов с соответствующими знаками. Знак присваивается в зависимости от направления движения резца при задании в приращениях.

Таблица 4.1 – Задание подготовительных функций

Подготовительная функция	Код функции	Размер перемещения
Линейная интерполяция	<i>G01</i>	Нормальный
	<i>G10</i>	Длинный
	<i>G11</i>	Короткий
Круговая интерполяция. Движение по часовой стрелке	<i>G02</i>	Нормальный
	<i>G20</i>	Длинный
	<i>G21</i>	Короткий
Круговая интерполяция. Движение против часовой стрелки	<i>G03</i>	Нормальный
	<i>G30</i>	Длинный
	<i>G31</i>	Короткий
Размер в приращениях	<i>G26</i>	Отсчет перемещения

	<b>(G91)</b>	относительно предыдущей точки
Абсолютный размер	<b>G27</b> <b>(G90)</b>	Отсчет перемещения относительно нулевой точки
Отмена коррекции	<b>G40</b>	–

### **Задание перемещений при линейной интерполяции**

Задание длины отрезка прямой в случае линейной интерполяции выполняется программированием команд *G01*, *G10*, *G11* и адресов *X*, *Z* с соответствующей информацией. При линейной интерполяции в одном кадре УП можно задать только один отрезок прямой.

Признаки нормальных, длинных и коротких размеров влияют на разрядность геометрической информации, задаваемой в кадре:

– "Нормальный размер" (функции *G01*, *G02*, *G03*) – задают пять десятичных разрядов геометрической информации;

– "Длинный размер" (функции *G10*, *G20*, *G30*) – задают шесть десятичных разрядов геометрической информации;

– "Короткий размер" (функции *G11*, *G21*, *G31*) – задают четыре десятичных разряда геометрической информации.

Возможны два режима задания геометрической информации: в приращениях *G26* (*G91*) и в абсолютных размерах *G27* (*G90*).

При программировании в приращениях *G26* в кадрах после адресов *X* и *Z* задается числовая информация, соответствующая приращениям по координатам.

Для получения кодового числа, которое определяет количество импульсов для геометрического перемещения по осям, величину перемещения в мм умножают на 1000 для оси *X* и на 500 для оси *Z*:

$$N_{X_{\text{имп}}} = 1000 X ; \quad N_{Z_{\text{имп}}} = 500 Z .$$

#### **Пример**

Задание перемещения из точки P1 в точку P4 (рисунок 4.1):

N014 G26 LF

N015 G01 Z – 10500 X – 15000 LF

N016 Z – 25000 LF

N017 Z – 12500 X + 25000 LF

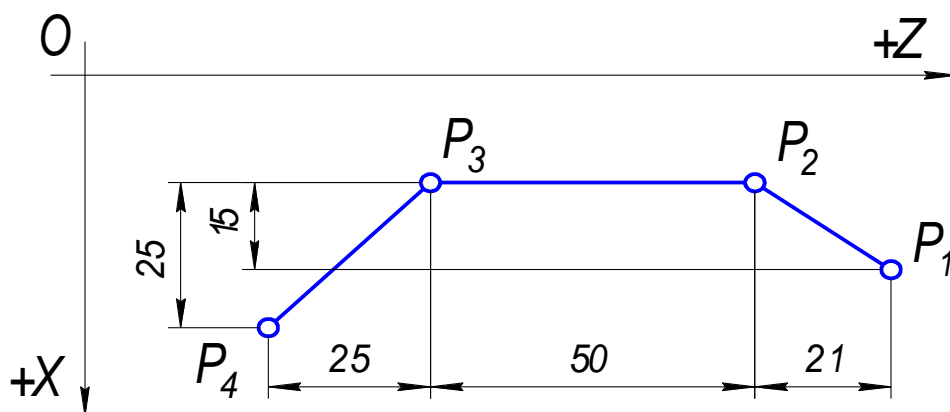


Рисунок 4.1 – Схема задания координат опорных точек в приращении (подготовительная функция *G26*)

При программировании в абсолютных размерах *G27* в кадрах после адресов *X* и *Z* приводится числовая информация, соответствующая координатам конечных точек отрезков перемещения в системе координат станка *ZMX*.

### Пример

Задание перемещения из точки *P1* в точку *P4* (рисунок 4.2):

N023 *G27 LF*

N024 *G01 Z + 41000 X + 50000 LF*

N025 *Z + 17500 LF*

N026 *Z + 07000 X + 35000 LF*

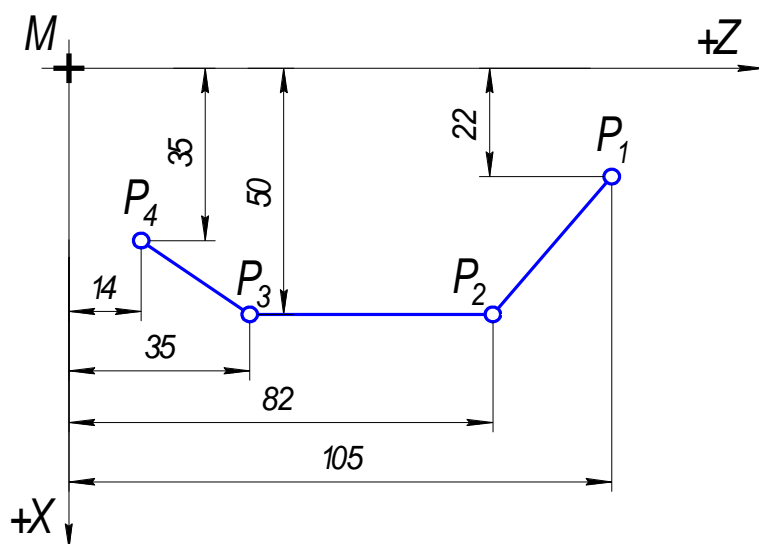


Рисунок 4.2 – Схема задания координат опорных точек в абсолютных размерах (подготовительная функция *G27*)

### **Задание перемещений при круговой интерполяции**

Круговая интерполяция задается в относительных  $G26$  или абсолютных  $G27$  размерах одной из подготовительных функций  $G02$ ,  $G20$ ,  $G21$  (движение по часовой стрелке) или  $G03$ ,  $G30$ ,  $G31$  (движение против часовой стрелки) в зависимости от направления движения и признака размера.

Участок программирования дуги окружности должен лежать в пределах одного квадранта. Если дуга окружности расположена в разных квадрантах, то при программировании ее разбивают на участки с соответствующими данному условию опорными геометрическими точками.

При работе в *приращениях*  $G26$  необходимо задать числовую информацию:

по адресам  $X$ ,  $Z$  – о координатах конечной точки дуги в приращениях относительно начальной точки;

по адресам  $I$ ,  $K$  – о координатах центра дуги  $P_c$  относительно ее начальной точки.

Адресом  $I$  обозначают отрезок, параллельный оси  $X$ , адресом  $K$  – отрезок, параллельный оси  $Z$ .

Приращениям  $\Delta X$  и  $\Delta Z$  присваивают знаки в зависимости от направления движения в координатах  $X$ ,  $Z$ . Информацию под адресами  $I$ ,  $K$  записывают всегда с положительным знаком.

Для получения кодового числа по адресам  $I$  и  $K$  величину перемещения в мм умножают на 1000 для оси  $X$  и на 500 для оси  $Z$ :

$$N_{I_{\text{мм}}} = 1000I; \quad N_{K_{\text{мм}}} = 500K.$$

### Пример

Задание дуги окружности в приращениях  $G26$  (рисунок 4.3):

а) движение по часовой стрелке (рисунок 4.3, а):

N015 G26 LF

N016 G02 Z – 12000 X + 30000 K + 22000 I + 10000 LF

б) движение против часовой стрелки (рисунок 4.3, б):

N015 G26 LF

N016 G03 Z + 12000 X – 30000 K + 10000 I + 40000 LF

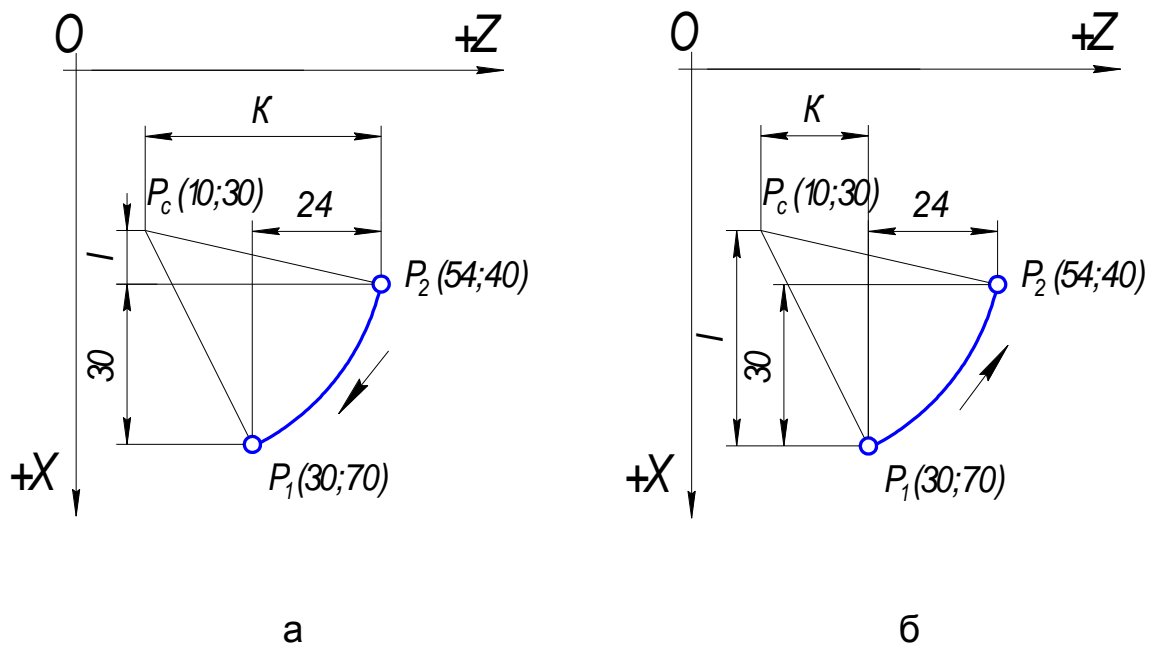


Рисунок 4.3 – Задание дуги окружности в приращениях (подготовительная функция  $G26$ ): а – движение по часовой стрелке; б – движение против часовой стрелки

При программировании в *абсолютных размерах*  $G27$  в кадр вводят по адресам  $X$ ,  $Z$  координаты конечной точки дуги окружности, а по адресам  $I$ ,  $K$  – координаты центра дуги окружности  $P_c$  относительно начальной точки дуги аналогично заданию дуги в приращениях.

### Пример

Задание дуги окружности в абсолютных размерах  $G27$  (рисунок 4.4):

а) движение по часовой стрелке:

N023 G27 LF

N024 G02 Z + 15000 X + 70000 K + 22000 I + 10000 LF

б) движение против часовой стрелки:

N023 G27 LF

N024 G03 Z + 27000 X + 40000 K + 10000 I + 40000 LF

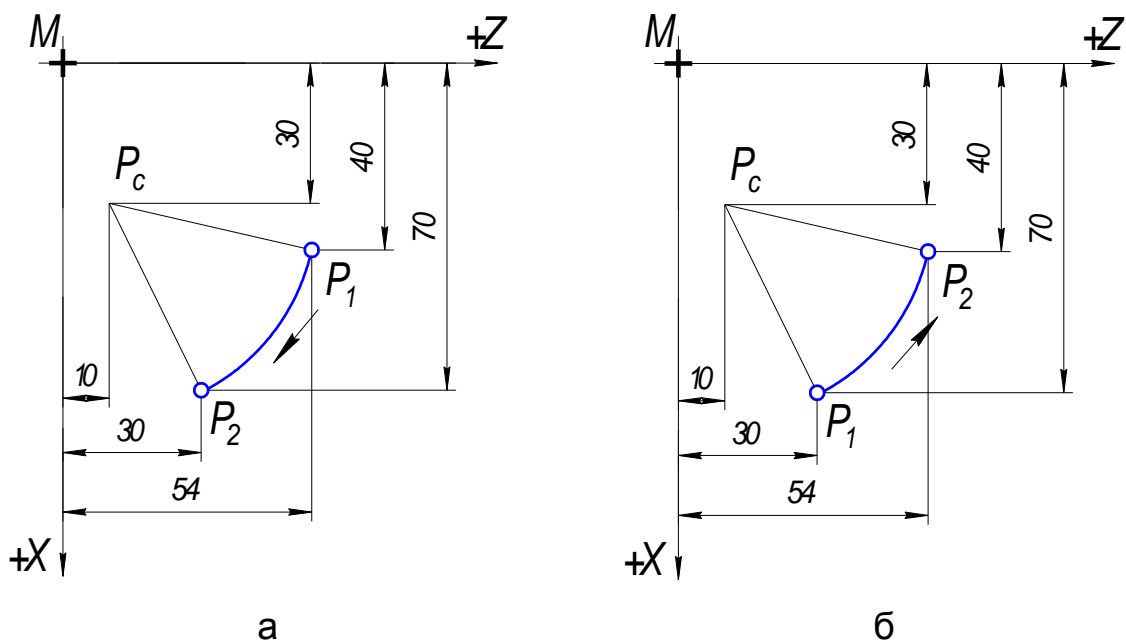


Рисунок 4.4 – Задание дуги окружности в абсолютных размерах (подготовительная функция  $G27$ ): а – движение по часовой стрелке;  
б – движение против часовой стрелки

### **Задание минутной подачи**

Минутная подача инструмента вдоль обрабатываемого контура программируется под адресом  $F$  пятиразрядным ( $A_1 A_2 A_3 A_4 A_5$ ) числом с использованием кодовой таблицы (таблица 4.2). Введенная минутная подача сохраняется в процессе отработки УП до прихода новой величины минутной подачи, т. е. нового слова с адресом  $F$ .

В первом разряде  $A_1$  после адреса  $F$  цифрами 1, 2 или 7 задают признак состояния генератора устройства ЧПУ. Для кодирования значения собственно минутной подачи  $S_m$  используют коэффициенты  $K$  и  $K_1$ . Полученные числа ставят в разряды  $A_2 A_3 A_4 A_5$ , свободные разряды заполняют нулями.

#### **Пример**

F10350 – адрес программирования минутной подачи, составляющей 70 мм/мин.

В режиме "Быстрый ход" в УП задается код F70000 без указания величины подачи по координатам. Быстрое перемещение допускается только по одной из координат.

Ввод в УП кода функции подачи возможен как отдельным кадром, так и вместе с геометрической информацией, которая будет обрабатываться с данной минутной подачей.

Таблица 4.2 – Задание минутной подачи

Признак состояния генератора			Код минутной подачи		
Режим минутных подач	Интервал минутных подач $S_m$ , мм/мин	Значения разряда $A_1$	Значения разрядов $A_2 A_3 A_4 A_5$	$K$	$K_1$
I ("Первый")	0,2...240,0	1	$S_m K$	5	–
II ("Второй")	0,01...24,0	2	$S_m K K_1$	5	20
"Быстрый ход"	400	7	0000	–	–

### **Задание вспомогательной функции**

Вспомогательная функция программируется под адресом  $M$  трехразрядным числом.

Некоторые характерные значения вспомогательной функции:

**$M000$**  – программируемый останов. После отработки кадра, в котором записана данная команда, происходит останов шпинделя. Работа по УП возобновляется нажатием кнопки "Пуск" на пульте устройства управления;

**$M001$**  – останов с подтверждением. Является командой на остановку станка, если на пульте оператора нажата кнопка "Технологический останов";

**$M002$**  – конец УП. Указывает на завершение отработки УП и приводит к остановке шпинделя и подачи, выключению охлаждения после выполнения всех команд в кадре;

**$M003$**  – вращение шпинделя по часовой стрелке. Включает шпиндель в направлении, при котором винт с правой нарезкой, закреплённый в шпинделе, входит в заготовку;

**$M004$**  – вращение шпинделя против часовой стрелки. Действует аналогично  **$M003$** ;

**$M005$**  – останов шпинделя. Отменяет команды  **$M003$**  и  **$M004$**  с начала отработки кадра, в котором она указана.

### **Задание скорости вращения шпинделя**

Выполняется командой с адресом  $S$ . Для токарного станка с ЧПУ модели ТПК-125ВН предусмотрено программирование пяти номеров скорости шпинделя:  **$S001$** ,  **$S002$** ,  **$S004$** ,  **$S008$** ,  **$S010$** . Численные значения частоты вращения шпинделя выставляются на пульте станка до начала работы. Для включения заданного номера скорости вращения шпинделя кроме команды  $S$  необходимо задать и команду на направление вращения шпинделя ( **$M003$**  или  **$M004$** ).

### **Программирование позиции инструмента**

Осуществляется командой с адресом  $T$ , за которым следует

трехразрядное десятичное число. Старший разряд принимает значение единицы, два младших – номер инструмента.

Для поиска нужного инструмента по адресу  $T$  программируют количество проходимых токарным резцом инструментальных позиций  $n$  по формуле  $T = n + 2$ .

**Пример.**  $T105$  – количество проходимых токарным резцом инструментальных позиций  $n = 3$ .

### **Коррекция перемещения инструмента**

Коррекция компенсирует неточности выставления инструмента в исходную точку станка и размерный износ инструмента. Величину коррекции уточняют в процессе обработки пробной детали.

Коррекцию вводят только в режиме линейной интерполяции ( $G01$ ,  $G10$ ,  $G11$ ). В УП коррекция задается командой с адресом  $L$ . Под этим адресом указывают двухразрядный десятичный код. Старший разряд кода принимает значения:  $1$  – одиночная коррекция на перемещение по оси  $X$ ;  $2$  – одиночная коррекция на перемещение по оси  $Z$ ;  $3$  – парная коррекция на одновременное перемещение по осям  $Z$ ,  $X$ .

Младший разряд кода, указанный цифрами от 1 до 9, соответствует номеру декадного переключателя на панели устройства ЧПУ модели Н22-1М.

**Пример.**  $L16$  – одиночная коррекция по оси  $X$ , корректор № 6.

Величины, набранные на декадных переключателях, алгебраически складываются с величинами, заданными в кадре. В каждом из декадных переключателей величины коррекции по осям  $Z$ ,  $X$  независимы.

При работе в приращениях  $G26$  величины перемещений корректируются только в том кадре, в котором записана команда с адресом  $L$ , а информация в остальных кадрах не изменяется.

При работе в режиме абсолютных координат  $G27$  коррекция геометрических величин начинается с кадра, содержащего адрес  $L$ , и учитывается далее во всех последующих кадрах УП до кадра, содержащего команду на отмену коррекции  $G40$ .

## **4.3 Комплектование лабораторной работы**

1. Токарный станок с ЧПУ модели ТПК-125ВН с устройством ЧПУ Н22-1М. Режим управления – DNC (непосредственно от компьютера). Координаты исходной точки станка:  $XMO = 126$  мм;  $ZMO = 32$  мм.

2. Устройство контроля УП планшетного типа.

3. Резец проходной 2142-0019 Т15К6 ГОСТ 9795-84.

4. Варианты для разработки УП (Приложение В).

#### 4.4 Порядок проведения экспериментальных исследований

1. Ознакомиться с методикой разработки УП для токарной обработки на станках с ЧПУ.
2. Разработать УП для одного из вариантов (см. Приложение В) по заданию преподавателя.
3. Заполнить карту кодирования информации (таблица 4.3) данными о координатах геометрических и технологических опорных точек РТК в системе координат станка *ZMX* и приращениях относительно исходной точки станка *O*.
4. На основании карты кодирования информации разработать УП токарной обработки заданных поверхностей детали «Опора».
5. Выполнить графическое моделирование токарной обработки заданного варианта УП на устройстве контроля планшетного типа.
6. Ввести в компьютер команду коррекции инструмента на заданную величину, проверить на суппорте координаты фиксированной точки станка, относительно которой задано положение токарного резца.
7. Обработать деталь «Опора» по УП, определив при этом время автоматической работы станка.
8. Ответить на контрольные вопросы.
9. Оформить отчет по лабораторной работе.

Таблица 4.3 – Карта кодирования информации

Номер кадра	Траектория			Приращения		Номер корректора	Подача, мм/мин	Шпиндель, позиция	Инструмент, позиция
	точка	Z, мм	X, мм	$\Delta Z$	$\Delta X$				

#### 4.5 Содержание отчета

1. Краткий конспект, отражающий методику составления УП для токарной обработки.
2. Вариант кинематического перемещения резца согласно Приложению В и разработанная для этого варианта УП.
3. Карта кодирования информации для токарной обработки детали «Опора» в заданном установе согласно таблице 4.3.
4. УП токарной обработки заданных поверхностей детали «Опора».
5. Выводы по лабораторной работе.

#### 4.6 Контрольные вопросы

1. Какие элементы должен содержать каждый кадр УП?
2. На какие функциональные группы разделены подготовительные команды?

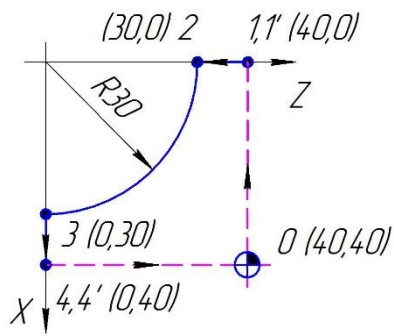
3. Какая информация необходима для задания перемещений при круговой интерполяции?
4. Как программируется минутная подача в УП?
5. Какие вспомогательные функции используют при точении детали «Опора»?
6. Как выполняется поиск инструмента в УП?
7. Для чего предназначена команда на коррекцию инструмента?

## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

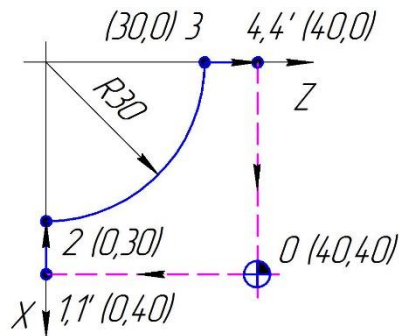
### ***Варианты для разработки УП***

*(минутная подача на линейных участках рабочего хода*

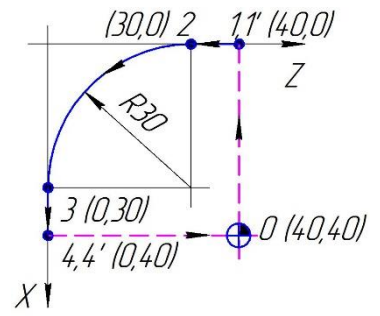
*$S_m = 90$  мм/мин, фасонных –  $S_m = 18$  мм/мин)*



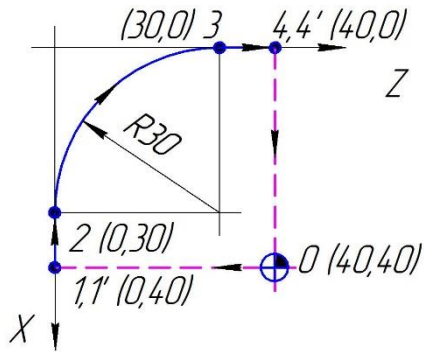
1



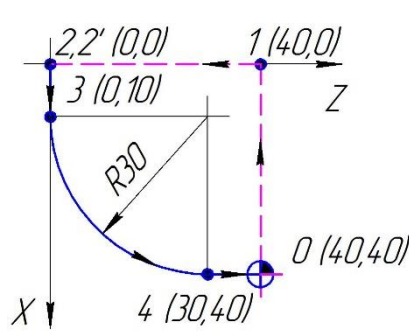
2



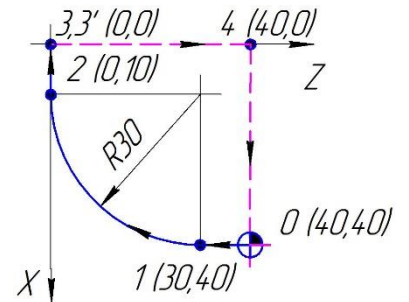
3



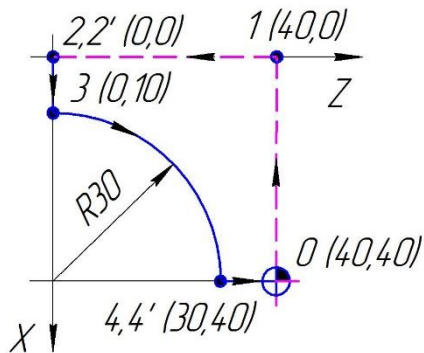
4



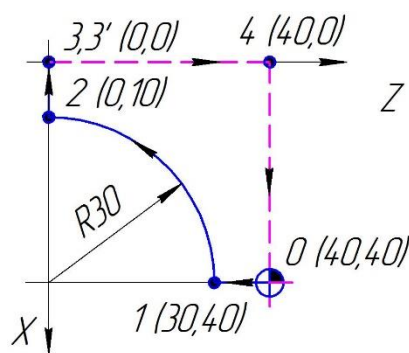
5



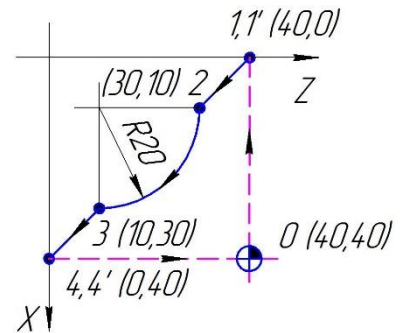
6



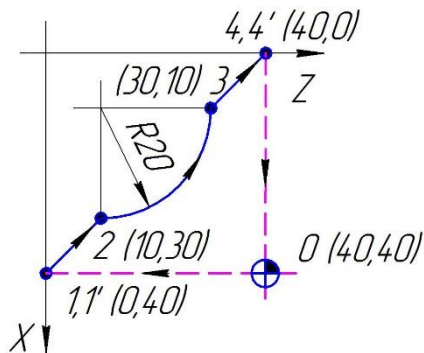
7



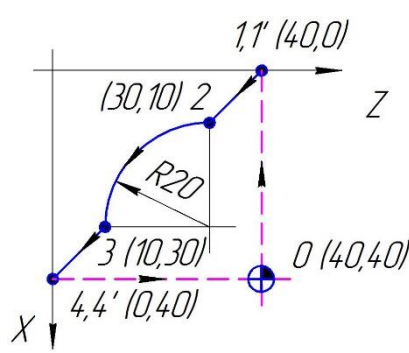
8



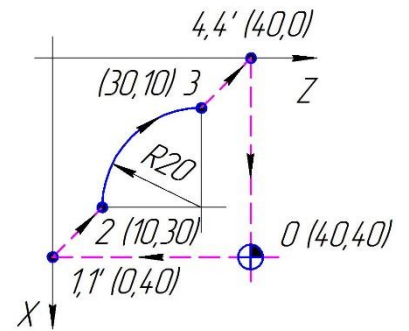
9



10

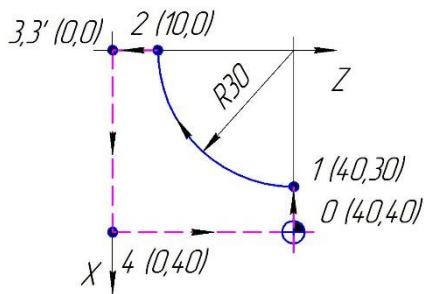


11

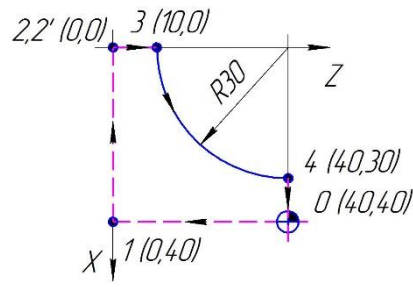


12

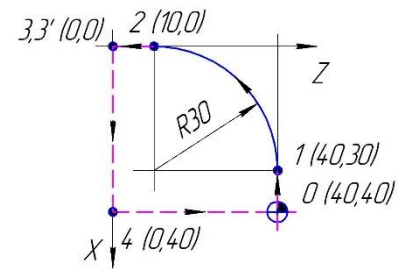
Продолжение Приложения В



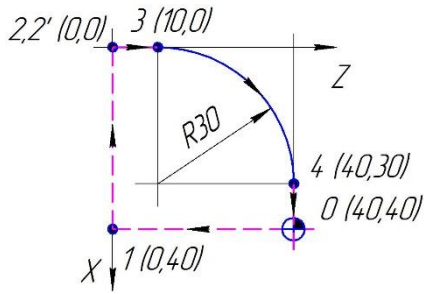
13



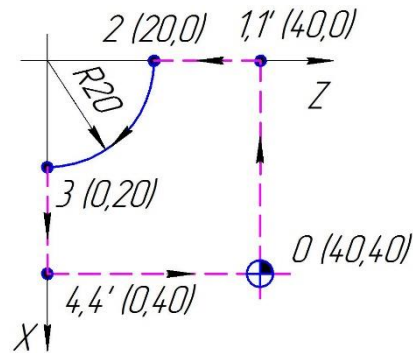
14



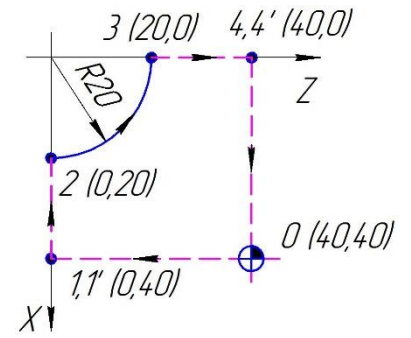
15



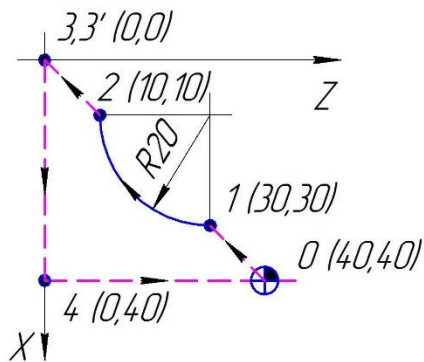
16



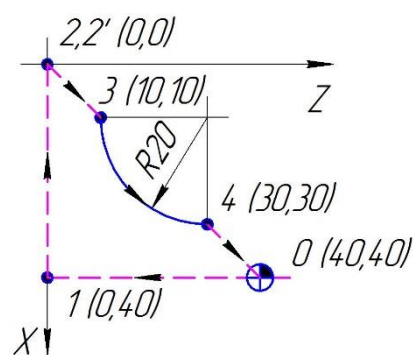
17



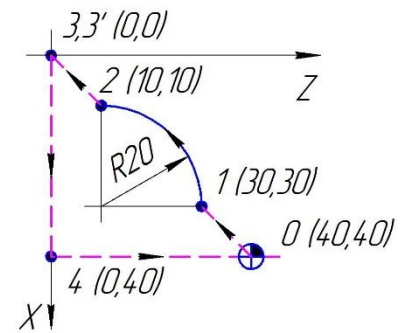
18



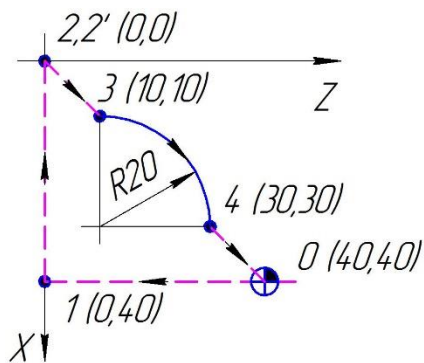
19



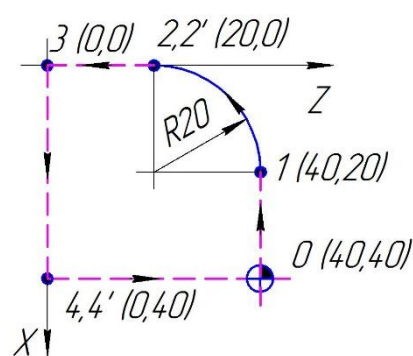
20



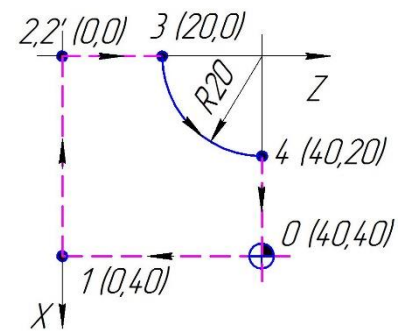
21



22



23



24