

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Соловьев Андрей Борисович  
Должность: Директор  
Дата подписания: 27.09.2023 11:08:06  
Уникальный программный ключ:  
с83cc511feb01f5417b9362d2700339df14aa123



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**  
**ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**В Г. ТАГАНРОГЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**  
**ПИ (филиал) ДГТУ в г. Таганроге**

**Методические указания по выполнению практических  
работ по дисциплине**

**Разработка и внедрение управляющих программ изготовления деталей машин**  
**для обучающихся специальности**  
**15.02.16 Технология машиностроения**

Таганрог  
2023 г

**Разработчик:**

Преподаватель

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

\_\_\_\_\_ Ю.Г. Чернега

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании ЦМК «Технология машиностроения и сварочное производство»

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Председатель ЦМК «ТМиСП»

«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

\_\_\_\_\_ Т.В. Новоселова

Методические рекомендации предназначены для обучающихся специальности 15.02.16  
Технология машиностроения.

Практическое занятие – это организованная преподавателем активная деятельность обучающегося, направленная на выполнение поставленной цели. Активная

деятельность обучающихся предполагает осмысление теоретического материала, закрепление, развитие специальных умений, навыков и способностей при работе с литературой, а также обобщение и систематизацию знаний.

Практическое занятие обучающихся по дисциплине Разработка и внедрение управляющих программ изготовления деталей машин для специальности определяется Федеральным Государственным образовательным стандартом, учебной рабочей программой дисциплины, содержанием учебников, учебных пособий и методических рекомендаций.

Контроль практического занятия и оценка ее результатов организуется как контроль и оценка преподавателя.

Задачи изучения дисциплины Разработка и внедрение управляющих программ изготовления деталей машин основываются на необходимости получения выпускником умений и знаний в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, на основе которых формируются соответствующие компетенции.

## Практическая работа

### «Расчет координат опорных точек контура детали и эквидистанты».

Цель работы: освоить методику построения эквидистанты и расчет координат опорных точек эквидистанты.

### Теоретическое обоснование

Схема траектории движения центра инструмента называется **циклограммой**.

При контурной обработке центр инструмента должен перемещаться по эквидистанте контура детали.

**Эквидистантой** называется геометрическое место точек, равноудаленных от какой-либо линии и лежащих по одну сторону от нее. Эквидистанты бывают наружные и внутренние.

Отдельные участки траектории рабочего органа называются **геометрическими элементами**. Они могут быть отрезками прямых, дугами окружностей и кривых второго и высшего порядков.

**Опорная точка** это точка, в которой инструмент (центр инструмента) переходит с одного участка на другой, происходит изменение режимов обработки или технологический останов.

Координаты опорных точек можно определить непосредственно из чертежа детали, либо путем расчета по формулам тригонометрии и аналитической геометрии.

### Задание.

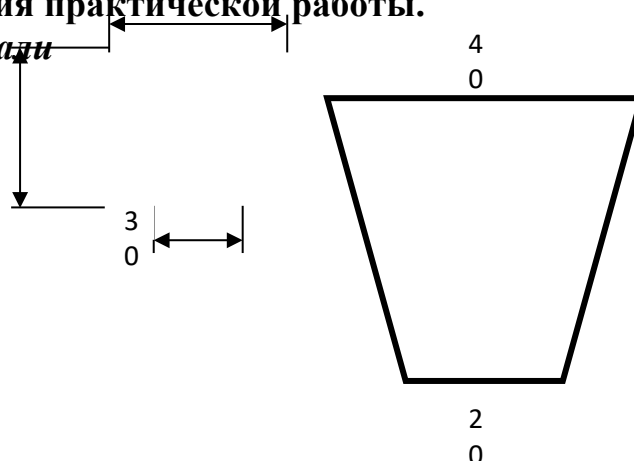
Построить траекторию движения инструмента и определить координаты опорных точек при фрезеровании заданного контура **концевой фрезой диаметром 20 мм**.

### Порядок выполнения работы:

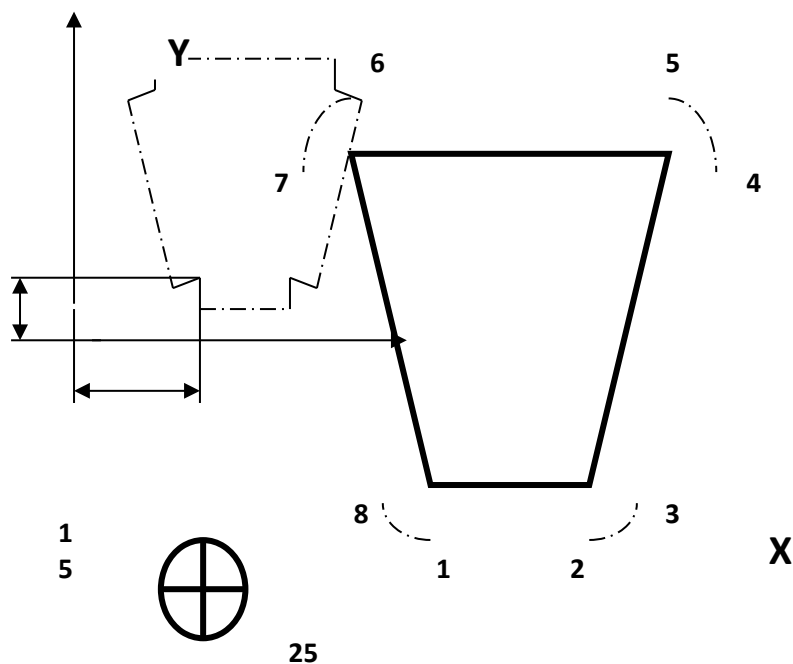
1. Выполнить чертеж детали.
2. Выбрать начало системы координат детали.
3. Вычертить контур детали без простановки размеров.
4. Начертить траекторию движения инструмента по эквидистанте контура детали (фреза концевая диаметром 20 мм).
5. Выделить и пронумеровать опорные точки траектории движения инструмента.
6. Определить координаты опорных точек. Выполнить геометрические построения для расчета координат опорных точек.
7. Составить таблицу для координат опорных точек.

### Пример оформления практической работы.

#### 1. Чертеж детали



## 2. Выбираем начало системы координат детали за пределами детали.

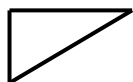


## 3. Проводим расчет координат опорных точек эквидистанты.

### Точка 1

$$X = 25$$

$$Y = 15 - 10 = 5$$



### Точка 2

$$X = 25 + 20 = 45$$

$$Y = 15 - 10 = 5$$

### Точка 3

Для определения координат точки **3** необходимо определить угол при вершине трапеции. Рассмотрим треугольник ABC

B

A

C

В этом треугольнике катет AB =

10, а катет BC = 30.

Определим величину  $\angle BCA$  через тангенс угла  $\text{ctg } CA = \frac{BA}{BC} = \frac{10}{30} = 0,33$

BA = 10 отсюда  $\angle BCA = 18^\circ$

Теперь рассмотрим  $\triangle C3D$ . Этот треугольник подобен треугольнику ABC.

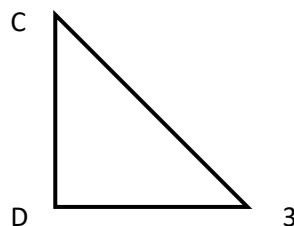
Определим катеты этого треугольника:

катет CD =  $C3 \times \cos 18^\circ = 10 \times 0,95 = 9,5$

катет D3 =  $C3 \times \sin 18^\circ = 10 \times 0,31 = 3,1$

$$X = 25 + 20 + 3,1 = 48,1$$

$$Y = 15 + 9,5 = 24,5$$



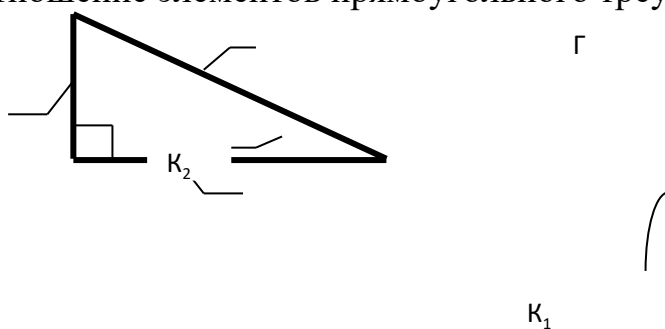
<b>Точка 4</b> $X=25+20+10+3,1=58,1$ $Y=15+30-9,5=35,5$	<b>Точка 5</b> $X=25+20+10=55$ $Y=15+30+10=55$
<b>Точка 6</b> $X=25-10=15$ $Y=15+30+10=55$	<b>Точка 7</b> $X=25-10-3,1=11,9$ $Y=15+30-9,5=35,5$
<b>Точка 8</b> $X=25-3,1=21,9$ $Y=15-9,5=5,5$	

#### 4. Составляем таблицу для координат опорных точек эквидистанты

№ опорной точки	1	2	3	4	5	6	7	8
X	25	45	48,1	58,1	55	15	11,9	21,9
Y	5	5	5,5	35,5	55	55	35,5	5,5

#### Справочные материалы.

Соотношение элементов прямоугольного треугольника.



$$\Gamma^2 = K_1^2 + K_2^2$$

$$\sin = \frac{K_2}{\Gamma} \quad \cos = \frac{K_1}{\Gamma}$$

$$tg = \frac{K_2}{K_1} \quad ctg = \frac{K_1}{K_2}$$

## Контрольные вопросы для защиты практической работы

1. Что такое циклограмма?
2. Что называется эквидистантой?
3. Что такое геометрические элементы эквидистанты?
4. Что такое опорная точка?

### Практическое занятие

#### Создание управляющих команд токарной обработки вала от точки А в точку Б.

Цель: научиться определять координаты точки режущей кромки инструмента по рабочему чертежу детали типа «Вал». Научиться создавать управляющие команды токарной обработки вала.

##### 1. Теоретическая часть занятия

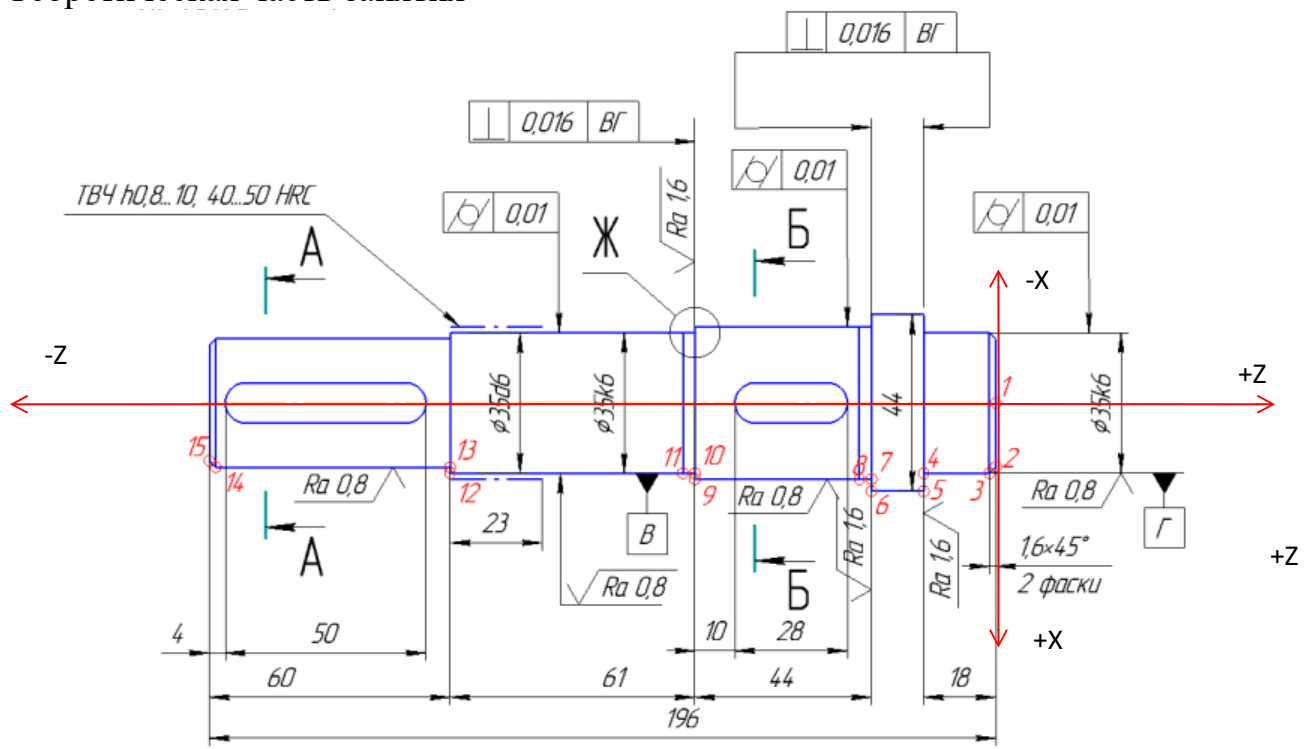


Рисунок 1- Вал

Координаты:

Z-продольная подача инструмента

X-поперечная подача инструмента

Точка при токарной обработке имеет 2 координаты (X, Z).

Координата X показывает, на каком диаметре расположена точка.

Координата Z показывает, на каком расстоянии от нулевых точек заготовки расположена точка.

Например:

т.1 имеет координаты X0 Z0

т.2 X31,8 Z0

т.3 X35 Z-1,6

т.4 X35 Z-18

т.5 X44 Z-18

т.12 X35 Z-136 (196-60)

Для того чтобы токарный режущий инструмент перемещался относительно заготовки, необходимо задать команды линейной интерполяции.

G0- ускоренное перемещение инструмента без снятия стружки

G1 – линейное перемещение инструмента со снятием металла

Пример:

Для перемещения режущего инструмента из т.2 в т.3 необходимо записать код в виде:

G0X31,8  
G0Z0  
G1X35Z-1,6 / точение фаски

подход к т.2

Для перемещения режущего инструмента из т.3 в т.4 необходимо записать код в виде:

G0X35Z-1,6 /подход к т.3  
G1Z-18 / точение цилиндрической поверхности на длин 18мм

## 2. Практическое задание

а) По примеру (смотри п.1), определите координаты точек с 6 по 11, с 13 по 15

б) Запишите команды перемещения режущего инструмента по контуру детали.

в) Сдайте полученный результат преподавателю на проверку.

г) При положительном результате проверки, получите у преподавателя чертеж детали «Вал». По рабочему чертежу детали выполните пункты а), б), в).

## 3. Контрольные вопросы:

а) Нулевая точка станка

б) Нулевая точка детали

в) Система координат токарного станка ЧПУ

г) Линейная интерполяция

## Практическое занятие

### Создание управляющей программы токарной обработки контура

Цель: научиться определять координаты точки режущей кромки инструмента по рабочему чертежу детали типа «Вал». Научиться рассчитывать траекторию инструментов, их исходные точки, координаты опорных точек контура детали. Производить корректировку и доработку УП

## 1. Практическое задание

Разберите коды линейной интерполяции. Создайте новую программу на симуляторе, и введите текст программы. Отработайте каждый блок программы. В результате у вас должен получиться контур, показанный на рисунке 3 и 4. Прежде чем запустить программу в обработку, необходимо выполнить привязку каждого режущего инструмента.

### Исходные данные:

Глубина резания:

черновая обработка  $t=2\text{мм}$ ;



чистовая обработка  $t=0,5\text{мм}$

Режущий инструмент:

T1- резец проходной правый,

T2- отрезной,

T6- сверло,

T3- расточной резец,

T5- резец проходной правый для чистовой обработки.

Параметры заготовки:  $\varnothing 102$  ,  $L=150\text{ мм}$

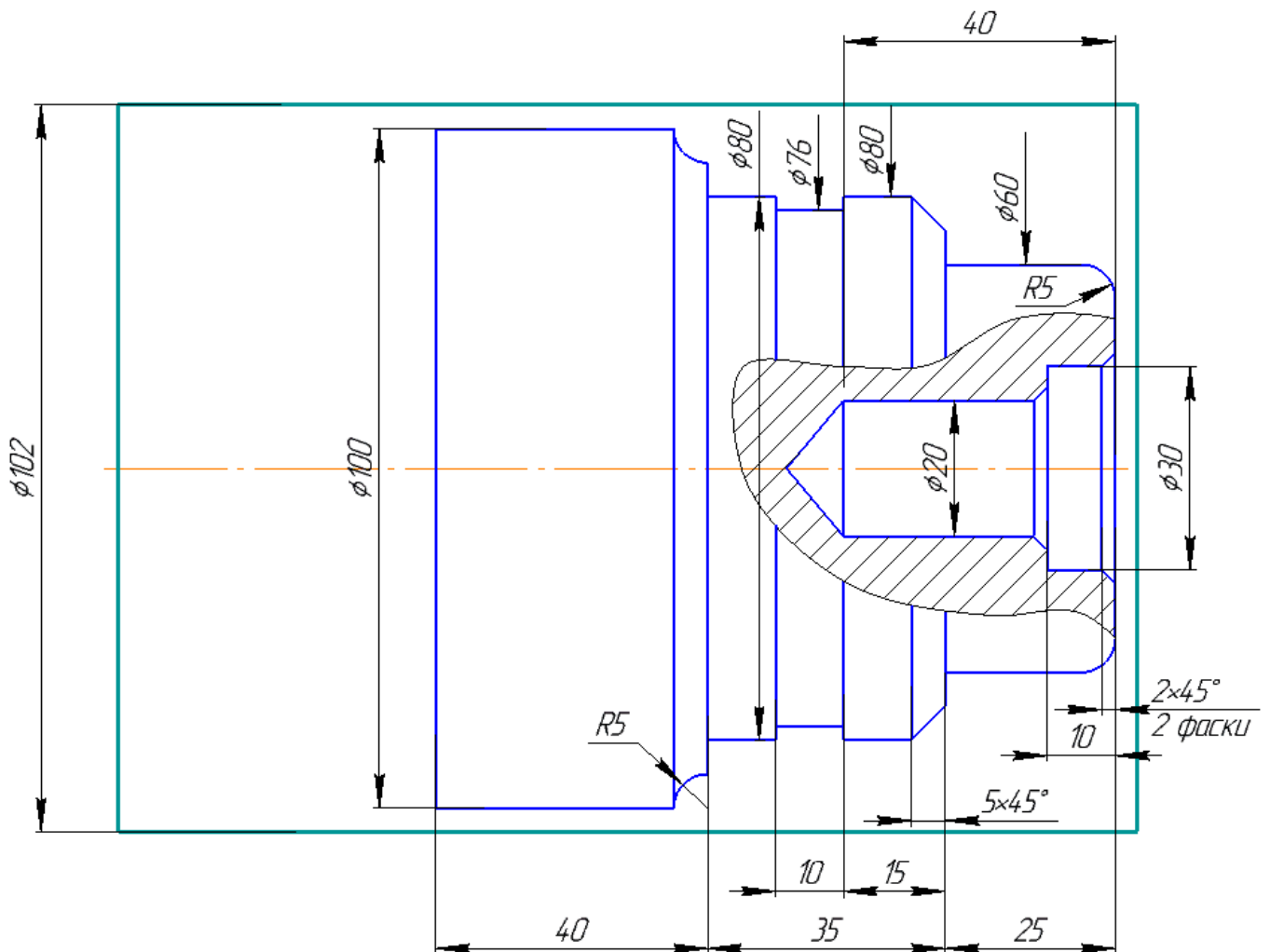


Рисунок 2 –«Вал»

Ход выполнения работы:

Выберете инструмент из «Библиотеки инструментов» (левая инструментальная панель)

T1- проходной правый (001)

T2-отрезной резец (003)

T3-расточной резец (004)

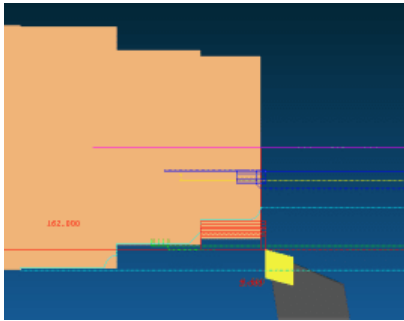
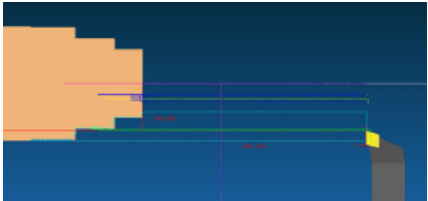
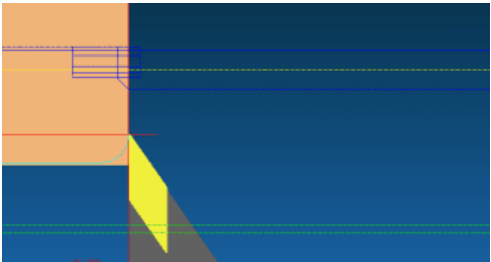
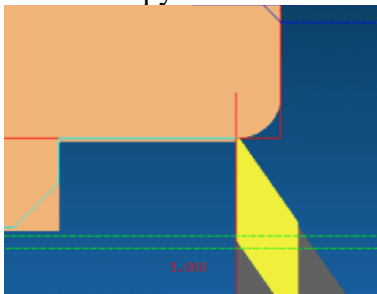
T5-проходной резец (чистовой), (002)

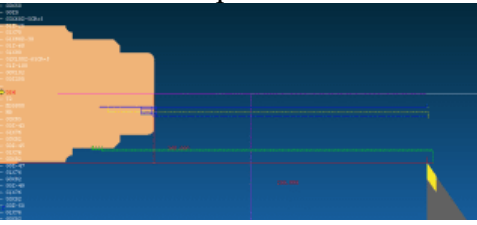
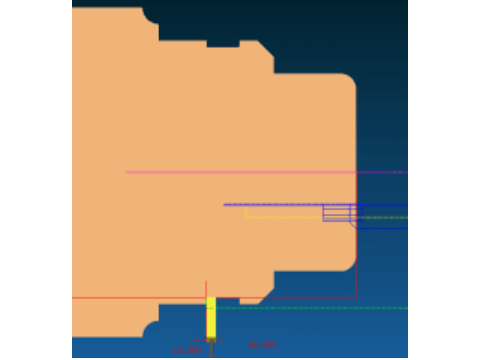

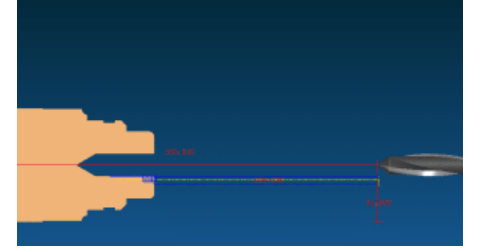
T6-сверло  $\varnothing 20$

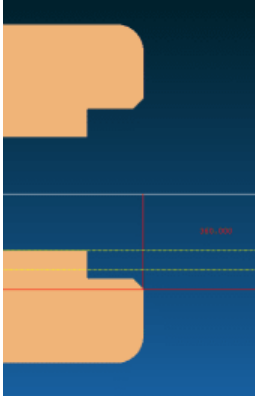
Настройте параметры заготовки («Наладка»- «Параметры заготовки»)

Введите текст управляющей программы

[illegible]

<p> G0X78  G1Z-25  G0X85  G0Z2  G0X76  G1Z-25  G0X85  G0Z2  G0X74  G1Z-25  G0X85  G0Z2  G0X72  G1Z-25  G0X85  G0Z2  G0X70  G1Z-25  G0X85  G0Z2  G0X68  G1Z-25  G0X85  G0Z2  G0X66  G1Z-25  G0X85  G0Z2  G0X64  G1Z-25  G0X85  G0Z2  G0X61  G1Z-25  G0X85  G0Z200 </p>	<p> Точение <math>\varnothing 61</math> на длину <math>L=25</math> мм  G0X85  G0Z2 - отход в исходную точку для  точения меньшего диаметра. </p>	 <p>Исходная точка</p> <p>G0X85 G0Z2</p>  <p>Точение <math>\varnothing 61</math> на длину <math>L=25</math> мм Отход инструмента от заготовки на координату Z200</p>
<p> G54  T5  M3S1000    M8    G0X50  G0Z0  G3X60Z-5CR=5    G1Z-25  G1X70  G1X80Z-30  G1Z-60  G1X90  G2X100Z-65CR=5 </p>	<p> Вызов инструмента—T5  Вкл. вращения шпинделя с частотой  вращения 1000 об/мин.    Включение СОЖ    Подход к начальной точке скругления  Точение по радиусу по часовой  стрелке, радиусом 5 мм    Точение на длину <math>L=25</math> мм  Точение торца до <math>\varnothing 70</math>  Точение фаски  Точение на длину <math>L=60</math> мм  Точение торца до <math>\varnothing 90</math>  Точение по радиусу против часовой  стрелки, радиусом 5 мм </p>	 <p>Подход к начальной точке скругления</p> 

<p>G1Z-100 G0X102 G0Z200</p>	<p>Точение на длину L=100 мм Отход от заготовки для смены инструмента</p>	<p>Точение по радиусу по часовой стрелке</p> 
<p>G54 T2 M3S800 M8</p>	<p>Вызов инструмента—T2 Вкл. вращения шпинделя с частотой вращения 800 об/мин.</p>	<p>Чистовая обработка контура</p> 
<p>G0X85 G0Z-43 G1X76F0.1 G0X82 G0Z-45 G1X76 G0X82 G0Z-47 G1X76 G0X82 G0Z-49</p>	<p>Точение канавки. Подача инструмента-поперечная.</p>	<p>Точение канавки. Подача инструмента - поперечная.</p> 
<p>G1X76 G0X82 G0Z-50 G1X76 G0X82 G0Z200</p>	<p>Отход от заготовки для смены инструмента</p>	
<p>G54 T6 M3S800 G0X0</p>	<p>Вызов инструмента—T6 Вкл. вращения шпинделя с частотой вращения 800 об/мин.</p>	
<p>G0Z0 G1Z-10 G0Z10 G1Z-20 G0Z10 G1Z-30 G0Z10 G1Z-40 G0Z10 G1Z-50 G0Z10 G1Z-60 G0Z10 G1Z-70 G0Z200</p>	<p>Сверление глухого отверстия на длину 70 мм за 7 проходов</p>	<p>Сверление глухого отверстия на длину 70 мм за 7 проходов</p> 
<p>G54</p>		

<p>T3 M3S800</p> <p>G0X20.103 G1Z-40 G0X19 G0Z2 G0X22 G1Z-10 G0X24 G1Z-10 G0X19 G0Z2 G0X26 G1Z-10 G0X19 G0Z2 G0X28 G1Z-10 G0X19 G0Z2 G0X30 G1Z-10 G0X19 G0Z-2 G1X30 G1X34Z0 G0Z200</p>	<p>Растачивание отверстия <math>\varnothing 20</math> на <math>\varnothing 30</math> G1X34Z0 – точение фаски</p>	 <p>Растачивание отверстия <math>\varnothing 20</math> на <math>\varnothing 30</math>, точение фаски</p>
--	--	--

Если привязка инструмента выполнена верно, текст программы написан правильно, о результате обработки станет контур детали, смотри рисунок 2,3

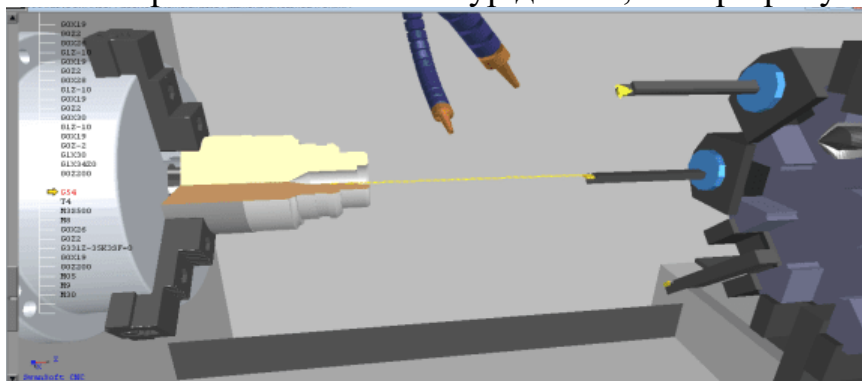
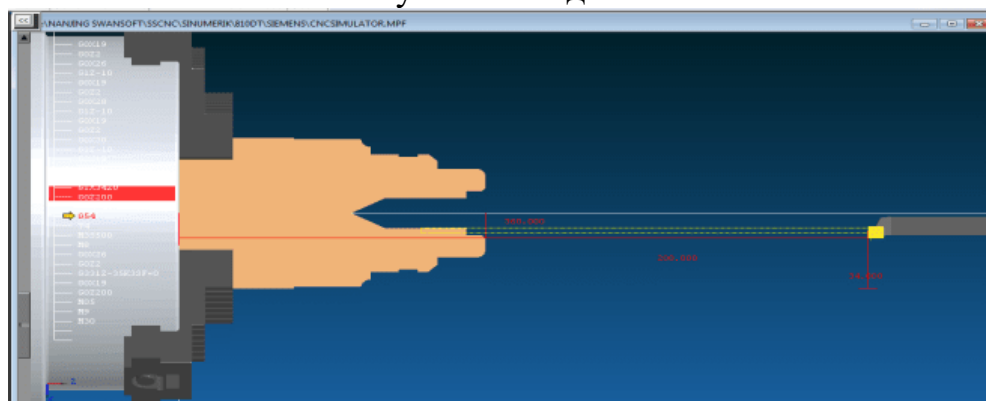


Рисунок 2-3D деталь



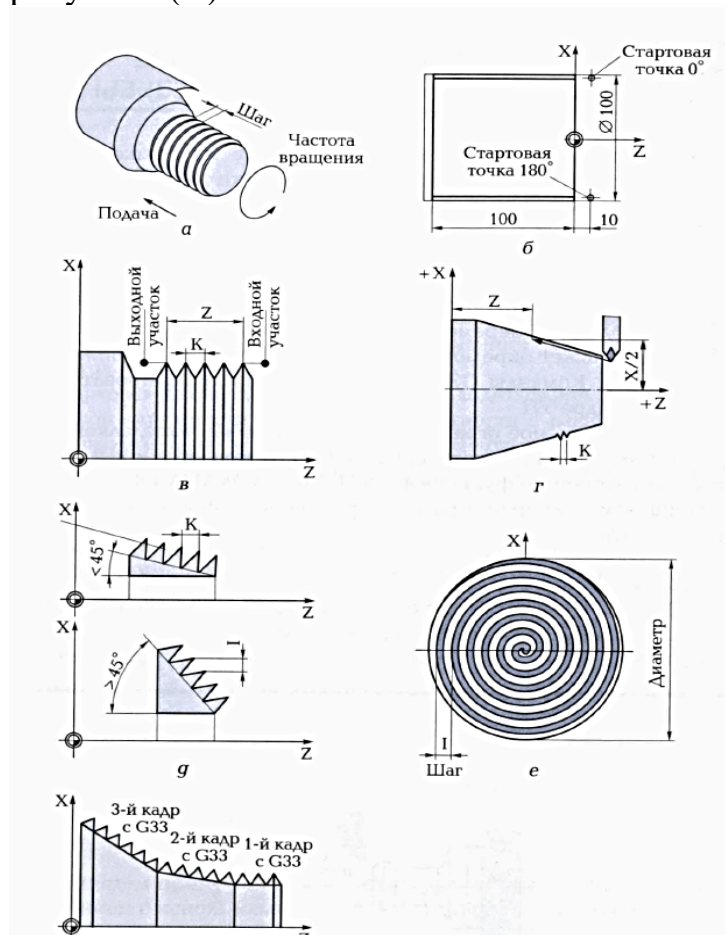
## Практическое занятие

## Создание УП нарезки резьбы с постоянным шагом.

Цель: научиться определять координаты точки режущей кромки резбОВОГО  
 реЗЦА при нарезании внешней и внутренней резьбы с постоянным шагом.  
 Способствовать формированию умения создавать УП и производить корректировку и  
 доработку УП.

## 1 Теоретическая часть

Для нарезания резьбы используется команда G33. С ее помощью можно изготовить цилиндрическую, рисунок 4 (а...в), коническую, рисунок 4 (г, д) и спиральную, рисунок 4 (е). Последовательным введением нескольких команд G33 можно изготовить цепочку резьб, рисунок 4(ж).



### Рисунок 4-Нарезание резьбы

*а* — схема режимов резания; *б* — схема для составления программы нарезания цилиндрической резьбы; *в* — схема и формат программы для нарезания цилиндрической резьбы; *г* — геометрическая схема конической резьбы; *д* — схема конической резьбы; *е* — схема спиральной резьбы; *ж* — схема цепочки резьб

## УП нарезания резьбы на токарном станке со стойкой Siemens

Формат программы для нарезания конической резьбы имеет следующий вид:

**G33 X...Z...I/K**

где Z-длина резьбы, мм;  
X- координата конечной точки, мм;  
I/K- шаг резьбы, мм.

Для программы нарезания резьбы с постоянным шагом используются следующие параметры:

G33-нарезание внешней резьбы с постоянным шагом;  
X, Y, Z- конечная точка в декартовых координатах;  
I- шаг резьбы в направлении X;  
J- шаг резьбы в направлении Y;  
K- шаг резьбы в направлении Z;  
Z-продольная ось;  
X-поперечная ось;  
Z и K- соответственно длина и шаг цилиндрической резьбы;  
X и I - соответственно диаметр и шаг спиральной резьбы.

Вариант указания шага конической резьбы (I и K) зависит от угла конуса, рисунок 4(д):

- если угол конуса  $<45^{\circ}$ , шаг резьбы указываем с параметром K (в продольном направлении)
- если угол конуса  $>45^{\circ}$ , шаг резьбы указываем с параметром I (в поперечном направлении)
- если угол конуса равен  $45^{\circ}$ , шаг резьбы указываем с параметром I и K.

Смещение стартовой точки SF (от 0 до 359,999<sup>0</sup>) необходимо указывать только для многозаходных резьб, если резьба однозаходная SF=0.

Пример программы для выполнения двухзаходной цилиндрической резьбы, рисунок 4(б):

Текст программы	Описание
G1 G54 X99 Z10 S500 F0.16 M3	Подвод инструмента к стартовой точке с координатами X99 Z10; частота вращения шпинделя 500 об/мин; подача 0,16 мм/об., вращение шпинделя по часовой стрелке.
G33 Z-100 K4	Цикл нарезания резьбы на длину 100 мм с шагом 4 мм
G0 X102 G0 Z10	Отвод инструмента от заготовки на координату G0 X102, G0 Z10
G1 X99	Подход к стартовой точке
G33 Z-100 K4 SF=180	Цикл нарезания резьбы на длину 100 мм с шагом 4 мм; 2-я прорезь со смещением стартовой точки на угол 180 <sup>0</sup>
G0 X110 G0 Z10	Отвод инструмента от заготовки на координату G0 X110, G0 Z10

Исходя из запрограммированного числа оборотов шпинделя и шага резьбы, система ЧПУ вычисляет необходимую подачу (продольную и поперечную).

Для описания цилиндрической резьбы используют параметры:

- длина резьбы (Z);
- шаг резьбы (K).

Для описания спиральной резьбы:

- диаметр резьбы (преимущественно в направлении X);
- шаг резьбы (преимущественно с параметром I).

Выполнение цепочки резьб, рисунок 4ж программируется прямой последовательностью кадров G33, смотри рисунок 5

Программа выполнения цепочки резьб имеет следующий вид:

```
N010 SETTHREADCOUNT (3)
N011 G33 X... Z... I/K... SF...
N012 G33 X... Z... I/K... SF...
N013 G33 X... Z... I/K... SF...
```

Здесь SF — смещение стартовой точки.

Рисунок 5

Пример программы на обработку цилиндрической резьбы:

54		
T1		
M3S800		
G0X92.206		
G0Z0		
G33Z-50K4SF=0		
G0X102		
G0Z100		
		Внешняя резьба M100, где X92.206 — это внутренний диаметр резьбы
G54		
T2		
M3S600		
G0X20		
G0Z2		
G331Z-40K2.5S600		
G332 Z3K-2.5		
		Внутренняя резьба M20, G331-цикл нарезания внутренней резьбы
		отвод инструмента; автоматическое изменение направления движения

## 2. Практическая часть

Задание: создайте УП для нарезания внешней и внутренней резьбы. Варианты заданий указаны в таблице 1.

Ход работы:

- 1) Создайте новую программу в симуляторе станка CNC, наименование программы «РЕЗБА»
- 2) Установите заготовку. Параметры заготовки определите самостоятельно в соответствии с параметрами внешней и внутренней резьбы.



- 3) Установите режущий инструмент
- 4) Введите текст программы. При определении координат стартовых точек пользуйтесь ГОСТ 24705-81.
- 5) Выполните привязку инструмента
- 6) Обработайте заготовку

Таблица 1- Варианты заданий

№ вар.	Внешняя резьба	Внутренняя резьба	№ вар.	Внешняя резьба	Внутренняя резьба
1	M16	M10	9	M85	M45
2	M26	M14	10	M90	M48
3	M20	M12	11	M105	M36
4	M30	M20	12	M72	M64
5	M42	M18	13	M64	M30
6	M80	M36	14	M52	M18
7	M36	M16	15	M60	M39
8	M95	M30	16	M76	M48

## Практическое занятие

### Коррекция на размер

Цель: научиться выполнять коррекцию инструмента для упрощения обработки контура различным режущим инструментом

#### 1. Теоретическая часть

#### *Программирование коррекции на длину инструмента при фрезерной обработке*

Для выполнения фрезерной обработки контура в управляющей программе должна быть задана траектория перемещения фрезы в виде эквидистанты, смотри рисунок 6, к обрабатываемому контуру, отстоящей от него на величину радиуса режущей части фрезы. В случае, когда для обработки одного и того же контура возможно применение фрез разных диаметров, программирование траектории перемещения фрезы в виде эквидистанты становится трудоемким делом, так как приходится составлять отдельную УП для каждого диаметра фрезы.

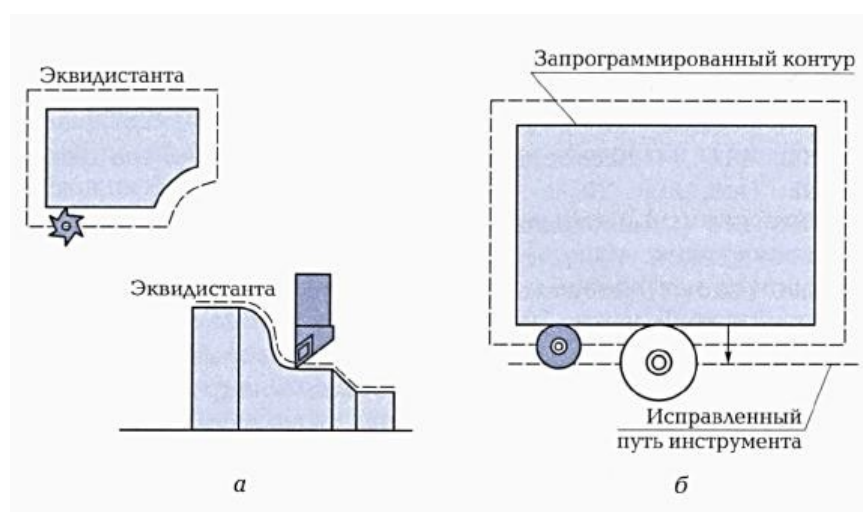


Рисунок 6-Схемы эквидистантной обработки

Функции коррекции на радиус инструмента позволяют упростить программирование обработки: в этом случае траектория перемещения фрезы задается

совпадающей с линией контура, а с помощью функций коррекции вводится величина коррекции на радиус фрезы и указывается направление вектора коррекции относительно обрабатываемого контура детали, смотри рисунок 7.

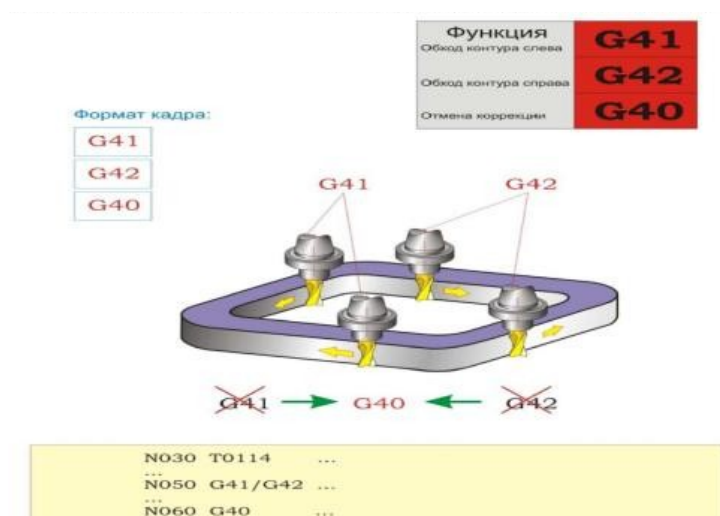


Рисунок 7- Программирование коррекции на радиус инструмента

#### Функция:

С помощью функций G41 и G42 программируется введение коррекции на радиус фрезы и направление вектора коррекции относительно обрабатываемого контура детали. При этом в случае смещения фрезы влево от контура (если смотреть в направлении перемещения инструмента) коррекция на радиус фрезы программируется при помощи функции G41, а в случае смещения фрезы вправо от обрабатываемого контура – при помощи функции G42.

С помощью функции G40 программируется отмена коррекции на радиус инструмента, задаваемая при помощи функций G41 и G42.

Кадр УП:

**G41/G42/G40 ...**

#### Описание:

В случае применения коррекции на радиус фрезы в управляющей программе вместо траектории перемещения фрезы необходимо задать геометрию обрабатываемого контура и поправочные величины, по которым система ЧПУ самостоятельно рассчитает траекторию перемещения фрезы конкретного диаметра. Этими поправочными величинами являются направление смещения фрезы относительно обрабатываемого контура на величину ее радиуса и радиус режущей части фрезы.

Величина радиуса режущей части фрезы задается в таблице инструментов, при этом УП должна содержать ссылку на соответствующую ячейку таблицы.

#### Примечания

Включение функции коррекции на радиус фрезы накладывает некоторые ограничения на программирование обработки детали. Пока действуют функции G41 и G42, нельзя:

- задавать смещение координат нулевой точки детали (функции G54...G57);
- задавать смену инструмента;

- задавать обработку контура с радиусом закругления внутреннего угла меньше радиуса фрезы.

**Функции G41 и G42 – модальные.** Задание функции коррекции на радиус инструмента сохраняется по умолчанию в УП до тех пор, пока оно не будет отменено функцией G40 (отмена коррекции на радиус инструмента).

**Функция G40 – модальная.** Отмена функции коррекции на радиус инструмента сохраняется по умолчанию в УП до тех пор, пока вновь не будет задана коррекция на радиус инструмента.

**Примечание:**

**Для Fanuc:** Dxx – номер корректора по высоте.

**Пример:** G41 D01 G01 X\_ Y\_.

### **Программирование коррекции на длину инструмента**

Инструмент, используемый при фрезеровании помимо диаметра, имеет свою длину, которая во всех случаях разная, смотри рисунок 8.



Рисунок 8- Коррекция на длину инструмента

Для того чтобы компенсировать разницу по длине инструмента, предусмотрены следующие подготовительные функции:

- G43 – коррекция на длину инструмента – положительная (+);
- G44 – коррекция на длину инструмента – отрицательная (-);
- G49 – отмена коррекции на длину инструмента.

### **Дополнительная информация:**

В случае изменения величины смещения путём изменения номера корректора старая величина смещения просто заменяется новой, и нельзя предполагать, что новая величина прибавляется к старой.

Коррекция длины инструмента в данном ЧПУ возможна по любой из осей, причём величина смещения будет вводиться в зависимости от функции G17, G18, G19 по осям Z, Y, X соответственно.

Ввод и вывод коррекции на длину инструмента производится независимо от того задано в кадре с G43 (G44) перемещение по корректируемой оси или нет. Если перемещение не задано, то ввод коррекции производится на скорости ускоренного перемещения.

**Примечание:**

**Для Fanuc:** Hxx – номер корректора по высоте.

**Пример:** G43 Z100 H01.

Выполните анализ 3D модели детали и 2D чертежа, смотри рисунок 9. Сравните четыре варианта управляющей программы на обработку данной детали в абсолютных и относительных координатах без коррекции на инструмент и с коррекцией на инструмент.

#### ФРЕЗЕРОВКА - КОНТУР (АБСОЛЮТНО- ОТНОСИТЕЛЬНО)

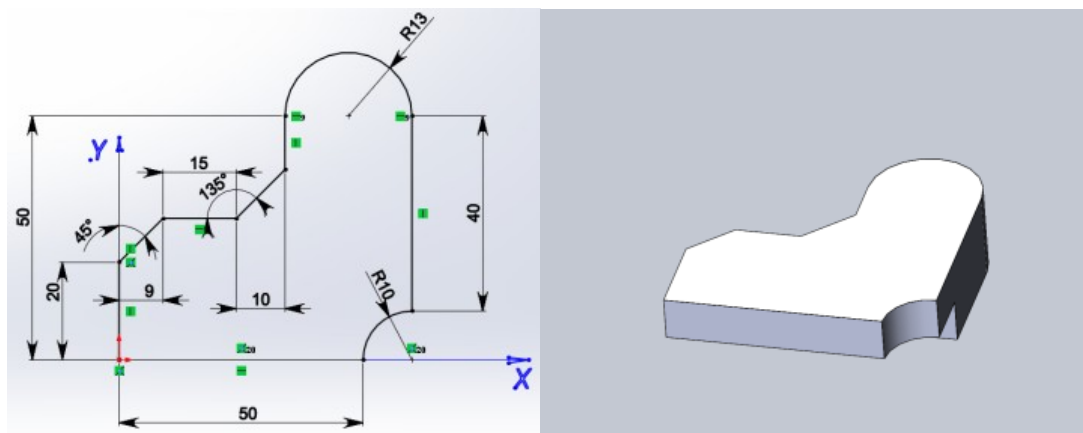


Рисунок 9- 2D чертеж и 3D модель детали

Управляющая программа на фрезерную обработку контура

##### *Абсолютная система координат:*

```
G90 G94
G17 G54
G00 X0 Y0
G1 X0 Y20 F200
X9 Y29
X24
X34 Y39
Y50
G2 X60 Y50 I13 J0 (I,J - от начальной точки до центра)
G1 Y10
G3 X50 Y0 I0 J-10
G1 X0 Y0
```

##### *Относительная система координат:*

```
G91 G94
G17 G54
G00 X0 Y0
G1 X0 Y20 F200
X9 Y9
X15
X10 Y10
Y11
G2 X26 Y0 I13 J0 (I,J - от начальной точки до центра)
G1 Y-40
G3 X-10 Y-10 I0 J-10
G1 X-50
```

##### *Альтернативное задание круговой интерполяции:*

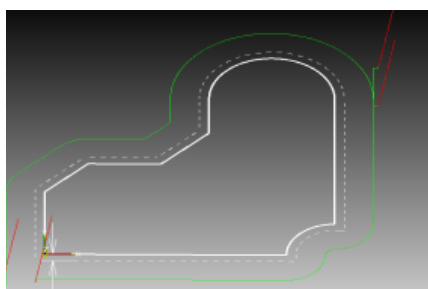
```
G2 X60 Y50 R13 - Fanuc
G3 X50 Y0 CR=10
```

```
G2 X60 Y50 CR=13 -Sinumerik
G3 X50 Y0 R10
```

##### *Альтернативное задание:*

```
G1 X0 Y29 F200 CHR=9 - Sinumerik
X34 Y29 CHR=10
X50
```

#### ФРЕЗЕРОВКА - КОНТУР (С КОРРЕКЦИЕЙ)



## Рисунок 10- Контур с эквидистантой

### *Sinumerik 840D:*

CFIN  
;...T1-Freza.16  
;...G54..SLEVA.NIZ  
T1M6  
G54G90G17  
G0X-12Y-12  
S350M3**D1**  
Z100M8  
Z2.5  
G1Z0F40  
G41X0  
Y0  
Y20  
X9Y29  
X24  
X34 Y39  
Y50  
G2X60Y50**CR=13**  
G1Y48  
G40X70  
M9  
G0Z200M5  
M0  
;...PEREKREPIT  
G0 Y62  
Z100. **D1**.M8  
S350M3  
Z2.5  
G1Z0F40  
G41X60  
Y50  
Y10  
0G3X50Y0**CR=10**  
G1X0  
X-2  
40Y-10  
M9  
G0Z100M5  
M2

### *Fanuc 31i:*

%O111  
(...T1-Freza.16)  
(...G54..SLEVA.NIZ)  
N5M6T1  
G54G90G17**G62**  
G0X-12.Y-12.  
S350M3  
**G43H1**Z100.M8  
Z2.5  
G1Z0.F40  
G41**D1**X0.  
Y0.  
Y20.  
X9.Y29.  
X24.  
X34. Y39.  
Y50.  
G2X60.Y50.**R13**.  
G1Y48.  
G40X70.  
M9  
G0**G49**Z200.M5  
M0  
(...PEREKREPIT)  
G0 Y62.  
**G43H1**Z100.M8  
S350M3  
Z2.5  
G1Z0.F40  
G41**D1**X60.  
Y50.  
Y10.  
G3X50.Y0.**R10**.  
G1X0.  
X-2.  
G40Y-10.  
M9  
G0**G28**Z100.M5  
M30

### Контрольные вопросы

1. Почему необходима коррекция радиуса инструмента?
2. Приведите примеры коррекции радиуса инструмента справа и слева?
3. Какие данные заносятся в память коррекции при фрезеровании?
4. Понятие эквидистанта?
5. В чем разница в написании УП с коррекцией и без коррекции на инструмент?

### *Дополнительный источник информации*

1. <http://cnc-code.ru/basic-programming/korrekcija-rezhushhego-instrumenta/>

## Практическое занятие

### Ручная подача и привязка инструмента

Цель: научиться выполнять привязку инструмента по оси X и Z используя рабочее окно стойки станка с ЧПУ «Параметры»

#### 1. Теоретическая часть

Каждое рабочее окно имеет свое особое назначение, смотри рисунок 11.



Рисунок 11- Назначение рабочих окон программы

Окно «Параметры» предназначено для настройки инструментов и смещений нулевой точки. А так же обеспечивает доступ к четырем другим окнам, расположенных в нижнем горизонтальном ряду, смотри рисунок 12.

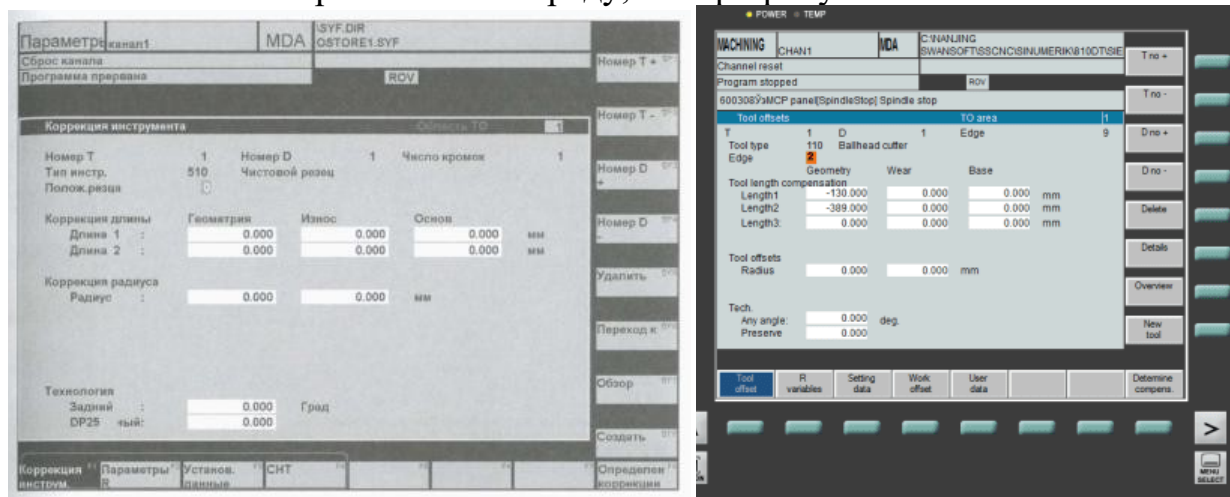


Рисунок 12- Рабочее окно «Параметры»

Коррекция инструмента – это размерная привязка инструмента, используемая для компенсации изменений соответствующих параметров (длины, диаметра) инструмента при переточке, а также компенсации упругих деформаций и износа.

#### 2. Практическая часть

Ход работы:

1. Включите симулятор токарного станка со стойкой Siemens
2. Установите заготовку произвольного диаметра и длины
3. Установите режущий инструмент: резец проходной, отрезной, сверло
4. Выполните ввод коррекции по оси X:
  - точно измерить диаметр заготовки;
  - включить режим ручного перемещения инструмента JOG;
  - подвести резец к боковой поверхности заготовки с помощью кнопок +X, -X, +Z, -Z или с помощью маховичка;
  - снизить подачу до минимума;



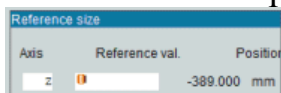
- подвести резец к заготовке. Поместить между заготовкой и резцом бумагу, и как только бумага будет зажата, прекратить подачу;
- нажать экранную кнопку «Parameters» (параметры), а если эта кнопка отсутствует на экране, нажать на пульте кнопку вызова главного меню «Menu select»;
- нажмите кнопку коррекция инструмента «Tool offset»;
- выбрать номер инструмента «T no+»/ «T no-» и номер коррекции «D no+»/ «D no-», расположенных на экране вертикально;
- поместить курсор в поле *Длина 1-Length1* и нажать экранную клавишу *Определение коррекции «Determine compens.»*



- в появившемся меню выбрать ось X, а в поле *Базовое значение* ввести радиус заготовки;
- нажать экранную кнопку ОК

#### 5. Выполните ввод коррекции по оси Z:

- включить режим ручного перемещения инструмента JOG;
- подвести резец к боковой поверхности заготовки с помощью кнопок +X, -X, +Z, -Z;
- нажать экранную кнопку «Parameters» (параметры), а если эта кнопка отсутствует на экране, нажать на пульте кнопку вызова главного меню «Menu select»;
- нажмите кнопку коррекция инструмента «Tool offset»;
- выбрать номер инструмента «T no+»/ «T no-» и номер коррекции «D no+»/ «D no-», расположенных на экране вертикально;
- поместить курсор в поле *Длина 2-Length2* и нажать экранную клавишу *Определение коррекции «Determine compens.»*



- в появившемся меню выбрать ось Z, а в поле *Базовое значение* ввести координату Z, на которой находится резец;
  - нажать экранную кнопку ОК
6. В соответствии с пунктом 4 и 5 выполнить ввод коррекции по осям остальных режущих инструментов.

## Практическое занятие

### Применение многократно повторяемого цикла

Цель: научиться использовать циклы фрезерования в зависимости от вида обработки поверхности на стойке фрезерного станка Siemens

#### 1. Теоретическая часть

Откройте PDF файл «Ермолаев Программирование» стр. 129-153. Внимательно прочитайте параграф «Циклы фрезерования». Выполните практическое задание

#### 2. Практическая часть

Ход работы:

- Откройте тетрадь. Запишите тему практического занятия.
- Заполните таблицу 1

**Таблица 1-Циклы фрезерования**

Код цикла	Наименование цикла
CYCLE71	
CYCLE72	
CYCLE90	
LONGHOLE	
SLOT1	
POCKET1	
POCKET2	

- Запишите параметры CYCLE71 в таблицу 2, используя [1]-стр.130, рисунок 5.21; стр. 134 –табл. 5.21

**Таблица 2**

№	Код параметра	Описание параметра
1		
...		
16		

Запишите программу торцевого фрезерования, если

- 1) Длина прямоугольника по оси X равна 100
  - 2) Длина прямоугольника по оси Z равна 80
  - 3) Глубина резания 2 мм
  - 4) Ширина срезаемого слоя 30 мм
  - 5) Отвод инструмента 30 мм
- Заполните таблицу 1 и 2 для остальных циклов

Контрольные вопросы:

Подготовьте ответы на вопросы с 6 по 13, указанные в [1]-стр. 164

### Практическое занятие

#### **Программирование смещения нулевых точек**

Цель: сформировать умения использования функций TRANS и ATRANS при смещении нулевой точки

#### 1. Теоретическая часть

Откройте PDF файл «Ермолаев Программирование» стр. 63-68. Внимательно прочитайте параграф «Программируемое смещение нулевой точки». Разберите программу фрезерования одинаковых контуров и программу смещения нулевой точки при токарной обработке контура. Выполните практическое задание

#### 2. Практическое задание

По примерам программ фрезерования и точения создайте УП, если известны параметры, смотри рисунок 13 и 14:

Схемы фрезерной и токарной обработки показать в тетради



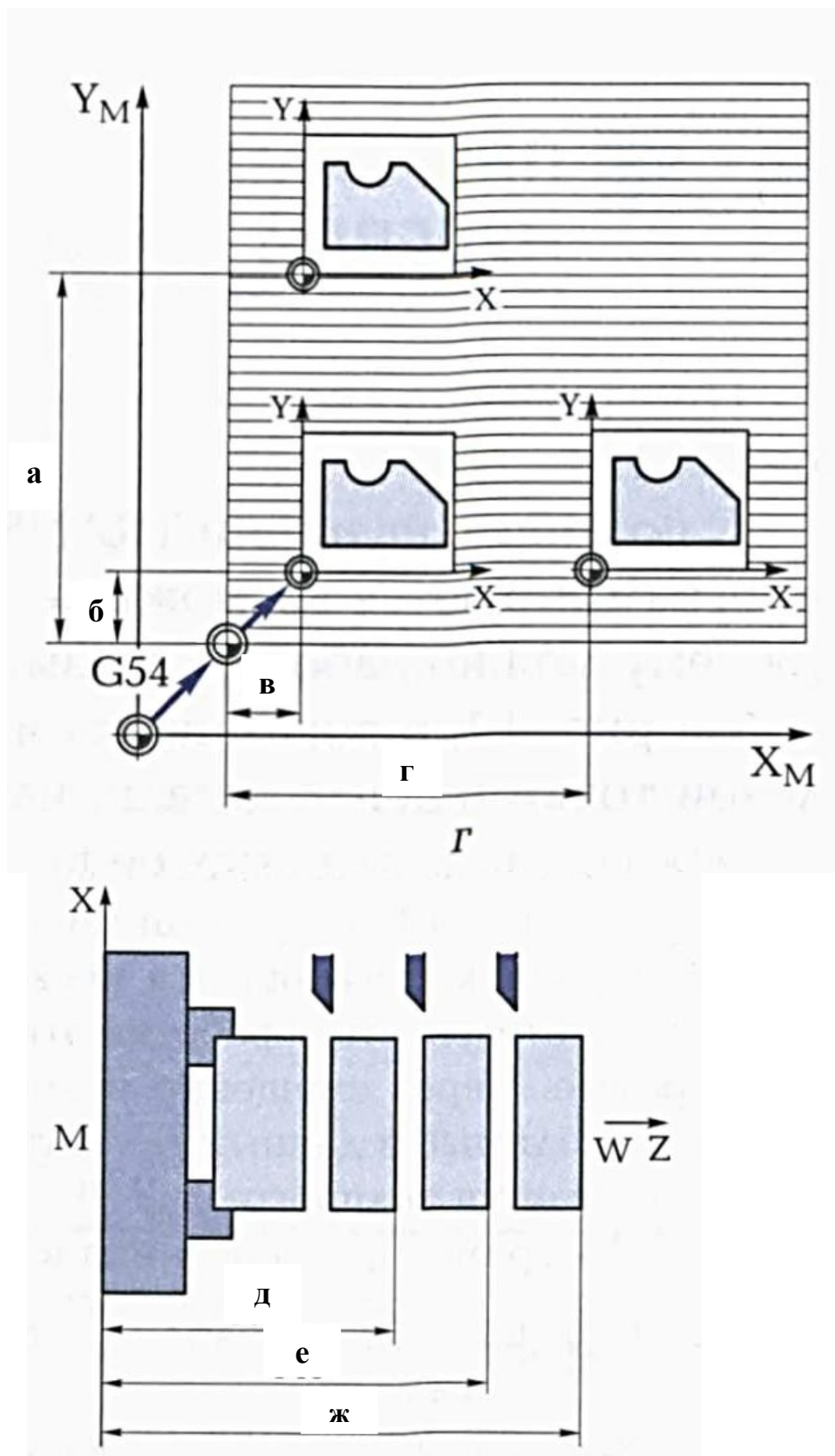


Рисунок 13- Схема программируемых смещений нулевой точки  
 Варианты заданий таблица 3  
 Таблица 3

№ вар.	а	б	в	Г	Д	е	ж
1	55	15	15	55	60	75	90
2	60	20	20	70	70	85	100
3	65	18	20	72	80	95	115
4	70	25	25	65	90	105	125

5	75	24	26	58	100	115	135
6	80	28	28	79	115	125	140
7	84	32	30	86	120	135	150
8	90	40	35	85	50	65	85
9	95	45	25	90	70	85	105
10	100	50	50	105	85	100	120
11	75	15	10	75	105	120	130
12	45	5	5	50	125	140	150

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимо смещение нулевой точки?
2. Какие функции используют в УП для смещения нулевой точки?

### Практическое занятие

#### Коррекция и подвод инструмента

Цель: научиться определять значение корректоров для токарного режущего инструмента.

##### 1. Теоретическая часть

Применяемые при работе на токарных станках с ЧПУ режущие инструменты имеют самые различные размеры, форму державки и рабочей части. После установки инструмента на рабочую позицию координаты расположения вершины его режущей части могут быть самыми разными – в зависимости от геометрии инструмента, модели станка и особенностей технологической операции.

С учетом этих факторов в блок корректоров системы ЧПУ станка вводятся геометрические параметры, которые однозначно определяют координаты расположения реальной вершины инструмента и ее ориентацию в пространстве. Если в исполняемой управляющей программе запрограммирована функция смены инструмента, система ЧПУ сразу же получает исчерпывающие геометрические сведения о новом инструменте из соответствующей ячейки блока корректоров.

Для каждого режущего инструмента в блоке корректоров системы ЧПУ токарного станка хранятся следующие геометрические параметры:

- расстояние по оси X от теоретической вершины инструмента Р до нулевой точки инструмента (вылет по оси X);
- расстояние по оси Z от теоретической вершины инструмента Р до нулевой точки инструмента (вылет по оси Z);
- измеренная величина радиуса закругления вершины резца R;
- квадрант работы инструмента — ориентация вершины резца в системе координат станка.

#### *Коррекция вылета инструмента*

Реальный вылет инструмента относительно нулевой точки инструмента по каждой координатной оси определяется с помощью универсальных или специальных средств измерения и заносится в виде табличных данных в память ЧПУ. Каждому инструменту в этой таблице присваивается свой кодовый номер, под которым записывается расстояние от реальной вершины режущей части инструмента до базовой точки вдоль соответствующей оси координат. Эти размеры сохраняются в

виде поправочных величин для всех используемых инструментов. Благодаря учету поправочных величин при вычислениях системой ЧПУ траектории перемещения вершины режущего инструмента она перемещается по точно заданной траектории. Коррекцию вылета инструмента более подробно рассмотрено в практическом занятии

### ***Коррекция радиуса вершины резца***

Все размеры задаются как расстояния между двумя соседними точками контура детали. В этом случае при составлении управляющей программы для обработки на ЧПУ за нулевое положение каждый раз принимается предыдущая точка контура. При этом траектории перемещения инструмента программируются в приращениях или в относительных координатах.

Вершина резца всегда имеет некоторое закругление – от десятых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Поэтому реальная вершина резца никогда не совпадает с теоретической вершиной Р. При этом точка соприкосновения вершины резца с поверхностью обрабатываемой детали (реальная вершина) не только не совпадает с теоретической, но и напрямую зависит от направления перемещения резца относительно обрабатываемой заготовки и при изменении траектории меняет свое расположение на вершине резца. Если не вводить коррекцию на реальные размеры радиуса закругления вершины резца, а считать, что обработка производится его теоретической вершиной Р, смотри рисунок 6, то неизбежны ошибки при обработке, т.к. система ЧПУ при вычислении траектории перемещения резца ориентируется на положение его теоретической вершины. Так же как и данные по вылету инструмента, величина радиуса закругления вершины резца определяется путем измерения, заносится в блок корректоров и учитывается затем системой ЧПУ при точении.

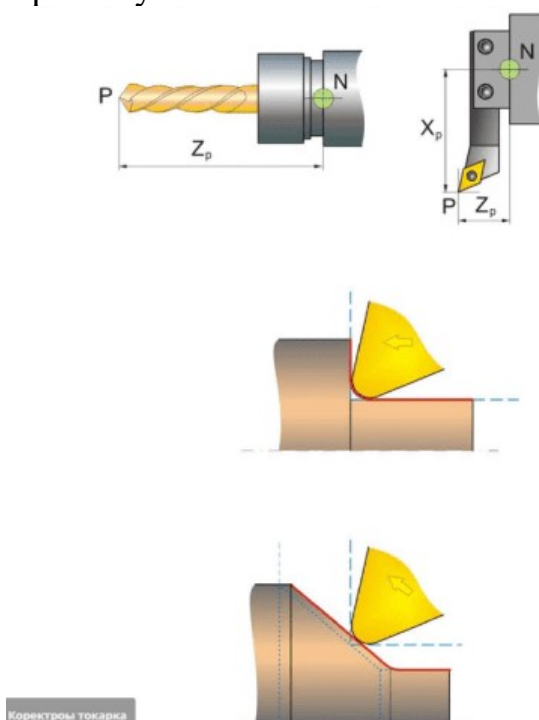


Рисунок 14-Корректоры на расположение вершины режущего инструмента

### ***Корректоры на расположение вершины режущего инструмента***

*Направление вектора коррекции:*

*Ориентация вершины резца в пространстве задается при помощи вектора коррекции от центра закругления вершины резца к его теоретической вершине Р.*

***Вектор коррекции вершины резца:***

Направление вектора коррекции задается с помощью проекций вектора на координатные оси станка. Для этого в большинстве систем ЧПУ приняты следующие условные обозначения:

- проекция вектора коррекции на ось  $X$  обозначается буквой  $I$ ;
- проекция вектора коррекции на ось  $Z$  – буквой  $K$ .

Направление вектора коррекции задается в управляющей программе по квадрантам системы координат станка. Для этого необходимо ввести в программу указание о том, какой знак (положительный или отрицательный) имеет каждая проекция вектора коррекции  $I$  и  $K$ .

Обратите внимание, что при одной и той же пространственной ориентации вектора коррекции квадранты будут разными при расположении нуля инструмента (нулевой точки держателя инструмента  $N$ ) перед осью вращения заготовки и за ней.

ЧПУ распределение знаков проекций  $I$  и  $K$  по квадрантам, смотри рисунок 7:

- 1-й Квадрант:  $K = R$   $I = R$
- 2-й Квадрант:  $K = -R$   $I = R$
- 3-й Квадрант:  $K = -R$   $I = -R$
- 4-й Квадрант:  $K = R$   $I = -R$
- 5-й Квадрант:  $K = R$   $I = 0$
- 6-й Квадрант:  $K = 0$   $I = R$
- 7-й Квадрант:  $K = -R$   $I = 0$
- 8-й Квадрант:  $K = 0$   $I = -R$

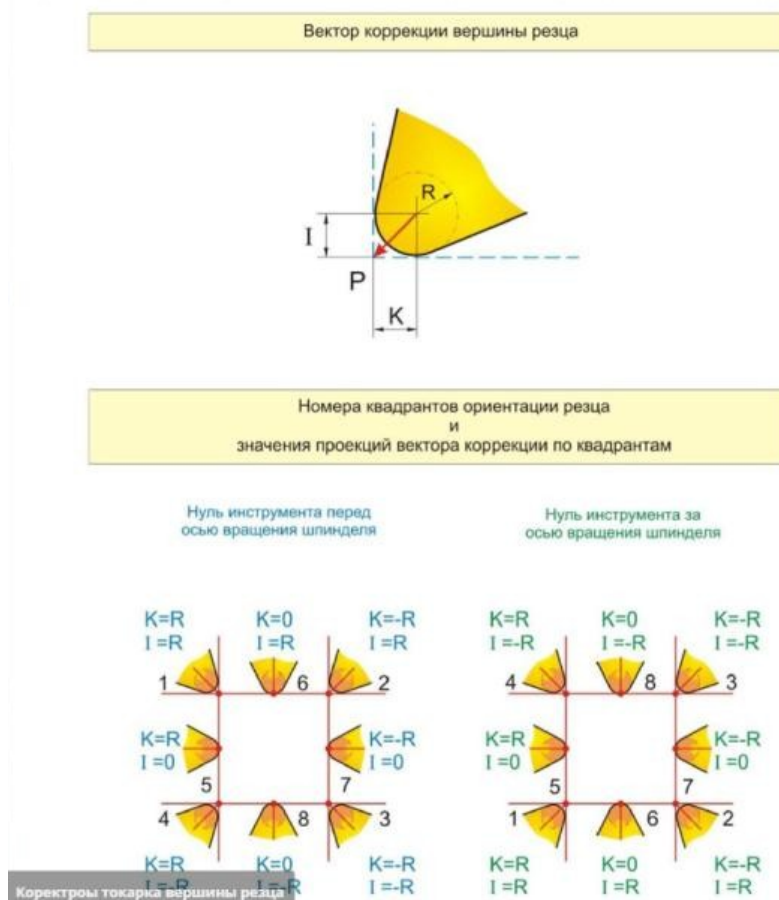


Рисунок 15-Корректоры на расположение вершины режущего инструмента

**Существует два вида коррекции вершины режущей части резца**

С помощью функций G41 и G42 программируется введение коррекции на радиус инструмента и направление вектора коррекции относительно обрабатываемого контура детали. При этом в случае смещения инструмента влево от контура (если смотреть в направлении перемещения инструмента) коррекция на радиус инструмента программируется при помощи функции G41, а в случае смещения инструмента вправо от обрабатываемого контура – при помощи функции G42, рисунок 8.

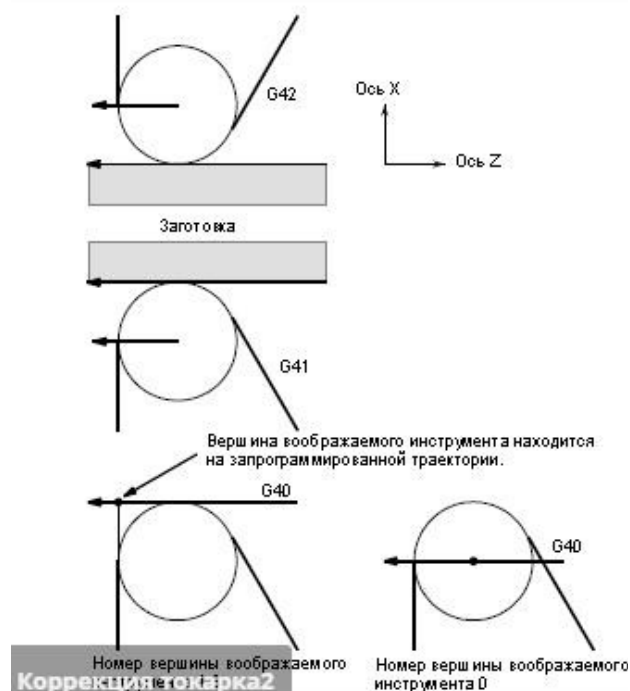


Рисунок 8-Функции G41 и G42

С помощью функции G40 программируется отмена коррекции на радиус инструмента, задаваемая при помощи функций G41 и G42.

Пример, смотри рисунок 9:

- G42 G00 X60 Z0
- G01 X120 Z-150 F10
- G40 G00 X300 Z0

## 2. Практическая часть

По исходным данным, таблица 4, определить значения квадрантов (корректоров)

Таблица 4- Радиус при вершине резца

№ вар.	Радиус при вершине резца	№ вар.	Радиус при вершине резца
1	0,2	8	0,4
2	0,1	9	0,6
3	0,18	10	0,8
4	0,15	11	0,7
5	0,2	12	0,4
6	1	13	0,1
7	0,3	14	0,9

## Контрольные вопросы

1. Почему необходима коррекция радиуса инструмента?
2. Приведите примеры коррекции радиуса инструмента справа и слева?
3. Какие данные заносятся в память коррекции при точении?

4. Понятие эквидистанта?
5. В чем разница в написании УП с коррекцией и без коррекции на инструмент?

### Практическое занятие

#### Программирование с использованием циклов сверления

Цель: научиться использовать циклы сверления, применяемые при токарной и фрезерной обработке заготовок

##### 1. Теоретическая часть

Откройте PDF файл «Ермолаев Программирование» стр. 85-96. Внимательно прочитайте параграф «Циклы сверления, применяемые при токарной обработке». Разберите программу сверления трех отверстий. Выполните практическое задание 1.

Откройте PDF файл «Ермолаев Программирование» стр. 124-126. Внимательно прочитайте параграф «Циклы сверления, применяемые при фрезерной обработке». Разберите программу сверления отверстий. Выполните практическое задание 2.

##### 2. Практическое задание 1

Ход работы:

- Откройте тетрадь. Запишите тему практического занятия.
- Заполните таблицу 5

Таблица 5-Циклы сверления, применяемые при токарной обработке

Код цикла	Наименование цикла
CYCLE81	
CYCLE82	
CYCLE83	

- Запишите параметры CYCLE81 в таблицу 6, используя [1]-стр.86, рисунок 5.1

Таблица 6

№	Код параметра	Описание параметра
1		
...		
16		

Запишите программу сверления трех отверстий, если

- 6) Диаметр отверстия 20
  - 7) Глубина сверления 40
- Заполните таблицу 6 для остальных циклов

##### 3. Практическое задание 2

Ход работы:

- Заполните таблицу 7

Таблица 5-Циклы сверления, применяемые при фрезерной обработке

Код цикла	Наименование цикла

- Запишите параметры циклов в таблицу 8, используя [1]-стр.86, рисунок 5.1

Таблица 8

№	Код параметра	Описание параметра
---	---------------	--------------------

1		
...		
16		

Запишите программу сверления рядов отверстий, смотри [1]-стр.125 рисунок 5.19в, если

- 1) Расстояние от нулевой точки детали по оси  $X=40$ ; по оси  $Y=60$
- 2) Межосевое расстояние 45 мм
- 3) Глубина сверления 15 мм

Контрольные вопросы:

1. Назовите циклы, применяемые при токарной обработке.
2. В чем заключается особенность циклов сверления?
3. Преимущество использования циклов сверления при токарной и фрезерной обработке.

### Практическое занятие

#### Программирование с использованием САПР

Цель: научиться создавать управляющую программу токарной обработки с помощью САПР T-Flex CAD

##### 1. Практическая часть

Ход работы:

- a) Откройте видео урок: папка «ЧПУ видео» - «Снятие припуска походным резцом»
- b) Начертите контур обрабатываемой детали
- c) Выберите инструментальную кнопку «Токарная обработка» инструментальной панели «ЧПУ»
- d) Введите параметры траектории обработки
- e) Укажите обрабатываемый контур
- f) Завершите создание и редактирование траектории
- g) Создайте новый документ. Начертите произвольный контур, который будет иметь пять ступеней.
- h) Создайте управляющую программу на обработку контура.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите алгоритм создания управляющей программы
2. Перечислите основные параметры траектории обработки
3. Виды основных поверхностей, обрабатываемых с помощью токарного режущего инструмента

### Практическое занятие

#### Программирование с использованием САПР

Цель: научиться создавать управляющую программу токарной обработки с помощью САПР T-Flex CAD

##### 2. Практическая часть

Ход работы:

- a) Откройте видео урок: папка «ЧПУ видео» - «Осевое сверление»
- b) Начертите контур обрабатываемой детали
- c) Выберите инструментальную кнопку «Токарная обработка» инструментальной панели «ЧПУ»
- d) Введите параметры траектории обработки осевого отверстия

- е) Укажите обрабатываемый контур
- ф) Завершите создание и редактирование траектории
- г) Создайте новый документ. Начертите произвольный контур, который будет иметь осевое отверстие произвольного диаметра и глубины.
- h) Создайте управляющую программу на осевое сверление.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите алгоритм создания управляющей программы
2. Перечислите основные параметры траектории обработки осевого сверления

Критерии оценки

«5» - за верное выполнение работы в полном объеме 95-100%

«4» - за верное выполнение работы в объеме более 80-90%

«3» - за верное выполнение работы в объеме более 70-79%

«2» - за верное выполнение работы в объеме менее 69%

## Информационное обеспечение обучения

### Карта методического обеспечения дисциплины

№	Автор	Название	Издательство	Гриф издания	Год издания	Кол-во в библиотек	Наличие на электронных носителях	Электронные учеб. пособия
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.2.1 Основная литература								
3.2.1.1	А.А. Жолобов Ж.А. Мрочек	Станки с ЧПУ: устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка	М. : ФЛИНТА		2017		ЭБС «Руконт» <a href="https://lib.rucont.ru/efd/246515">https://lib.rucont.ru/efd/246515</a>	
3.2.1.2	Гончаров А. А.	Устройства программного управления в автоматизированном производстве	Минск : РИПО	Министерство образования Республики Беларусь	2017		ЭБС Znanium.com <a href="https://znanium.com/catalog/product/978173">https://znanium.com/catalog/product/978173</a>	
3.2.1.3	Стародубов В.С.	Металлорежущие станки с ЧПУ	М. : ИНФРА-М		2018		ЭБС Znanium.com <a href="http://znanium.com/catalog/product/961465">http://znanium.com/catalog/product/961465</a>	
3.2.2 Дополнительная литература								
3.2.2.1	Дулькевич А.О.	Токарная и фрезерная обработка. Программирование систем ЧПУ HAAS в примерах	Мн.: РИПО		2016		ЭБС Znanium.com <a href="http://znanium.com/catalog/product/949463">http://znanium.com/catalog/product/949463</a>	
3.2.3 Периодические издания								
3.2.3.1		РИТМ машиностроения					<a href="http://www.jurnali-online.ru">www.jurnali-online.ru</a>	



		ВЕСТНИК машиностроен ия					www.i.uran.ru	
3.2.4 Практические (семинарские), лабораторные занятия, практика								
3.2.4.1	Пономарева В.А.	Методические рекомендации (указания) по выполнению практических (лабораторных) работ по дисциплине ОП.10 Программиров ание для автоматизиров анного оборудования для обучающихся по специальности 15.02.08 Технология машиностроен ия			2020			
3.2.5 Курсовая работа (проект)								
3.2.5.1								
3.2.6 Контрольные работы								
3.2.6.1	Пономарева В.А.	Методические указания по выполнению контрольной работы по дисциплине ОП.10 Программиров ание для автоматизиров анного оборудования для обучающихся заочной формы обучения по специальности 15.02.08 Технология машиностроен ия			2020			
3.2.7 Программно-информационное обеспечение, Интернет-ресурсы								
3.2.7.1		Научно- техническая библиотека ДГТУ						www.n tb- donstu. ru