

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Южно-Уральский государственный университет  
Кафедра «Технология машиностроения»

621.92(07)  
Б287

В.В. Батуев

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ  
НА СТАНКАХ С ЧПУ**

Учебное пособие по выполнению  
практических и лабораторных работ

Челябинск  
Издательский центр ЮУрГУ  
2014

УДК 621.92.06-529(075.8)  
Б287

*Одобрено  
учебно-методической комиссией  
механико-технологического факультета*

*Рецензенты:*

*Директор ЗАО НИИИТ Опытный завод, заслуженный машиностроитель  
России В.С. Гуревич, докт. техн. наук, проф. П.П. Переверзев,*

**Батуев, В.В.**

Б287      Технология обработки деталей на станках с ЧПУ учебное пособие по выполнению практических и лабораторных работ / В.В. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 44 с.

Методические указания предназначены для использования студентами специальности 15.03.05 и 27.03.02 при прохождении лабораторного практикума по курсу «Технология обработки деталей на станках с ЧПУ». Цикл лабораторных работ состоит из шести этапов: первый – проектирование операции, подготовка и контроль управляющей программы для фрезерного станка с ЧПУ, второй – проектирование операции, подготовка и контроль управляющей программы для токарного станка с ЧПУ, третий – наладка фрезерного станка с ЧПУ, четвертый – наладка токарного станка с ЧПУ, пятый – отработка управляющей программы на фрезерном станке с ЧПУ, шестой – отработка управляющей программы на токарном станке с ЧПУ.

УДК 621.92.06-529(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2014

Лабораторная работа № 1  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ  
ДЕТАЛИ НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

1.1. Цель работы – ознакомиться с основными принципами и практически освоить методику проектирования технологической операции, выполняемой на трехкоординатном фрезерном станке с ЧПУ.

1.2. Порядок выполнения работы:

- получить индивидуальное задание;
- спроектировать технологическую операцию обработки детали на фрезерном станке с ЧПУ;
- оформить расчетно-технологическую карту (РТК);
- составить отчет.

1.3. Методические указания

1.3.1. Индивидуальное задание содержит:

- чертеж детали, для которой необходимо спроектировать технологическую операцию обработки на фрезерном станке с ЧПУ;
- сведения о применяемом станке и инструменте.

1.3.2. Общие сведения о трехкоординатном фрезерном станке с ЧПУ модели EMCOMILL 300

Контроль, отладка управляющей программы и обработка детали производится на вертикально-фрезерном станке модели EMCOMILL 300 (табл. 1.1).

Вертикально-фрезерный станок модели EMCOMILL 300 с устройством ЧПУ Sinumerik 840D применяется для трехкоординатного (объемного) и двухкоординатного (контурного) фрезерования деталей сложной конфигурации. Кроме того, станок позволяет производить фрезерование разновысоких плоскостей рычагов, корпусов и других деталей, и обработку отверстий вращающимся инструментом.

Рабочее движение подачи в продольном и поперечном направлении (по координатам X и Y) осуществляется за счет перемещения стола, а в вертикальном (по координате Z) – шпинделя. На станке имеется магазин инструментов на 12 позиций и устройство автоматизированной смены инструмента, позволяющее быстро менять режущий инструмент без участия человека. Станок EMCOMILL 300 работает совместно с электронным устройством Sinumerik 840D, осуществляющим управление работой станка по программе.

1.3.3. Проектирование технологической операции

Для примера, рассмотрим деталь, чертеж которой представлен

на рис. 1.1. В качестве заготовки для рассматриваемой детали выберем плиту прямоугольной формы. Размеры заготовки определяются исходя из габаритов детали. При этом необходимо учесть, что в мелкосерийном и серийном производствах, как правило, не применяются специальные методы получения заготовок (литье, штамповка и др.), поэтому напуск под обработку может составлять большую величину.

Базирование и установку детали произведем на специальной плите при помощи двух отверстий, заранее изготовленных в заготовке.

Режущий инструмент для контурной обработки криволинейного профиля детали представляет собой концевую цилиндрическую фрезу. Диаметр фрезы выбирается исходя из наименьшего радиуса скругления внутренних углов, при этом также необходимо учесть условие жесткости фрезы (так как вылет фрезы зависит от ширины фрезерования).

Таблица 1.1

Техническая характеристика станка EMCOMILL 300

Наименование параметров	Величина
Расстояние от шпинделя до поверхности стола, мм:	
наименьшее	210
наибольшее	450
Наибольшее перемещение стола, мм:	
рабочее в продольном направлении	420
рабочее в поперечном направлении	330
установочное в вертикальном направлении	240
Дискретность задания перемещения стола, шпинделя, мм	0,001
Рабочая подача стола и шпиндельной головки, мм/мин	0,01–10 000
Ускоренная подача стола и шпиндельной головки, м/мин	12
Диапазон скоростей шпинделя (бесступенчатое регулирование), об/мин	0–5 000
Количество управляемых координат	3

Последовательность обработки детали по конструктивным зонам обуславливается конфигурацией детали и заготовки. Предпочтительна следующая последовательность:

- а) обработка внутренних контуров и примыкающих к ним плоскостей;
- б) обработка наружных контуров и примыкающих к ним плоскостей.

Такая последовательность позволяет обеспечить необходимую жесткость детали в процессе обработки.

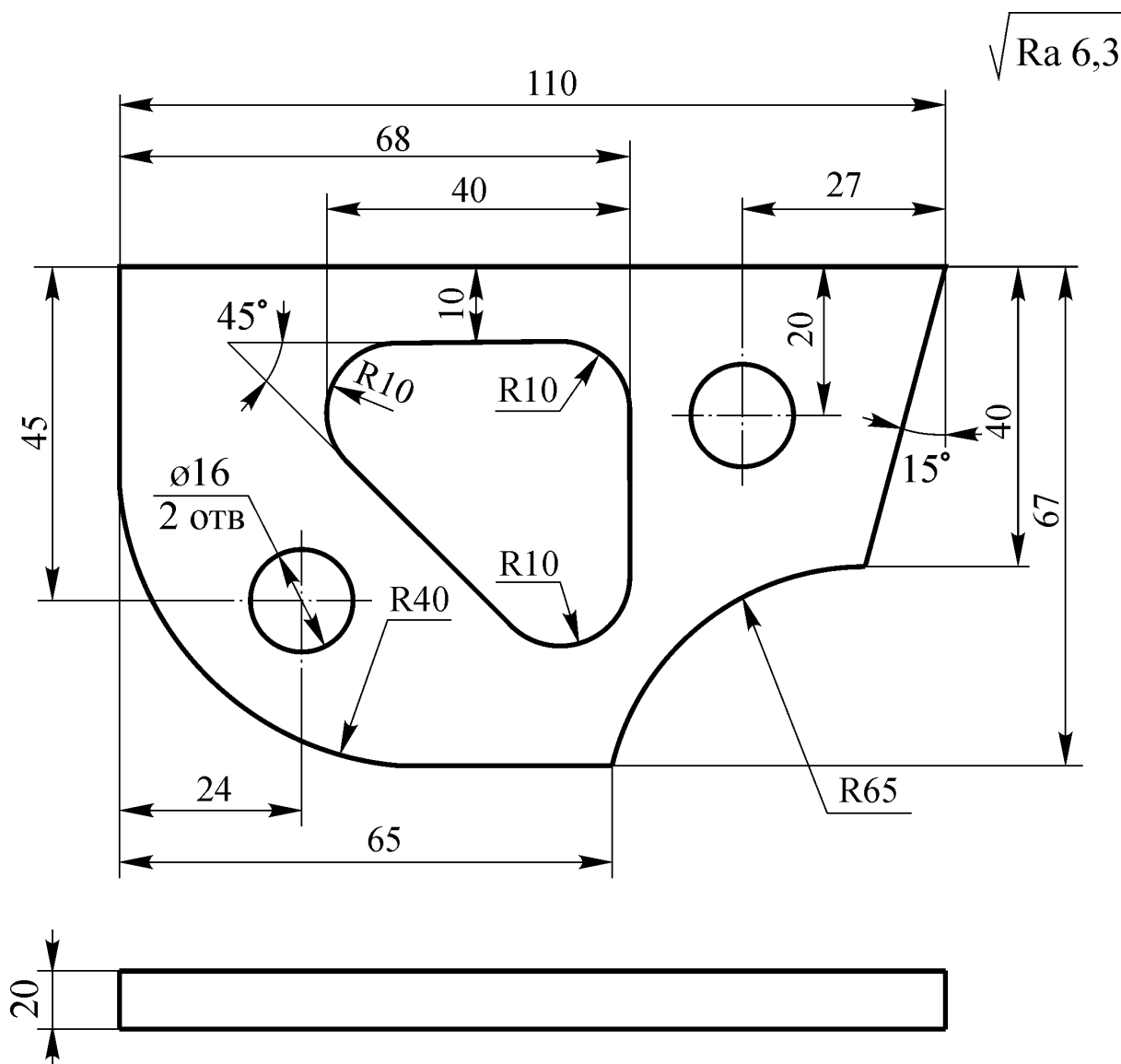


Рис. 1.1. Чертеж детали

Технологические переходы проектируются для каждой конструктивной зоны отдельно. Черновые переходы проектируются, исходя из условия минимальности времени удаления металла и обеспечения равномерного припуска для чистовых переходов. Припуск для чистового перехода целесообразно обеспечивать в пределах 3–5 мм.

Траектория движения инструмента формируется из рабочих и вспомогательных перемещений. Рабочие перемещения на чистовых переходах осуществляются по эквидистанте к обрабатываемому контуру. На черновых переходах рабочие перемещения проектируются согласно принятой схеме технологических переходов при этом необходимо учитывать также размеры и форму инструмента. При проектировании, вспомогательных перемещений нужно учитывать следующие условия:









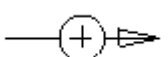
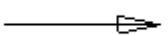
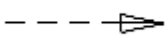

- подход и отход инструмента от обрабатываемой поверхности осуществляются по специальным траекториям вспомогательных

перемещений, обеспечивающим врезание по касательной со своевременным (за 1–5 мм до края заготовки) переходом с холостого хода на рабочий;

- недопустима остановка фрезы или резкое изменение подачи в процессе резания, так как неизбежны повреждения поверхности. Перед остановкой или резким изменением подачи, подъемом, или опусканием инструмента необходимо отвести его от поверхности под малым углом или по касательной;
- длина холостых перемещений должна быть минимальной;
- расстояние между соседними проходами инструмента выбирать с учетом перекрытия, равного 10% диаметра фрезы.

Таблица 1.2

Условные обозначения в расчетно-технологической карте

Наименование	Условное обозначение
Ноль детали	
Ноль станка	
Ноль инструмента	
Точка останова для смены инструмента	
Контрольная точка	
Точка вертикального подъема фрезы на 20 мм	
Точка вертикального опускания фрезы на 15 мм	
Перемещение фрезы с одновременным подъемом	
Перемещение фрезы с одновременным опусканием	
Перемещение фрезы	
Траектория холостого хода	
Опорная точка с номером	

Исходная точка инструмента выбирается исходя из требований удобства установки и закрепления детали, а также минимальности холостых и вспомогательных перемещений. Поскольку станок EMCOMILL 300 имеет управляемое по программе вертикальное перемещение, исходную точку целесообразно разместить над деталью (по высоте 100–150 мм).

Режимы резания назначаются для каждого технологического перехода по нормативным рекомендациям. Если внутри одного технологического перехода имеет место резкое изменение условий обработки, например величины припуска, следует переход разбить на несколько участков и для каждого участка назначать режимы обработки отдельно.

### 1.3.2. Оформление расчетно-технологической карты (РТК)

Результаты проектирования технологической операции, выполняемой на станке с ЧПУ, оформляют в виде расчетно-технологической карты (РТК). Условные обозначения, применяемые при оформлении РТК, представлены в табл. 1.2. Разработка РТК производится в следующей последовательности:

1) вычерчивается деталь в прямоугольной системе координат, оси которой коллинеарны системе координат станка, указываются все размеры и требования необходимые для обработки;

2) указывается базирование;

3) наносится исходная точка инструмента (см. табл. 1.2);

4) специальными линиями (см. табл. 1.2) или цветным карандашом наносится траектория движения центра инструмента в системах координат  $XOY$  и  $XOZ$ ;

5) на траектории движения инструмента отмечаются и обозначаются опорные точки: геометрические (отделяющие друг от друга различные элементы траектории) и технологические (точки останова для изменения частоты вращения шпинделя, пережатия детали, контроля точности исполнения размера, точки изменения подачи и т.д.) стрелками указывается направление движения (см. табл. 1.2);

6) могут указываться режимы резания по участкам обработки;

7) выписывается последовательность обхода опорных точек (цикл обработки);

8) при необходимости заносятся сведения о режущем инструменте.

9) Пример оформления расчетно-технологической карты (РТК) приведен на рис. 1.2.

### 1.3.3. Отчет

Отчетом по лабораторной работе является оформленная расчетно-технологическая карта (РТК).

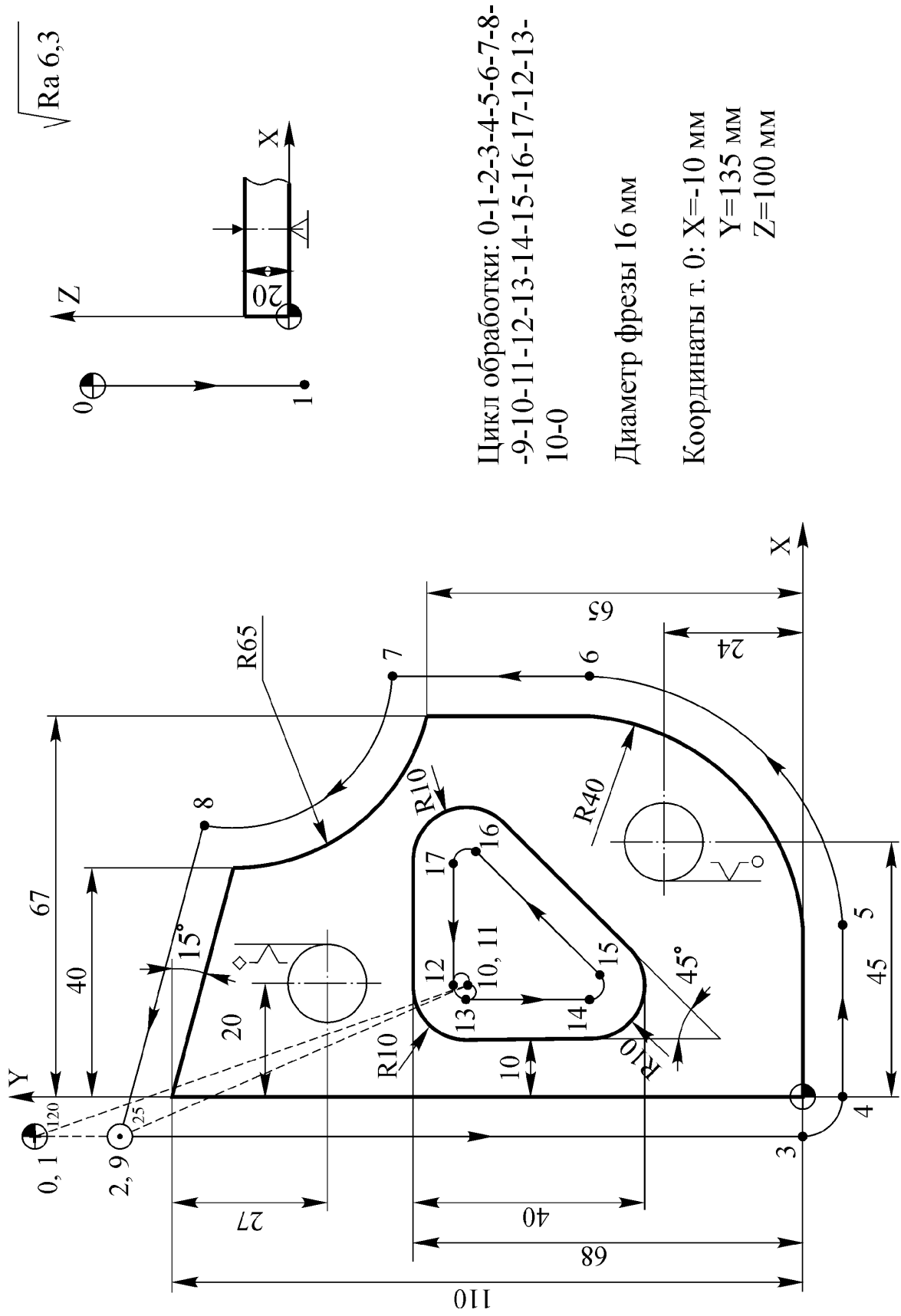


Рис. 1.2. Расчетно-технологическая карта фрезерной обработки на станке с ЧПУ



Лабораторная работа № 2  
РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОПОРНЫХ ТОЧЕК ПРИ ПОДГОТОВКЕ  
УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ  
НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

2.1. Цель работы – практически освоить этап подготовки управляющей программы: расчет координат опорных точек.

2.2. Порядок выполнения работы:

- для расчетно-технологической карты (РТК), разработанной при выполнении лабораторной работы № 1, произвести расчет координат опорных точек траектории инструмента и заполнить карту координат опорных точек (приложение А);
- составить отчет.

2.3. Методические указания

2.3.1. Расчет координат опорных точек

Координаты опорных точек определяются на базе данных из расчетно-технологической карты (РТК). Для ряда точек координаты могут быть определены непосредственно из чертежа. Рассмотрим это на примере РТК, изображенной на рисунке (см. рис. 1.1). Так координаты исходной точки 0 указаны на РТК: (–8; 108; 128). Координата Y точки 2 задана из условия, чтобы фреза на ускоренном ходу не коснулась заготовки (при припуске 5 мм оставлен зазор в 1 мм). Таким образом,

$$y_2 = 110 + 5 + R_{\text{фр}} + 1 = 124 \text{ мм.}$$

Аналогично путем несложных арифметических расчетов могут быть определены все координаты точек 3; 4; 5; 6; 7; 14; 15; 16; 19.

Для определения остальных координат необходимо использовать методы тригонометрии, либо аналитической геометрии.

Координаты точек 7, 8 можно определить как результат пересечения соответствующей окружности и прямых. Для этого необходимо записать уравнения окружности (7–8) и прямых (6–7), (8–9). Сначала удобно записать уравнение окружности с  $R=65$ , так как известны координаты двух точек, лежащих на ней: (67,65) и (40,(110 – 40\*tg 15°)).

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2 \Rightarrow \begin{cases} (67 - a)^2 + (65 - b)^2 = 65^2 \\ (40 - a)^2 + (99,28 - b)^2 = 65^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 102,14; \\ b = 119,85. \end{cases}$$

Тогда уравнение окружности (7–8) эквидистанты будет

$$(x - 102,14)^2 + (y - 119,85)^2 = 57^2.$$

Задавая в нем  $x=75$ , определим  $y=69,73$ .

Уравнение прямой (8–9) также удобно записать, построив сначала уравнение для соответствующей параллельной прямой контура детали:

$$y - 110 = -\operatorname{tg}15^\circ(x - 0) \Rightarrow y = -0,2679x + 110.$$

Преобразовав это уравнение к нормальной форме:

$$0,2588x + 0,9659y - 106,2531 = 0,$$

можно из него сразу же получить уравнение прямой (8–9), как параллельной и отстоящей на расстоянии 8 мм:

$$0,2588x + 0,9659y - 106,2531 = 8 \Rightarrow y = 118,2867 - 0,2679x.$$

Решая совместно полученное уравнение с уравнением окружности (7–8), найдем  $x_8=46,92$ ,  $y_8=105,72$ .

Аналогичным образом определяются координаты остальных опорных точек. Результаты заносятся в карту координаты опорных точек (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Карта координат опорных точек

Участок	Контур	Координаты конца участка			Подача мм/ мин
		x	y	z	
		мм	мм	мм	
0		-8	140	100	
0–1	прямая	-8	140	-1	12000
1–2	"-	-8	124	-1	12000
2–3	"-	-8	0	-1	100
3–4	окружность	0	-8	-1	80
4–5	прямая	27	-8	-1	100
5–6	окружность	75	40	-1	80
6–7	прямая	75	69,73	-1	100
7–8	окружность	46,92	105,72	-1	80
8–9	прямая	-8	120,43	-1	100
9–10	"-	20	57	22	12000
10–11	"-	20	57	22	600
11–12	окружность	20	60	18	80
12–13	"-	18	58	18	80
13–14	прямая	18	38	18	100
14–15	окружность	21,41	36,59	18	80
15–16	прямая	41,41	56,59	18	100
16–17	окружность	40	60	18	80
17–12	прямая	20	60	18	100
12–13	окружность	18	58	18	80
13–10	"-	20	57	22	600
10–0	Прямая	-8	140	100	12000

Подача для рассматриваемого станка задается в мм/мин.

Так как траектория движения инструмента замкнута, сумма перемещений по каждой координате должна обратиться в нуль. Это свойство

перемещений используется для первичного контроля правильности заполнения карты координат опорных точек.

### 2.3.2. Отчет

Отчет о работе должен содержать карту координат опорных точек, рассчитанных для детали индивидуального задания.

## Лабораторная работа № 3 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

3.1. Цель работы – ознакомиться с этапами подготовки управляющей программы на фрезерном станке с ЧПУ EMCOMILL 300 с системой ЧПУ Sinumerik 840D.

### 3.2. Порядок выполнения работы:

- получить индивидуальное задание;
- спроектировать технологическую операцию обработки детали на вертикально-фрезерном станке EMCOMILL 300;
- разработать расчетно-технологическую карту;
- заполнить таблицу координат опорных точек (см. приложение А);
- ознакомиться с командами, используемыми в системе ЧПУ Sinumerik 840D;
- записать программу в коде iso на бланке управляющей программы (приложение Б);
- составить отчет.

### 3.3. Методические указания

3.3.1. Индивидуальное задание состоит из чертежа детали, для изготовления которой необходимо разработать управляющую программу. Чертеж детали выдает преподаватель.

#### 3.3.2. Проектирование технологической операции

Заготовка – цилиндр диаметром 80 мм и высотой 30 мм.

Базирование заготовки осуществляется в закрепленном на столе станка 3х кулачковом патроне, ось которого расположена вертикально.

Режущий инструмент выбирается в соответствии с обрабатываемым профилем и каталогом режущего инструмента. В лабораторной работе используется концевая цилиндрическая фреза из быстрорежущей стали.

Расчет режимов резания производится по справочнику режимов резания металлов.

Оформление технологической документации (операционной карты и карты эскизов) производится на стандартных бланках.

### 3.3.3. Разработка расчетно-технологической карты (РТК)

Вычерчивается эскиз детали, выбираются оси координат. За положительное направление принимается движение шпинделя по оси Z вверх, движение стола по оси X влево, движение стола по оси Y от станочника. При необходимости отмечаются контуры заготовки.

Исходная точка положения инструмента (ноль станка) выбирается из удобства установки, зажима и контроля детали и безопасности при установке и снятии детали. Положение нуля станка фиксируется конечными выключателями. Координаты нуля станка указываются в карте наладки инструмента.

Выбирается начало отсчета (ноль детали). В лабораторной работе ноль детали удобно выбрать в точке расположенной над поверхностью детали и совпадающей с ее осью.

Вычерчивается расчетная траектория движения центра инструмента. Для этого строится эквидистанта к обрабатываемой поверхности с учетом минимального радиуса скругления.

При необходимости на РТК указываются технологические параметры обработки: режимы резания по участкам, участки коррекции инструмента. Пример заполнения расчетно-технологической карты дан на рис. 3.1.

### 3.3.4. Заполнение таблицы координат опорных точек

Координаты опорных точек находятся по имеющимся на чертеже детали размерам или по формулам аналитической геометрии.

По координатам опорных точек определяются величины перемещений инструмента вдоль каждой координаты для каждого участка траектории в миллиметрах.

Перемещения, задаваемые для станка мод. EMCOMILL 300, должны быть выражены в миллиметрах. Скорости подач задаются в мм/мин.

Полученные значения координат опорных точек перемещений и режимы резания заносятся в карту координат опорных точек (табл. 3.1).

### 3.3.5. Ознакомиться с командами, используемыми в системе ЧПУ Sinumerik 840D

#### 3.3.5.1. Структура кадра управляющей программы в системе ЧПУ Sinumerik 840D

Кадр управляющей программы представляет собой последовательность команд записанных по условиям языка программирования для конкретной системы ЧПУ. Элементом кадра является слово. Состоит из адреса и последующего числового значения:

G01,

где G – адрес, 01 – числовое значение.

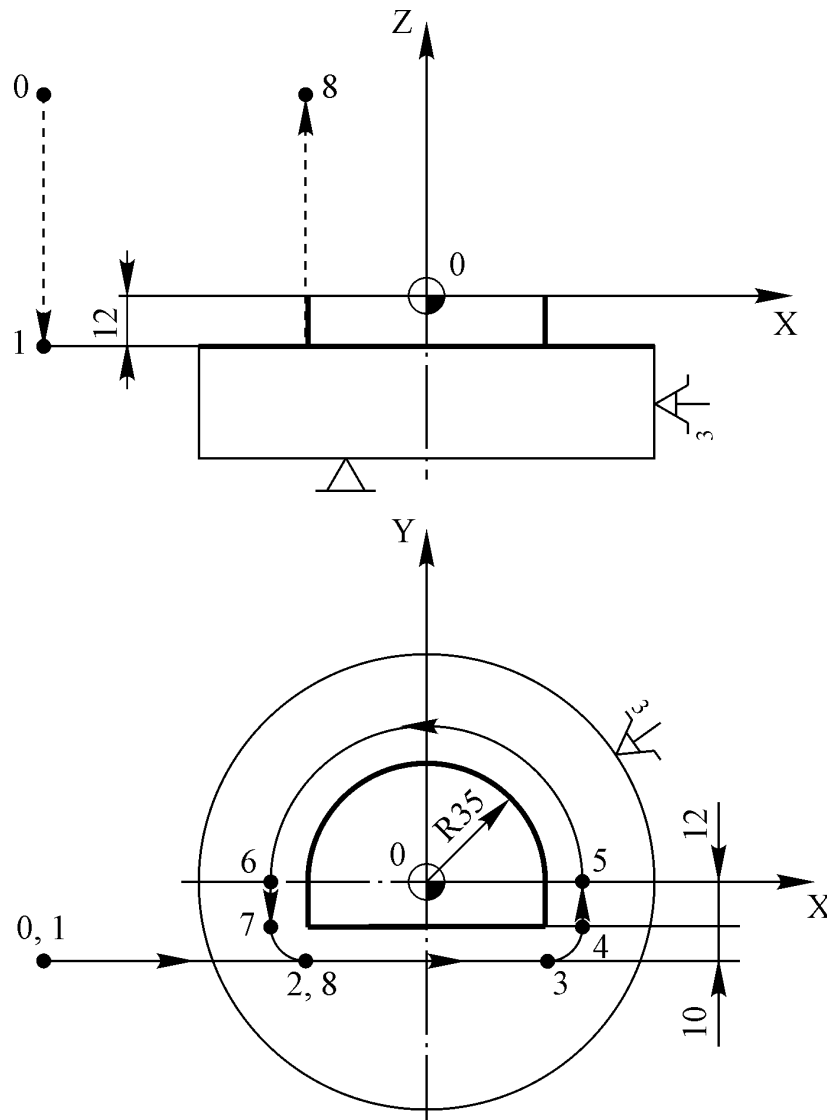


Рис. 3.1. Расчетно-технологическая карта фрезерной обработки на станке с ЧПУ

Таблица 3.1

Карта координат опорных точек

Участок	Тип контура	Координаты конца участка			Перемещения			Подача мм/мин
		X	Y	Z	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$	
		мм	мм	мм	мм	мм	мм	
0-1	прямая	-100	-22	-12	0	0	82	12 000
1-3	прямая	35	-22	-12	135	0	0	100
3-4	окр.	45	-12	-12	10	10	0	80
4-5	прямая	45	0	-12	0	12	0	100
5-6	окр.	-45	0	-12	90	0	0	80
6-7	прямая	-45	-12	-12	0	12	0	100
7-2	окр.	-35	-22	-12	10	10	0	80
2-8	прямая	-35	-22	70	0	0	82	12 000

Адрес представляет собой одну из букв латинского алфавита (A–Z) и определяет смысл последующего числового значения.

С использованием этих слов можно создать кадр:

N G X Y Z F S M.

Порядок слов в кадре может быть произвольным, но рекомендуется порядок записи по ГОСТ 20999-86.

#### *3.3.5.2. Адреса, используемые для УЧПУ Sinumerik 840D*

N – номер кадра;

G – подготовительная функция;

X, Y, Z – команды на перемещение по осям станка;

I, J, K – расстояние до центра дуги окружности;

F – задание величины подачи;

S – задание оборотов шпинделя;

T – задание номера инструмента для поиска;

D – задание номера корректора для выбранного инструмента;

M – вспомогательная функция;

CR= – задание радиуса дуги окружности.

#### *3.3.5.3. Номер кадра*

Номер кадра определяет последовательность выполнения кадров управляющей программы. В начале кадра помещается слово N и последующее числовое значение в пределах 0–9999999. Допускается пропуск номера кадра, но не адреса N.

#### *3.3.5.4. Подготовительная функция G*

Содержание подготовительной функции G определяется следующим за ней числовым значением. Код G является модальным, то есть он остается неизменным до получения другого кода из той же группы, куда входит данный код. В одном кадре может находиться несколько подготовительных функций G, если они принадлежат разным группам.

Коды первой группы:

G00 – ускоренное перемещение;

G01 – линейная интерполяция;

G02 – круговая интерполяция по часовой стрелке;

G03 – круговая интерполяция против часовой стрелки.

Коды второй группы:

G17 – задание рабочей плоскости XY;

G18 – задание рабочей плоскости ZX;

G19 – задание рабочей плоскости YZ;

Коды третьей группы:

G27 – выход в ноль станка по конечным выключателям.

Коды четвертой группы:

G40 – отмена коррекции на радиус инструмента;

G41 – коррекция на радиус инструмента слева;

G42 – коррекция на радиус инструмента справа.

Коды пятой группы:

G43 – коррекция на длину инструмента в «+»;

G44 – коррекция на длину инструмента в «-»;

G49 – отмена коррекции на длину инструмента.

Коды шестой группы:

G53 – возврат к системе координат станка;

G54 – G59 – выбор координатной системы заготовки.

Коды седьмой группы:

G90 – задание перемещений в абсолютных величинах;

G91 – задание перемещений в приращениях;

Коды восьмой группы:

G94 – задание подачи в мм/мин;

G95 – задание подачи в мм/об.

#### *3.3.5.5. Команды на перемещение по осям X, Y и Z*

Команды на перемещение инструмента X, Y и Z служат для определения направления и величины перемещения по соответствующим осям станка. Команды X, Y и Z являются модальными. Перемещения записываются в миллиметрах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

#### *3.3.5.6. Расстояние до центра дуги окружности I, J и K*

Данные адреса служат для задания координат центра окружности при круговой интерполяции. Числовое значение записывается в миллиметрах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

#### *3.3.5.7. Величина подачи F*

Программирование подачи в зависимости от функций G94 и G95 осуществляется в различных величинах. При задании функции G94 подача задается в миллиметрах в минуту. При задании функции G95 подача задается в миллиметрах на оборот. Значение подачи записывается по адресу F. Запрограммированная подача 50мм/мин или 50мм/об будет выглядеть: F50.

#### *3.3.5.8. Величина частоты вращения шпинделя S*

Для задания частоты вращения шпинделя ее значение записывается по адресу S. На станке EMCOMILL 300 реализовано бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя.

#### *3.3.5.9. Задание номера инструмента T*

Номер инструмента, записанный под адресом T, указывает номер, ячейки инструмента в инструментальном магазине. Инструментальный магазин

станка EMCOMILL 300 имеет 12 позиций. Выбор инструмента, расположенного в третьей позиции будет осуществляться: T03.

#### *3.3.5.10. Корректор инструмента D*

Номер корректора, записанный под адресом D, указывает номер корректора на вылет инструмента по оси Z.

#### *3.3.5.11. Вспомогательная функция M*

Вспомогательная функция M служит для запуска электроавтоматики станка. Функции M, действующие на всех станках:

- M03 – пуск шпинделя по часовой стрелке;
- M04 – пуск шпинделя против часовой стрелки;
- M05 – останов шпинделя;
- M06 – смена инструмента;
- M30 – конец программы.

#### *3.3.5.12. Радиус дуги окружности R*

Радиус дуги окружности R служит для задания радиуса дуги при круговой интерполяции. Числовое значение записывается в миллиметрах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

### 3.3.6. Программирование обработки

#### *3.3.6.1. Линейное перемещение*

Необходимыми данными для линейного перемещения являются:

- линейное перемещение задается подготовительной функцией G01 (если в предыдущем кадре было линейное перемещение, то программировать G01 повторно не следует);
- координатные перемещения вдоль осей X, Y и Z (знак «-» ставится перед числовым значением, знак «+» не ставится);
- информация о подаче (F) (информация о подаче ставится только при ее изменении).

Пример:

N1 G01 X10 Y45 F0.5

N2 X15

N3 X20 Y60 F0.8

#### *3.3.6.2. Круговое перемещение*

Необходимыми данными для кругового перемещения являются:

- вспомогательная функция, задающая круговое перемещение, G02 при перемещении по часовой стрелке или G03 при перемещении против часовой стрелки (если в предыдущем кадре было круговое перемещение, то программировать G02 или G03 повторно не следует);



- координаты центра окружности (записываются под адресами I, J и K) или радиус окружности (записывается под адресом CR=);
- координаты конечной точки (записываются под адресами X, Y и Z);
- информация о подаче (F).

Программирование кругового перемещения производится по квадрантам. В одном кадре можно запрограммировать участок кривой, находящийся в двух квадрантах.

Пример:

N1 G02 X30 I20 J20 F0.4

N2 G03 X40 Y10 CR=10

### 3.3.7. Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать технологическую документацию (операционную карту и карту эскизов), расчетно-технологическую карту, таблицу с координатами опорных точек, управляющую программу, записанную в коде iso на бланке.

## Лабораторная работа № 4 НАЛАДКА ТРЕХКООРДИНАТНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ

4.1. Цель работы – практически освоить этапы наладки фрезерного станка с ЧПУ модели EMCOMILL 300.

4.2. Порядок выполнения работы:

- ознакомиться с принципами наладки фрезерного станка с ЧПУ;
- произвести наладку фрезерного станка с ЧПУ;
- заполнить карту наладки (приложение В);
- представить отчет по проделанной работе.

4.3. Методические указания

4.3.1. Принципы наладки фрезерного станка с ЧПУ модели EMCOMILL 300

Наладка станка с ЧПУ заключается в размерной привязке нуля инструмента к нулю детали в системе координат станка. Размерная привязка заключается в определении расстояний от нуля станка до нуля детали и величин вылета режущего инструмента, с целью последующего внесения полученных данных в память системы ЧПУ и вызове в процессе отработки управляющей программы.

Наладка фрезерного станка производится в два этапа. Первый этап – привязка оси шпинделя станка к нулю детали в плоскости X, Y. Вторым этапом – определение вылета каждого инструмента, участвующего в обработке, по оси Z. Результатом наладки является получение координат нуля

детали по осям X, Y относительно нуля станка и расстояния от нуля инструмента, находящегося в нуле станка, до нуля детали по оси Z. Полученные координаты заносятся в систему ЧПУ в таблицы коррекции режущего инструмента и программируемых нулей станка. В процессе отработки управляющей программы значения вылетов и координат привязки вызываются при помощи функций G43, G44 и G54–G59 соответственно.

#### *4.3.1.1. Размерная привязка оси шпинделя станка к нулю детали*

Особенностью фрезерных станков является единая ось вращения всех режущих инструментов, устанавливаемых в шпиндель станка. Поэтому для привязки всех режущих инструментов, участвующих в обработке, к нулю детали по осям X и Y, достаточно совместить ось шпинделя с нулем детали и занести полученные координаты в таблицу функции G54–59 программируемого нуля системы ЧПУ.

Для определения координат нуля детали на фрезерных станках используются индикаторные головки индуктивного типа. Принцип работы индикаторной головки индуктивного типа основывается на изменении параметров магнитного поля, создаваемого катушкой индуктивности внутри корпуса индикаторной головки. Индикаторная головка индуктивного типа реагирует только на металлические детали. Для определения момента касания индикаторные головки оснащены устройствами световой и звуковой индикации или устройствами для передачи сигнала в систему ЧПУ.

Размерная привязка оси шпинделя станка к нулю детали осуществляется в следующей последовательности:

- в шпиндель станка EMCOMILL 300 устанавливается измерительная головка индуктивного типа;
- включить питание измерительной головки;
- подвести индикаторную головку к нулю детали и произвести замер координат согласно схеме представленной на рис.4.1;
- внести полученное значение в таблицу функции программируемого нуля станка с ЧПУ G54-59;
- выключить питание измерительной головки;
- снять измерительную головку со станка.

#### *4.3.1.2. Определение вылетов инструментов*

Определение вылетов инструментов является следующим этапом наладки станка с ЧПУ. Суть этого этапа заключается в совмещении нуля каждого инструмента, участвующего в обработке, с нулем детали по оси Z (нахождении расстояний пройденных каждым инструментом от нуля станка до нуля детали по оси Z).

Определение вылетов инструментов производится в следующей последовательности:

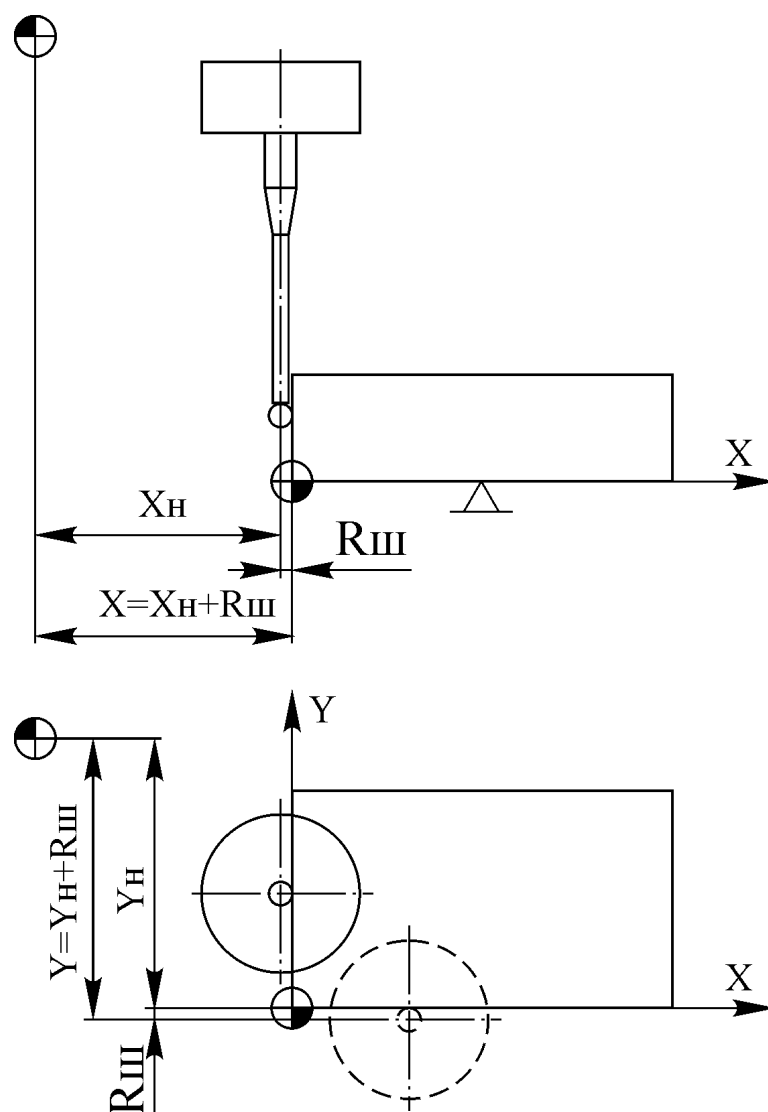


Рис. 4.1. Схема замера координат в плоскости XY

- установить измерительный модуль или циферблатное измерительное устройство на стол станка;
- при помощи ручки выбора режима работы системы ЧПУ выбрать режим **JOG**;
- выполнить перемещение торца шпинделя на циферблатное измерительное устройство. Установить циферблатное устройство на 0 (рис. 4.2);
- вызывать таблицу корректоров инструмента: «**Parameter**» – «**Tool Offset**».
- нажать клавишу «**Determine compensation**» (определить коррекцию);
- в поле «**Reference**» установить курсор на ось Z.
- при помощи клавиши «**OK**» выполнить измерение координат позиции шпинделя. Базовое значение (позиция торца шпинделя) отображается в окне «**Length1**». Ввести фактическую позицию в поле «**Ref. Value**»;

- ввести значение «**Length1**» в поле «**Reference dimensions**» (как «базовое значение»);
- установить в шпиндель инструмент для измерения;
- переместить вершину инструмента до соприкосновения с циферблатным измерительным устройством. Перемещать вершину инструмента до тех пор пока на циферблатном устройстве не установится 0 (см. рис. 4.2);
- нажать «**Determine compensation**» (определить коррекцию). Выбрать ось Z и нажать «**OK**».

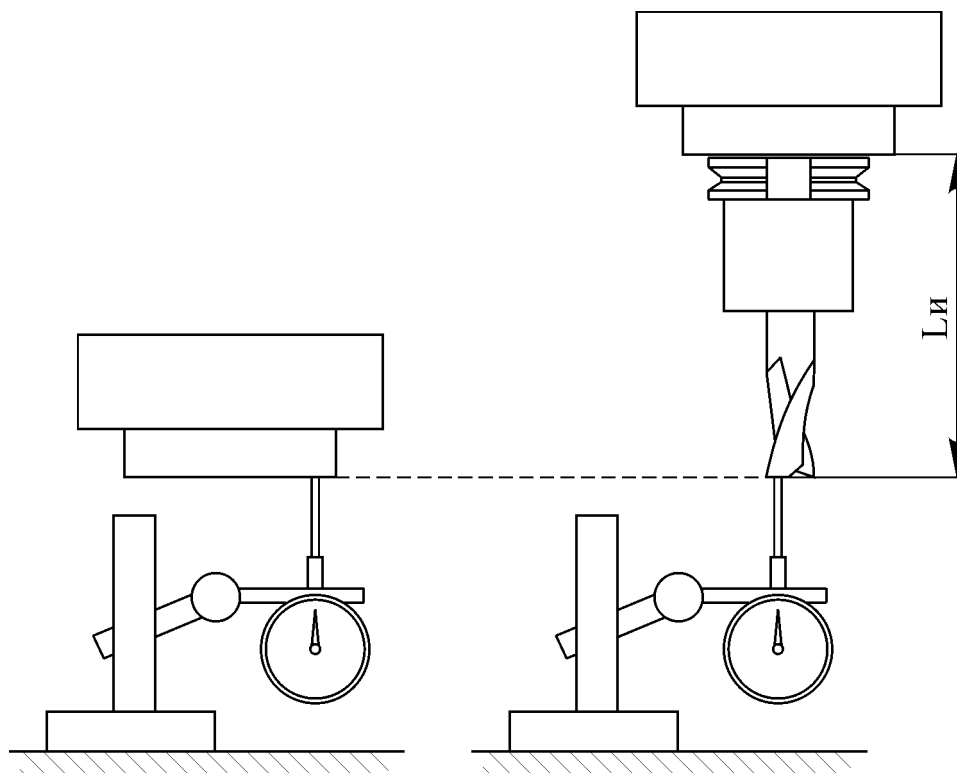


Рис. 4.2. Схема определения вылета инструмента

#### 4.3.2. Заполнение карты наладки

После произведенных замеров координат X, Y нуля детали и корректора на длину инструмента полученные данные вносятся в карту наладки (приложение В)

#### 4.3.3. Отчет о работе

Отчет должен содержать заполненную карту наладки.

Лабораторная работа № 5  
КОНТРОЛЬ И ОТЛАДКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ  
НА ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ EMCOMILL 300

5.1. Цель работы – ознакомиться с методом подготовки, записи и отладки управляющей программы на фрезерном станке EMCOMILL 300 с УЧПУ Sinumerik 840D.

5.2. Порядок выполнения работы:

- ознакомиться с основами параметрами станка EMCOMILL 300 с УЧПУ Sinumerik 840D;
- ознакомиться с методом подготовки и записи управляющей программы;
- ознакомиться с методом визуальной отработки управляющей программы;
- отработать управляющую программу на станке;
- представить отчет по проделанной работе.

5.3. Методические указания

5.3.1. Основные параметры станка EMCOMILL 300 с УЧПУ Sinumerik 840D

Станок EMCOMILL 300 с УЧПУ Sinumerik 840D предназначен для обработки плоских, контурных и сложнопрофильных поверхностей. Приводы станка могут осуществлять одновременное перемещение по трем осям. Станок оснащен магазином инструментов на 12 позиций. Управление приводами, механизмов и агрегатов станка осуществляется УЧПУ Sinumerik 840D. Блок управления УЧПУ Sinumerik 840D состоит из дисплея, алфавитно-цифровой клавиатуры, пульта управления приводами станка, ручки выбора режима работы системы ЧПУ и ручки регулятора скорости подачи (рис.5.1). Для хранения и записи управляющих программ используется флэш-карта.

5.3.2. Метод подготовки и записи управляющей программы

Управляющая программа для системы ЧПУ Sinumerik 840D выполняется в iso коде. Набор программы может осуществляться как на ЭВМ, так и непосредственно на пульте системы ЧПУ при помощи клавиатуры. При создании управляющей программы на ЭВМ вручную может использоваться текстовый редактор – «блокнот». Полученная управляющая программа сохраняется в файл с расширением \*.txt. Запись управляющей программы производится на флэш-карту. С флэш-карты управляющая программа записывается на жесткий диск, встроенный в систему ЧПУ Sinumerik 840D.

Для записи управляющей программы на жесткий диск системы ЧПУ Sinumerik 840D необходимо:

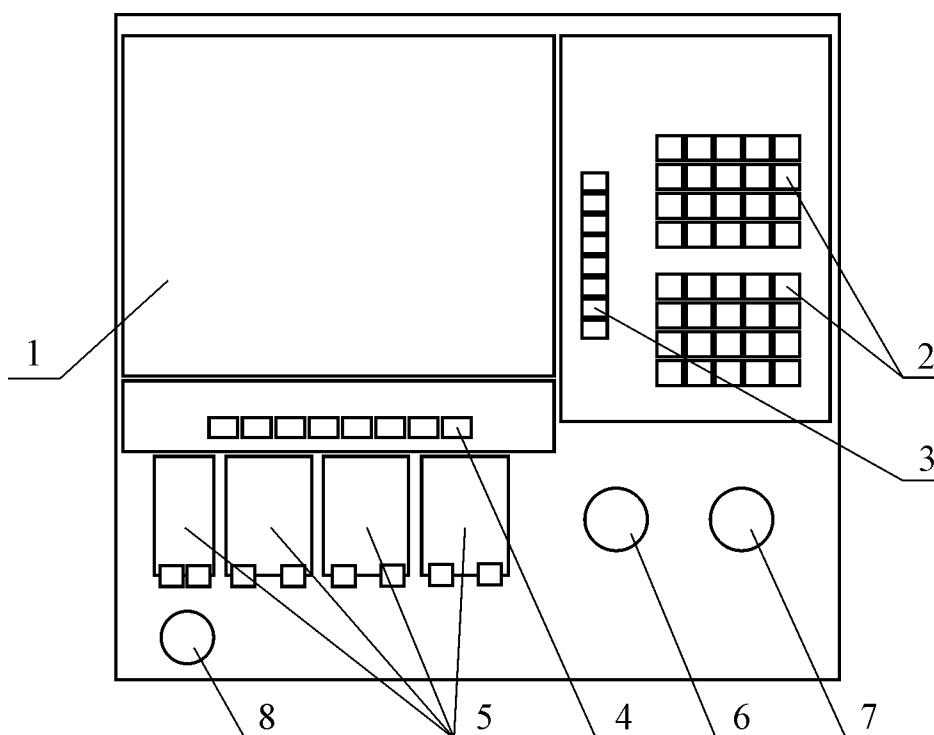


Рис. 5.1. Система ЧПУ Sinumerik 840D

1 – дисплей, 2 – алфавитно-цифровая клавиатура, 3 – вертикальный ряд функциональных клавиш, 4 – горизонтальный ряд функциональных клавиш, 5 – пульт управления станком, 6 – маховик перемещения по выбранной оси, 6 – ручка выбора режима работы системы ЧПУ, 7 – ручка регулятора скорости подачи, 8 – кнопка аварийного останова

- установить курсор на файле, который должен быть скопирован и нажать экранную клавишу «**COPY**»;

- ввести директорию, куда копируется помеченный файл, и нажать экранную клавишу «**PASTE**».

Для переименования файла с управляющей программой необходимо:

- установить курсор на файл, который должен быть переименован и нажать экранную клавишу «**RENAME**»;

- в открывшемся диалоговом окне ввести новое имя.

Для удаления файла необходимо:

- установить курсор на файл, предназначенный для удаления (для выделения нескольких файлов, установить курсор на первом файле, нажать клавишу «**SHIFT**» и установить курсор на последнем файле);

- нажать экранную клавишу «**DELETE**»;

- подтвердить запрос нажатием клавиши «**OK**» (Удаление программы возможно только когда она не находится в процессе отработки);

- для удаления рабочей директории, ни одна программа в этой директории не должны быть активирована;

– при удалении рабочей директории, удаляются все файлы, находящиеся в этой директории.

Для активации управляющей программы необходимо пометить программу и нажать экранную клавишу «**ALTER ENABLE**». Отработка программы возможна только, когда она активирована. Активированные программы маркируются знаком «X» в списке программ.

### 5.3.3. Метод визуальной отработки программы

Система УЧПУ Sinumerik 840D позволяет осуществлять контроль управляющей программы на наличие резцов, столкновений и ошибок в синтаксисе при помощи функции графического моделирования.

Для визуальной отработки управляющей программы необходимо выполнить следующие шаги:

– перейти в главное меню «**Параметры**» – «**СНТ**» и установить для смещения нулевой точки станка по оси X, Y и Z для G54 соответствующие значения, полученные в процессе привязки оси шпинделя станка к нулю детали в плоскости XY;

– возвратиться в программу и нажать на кнопку «**3D-просмотр**». На вертикальной панели нажать на кнопку «**Заготовка**» и ввести размеры заготовки, и размеры смещения относительно ее нуля детали;

– настроить параметры инструмента для чего нажимать на кнопку «**Инструмент**». Выбрать в правом столбце требуемый инструмент и установить курсор слева на требуемую ячейку магазина. Нажать кнопку «**F1**» «**Ячейка инструмента**». Нажать кнопку «**ОК**».

– настроить инструмент в окне «**Корректировка инструмента**» для чего вызвать главное меню – «**Параметры**» – «**Коррекция инструмента**». Установить необходимый инструмент и ввести его корректоры;

– вернуться в окно «**3D-просмотр**» и нажать кнопку «**Старт**».

### 5.3.4. Отработка программы на станке

Отработка управляющей программы на станке EMCOMILL 300 с УЧПУ Sinumerik 840D осуществляется в следующей последовательности:

– подключить станок к электросети;

– после загрузки системы ЧПУ включить гидронасос выключателем, расположенным на пульте управления станком;

– переместить стол для удобной установки заготовки (перемещение консоли производится учебным мастером);

– установить заготовку в приспособление;

– вывести консоль в ноль станка по конечным выключателям (перемещение консоли производится учебным мастером);

– загрузить управляющую программу;

– перевести систему ЧПУ в режим «**AUTO**» нажатием кнопки «**AUTO**» на пульте управления станком;

- запустить управляющую программу нажатием элемента «**START**».
- переместить стол для удобного снятия детали (перемещение консоли производится учебным мастером);
- снять деталь (полуфабрикат);
- отключить станок от электросети.

#### 5.3.5. Отчет о работе

Произвести обмер детали и сделать заключение о годности.

Сделать выводы о возможных причинах отклонений размеров от заданных программой.

Отчет должен содержать прорисованную траекторию движения инструмента, карту координат опорных точек, текст управляющей программы, фотографию готовой детали, результаты обмера детали, выводы о ее годности.

### Лабораторная работа № 6 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

6.1. Цель работы – освоение методики проектирования управляющих программ для токарного станка EMCOTURN E25 с УЧПУ Sinumerik 840D и кодирования в коде iso.

6.2. Порядок выполнения работы:

- получить индивидуальное задание;
- спроектировать технологическую операцию обработки детали на токарном станке EMCOTURN E25;
- разработать расчетно-технологическую карту;
- заполнить таблицу координат опорных точек (см. приложение А);
- ознакомиться с командами кода iso, используемыми в системе ЧПУ Sinumerik 840D;
- записать программу в коде iso;
- представить отчет.

6.3. Методические указания

6.3.1. Индивидуальное задание состоит из чертежа детали, на изготовление которой необходимо разработать управляющую программу. Чертеж детали выдает преподаватель.

6.3.2. Проектирование технологической операции

Заготовка – пруток диаметром 50 мм.

Базирование заготовки на станке осуществляется в трехкулачковом патроне так, чтобы обеспечить возможность отрезки обработанной детали



от прутка.

Режущий инструмент выбирается в соответствии с обрабатываемым профилем и каталогом режущего инструмента. В лабораторной работе используется контурный резец Т15К6,  $\varphi = 95^\circ$ ,  $r = 1,0$  мм.

Расчет режимов резания производится по справочнику режимов резания металлов. В нашем примере:

для черногого точения  $n = 800$  об/мин,  $S = 0,4$  мм/об,

для чистового точения  $n = 800$  об/мин,  $S = 0,2$  мм/об.

При проведении лабораторной работы глубина резания на черновых проходах не должна превышать 3 мм, на чистовых проходах 0,5–1 мм. Для повышения точности припуск на чистовой проход желательно оставлять равномерным по всему контуру.

Оформление технологической документации (операционной карты и карты эскизов) производят на стандартных бланках.

### 6.3.3. Разработка расчетно-технологической карты (РТК)

Вычерчивается эскиз детали, выбираются оси координат. За положительное направление принимается движение шпинделя по оси Z вправо, движение револьверной головки по оси X вперед. При необходимости отмечаются контуры заготовки.

Исходная точка положения инструмента (ноль станка) выбирается из удобства установки, зажима и контроля детали, и безопасности при установке и снятии детали. В нашем случае это точка, отстоящая на 200 мм от планшайбы станка по оси Z и на 70 мм от центров по оси X. Положение нуля станка фиксируется конечными выключателями. Координаты нуля станка указываются в карте наладки инструмента.

Выбирается начало отсчета (ноль детали). В лабораторной работе ноль детали удобно выбрать в точке расположенной на торце детали и совпадающей с ее осью.

Вычерчивается расчетная траектория движения центра инструмента с учетом черновых и чистовых проходов. Для этого можно использовать типовые схемы перемещений инструмента при обработке основных форм поверхности детали (табл. 6.1).

Черновые резцы целесообразно перемещать вдоль осей координат станка и только последний проход осуществлять эквидистантно контуру обработки. Чистовой (контурный) резец перемещается по контуру, им же снимаются фаски, делаются проточки небольших углублений и т.д.

Перед сменой резцов необходимо отводить их от детали на расстояние не менее 10 мм наиболее выступающего режущего инструмента.

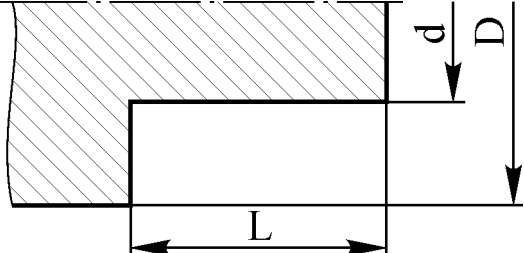
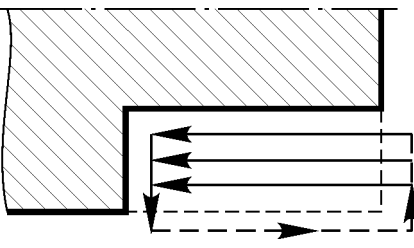
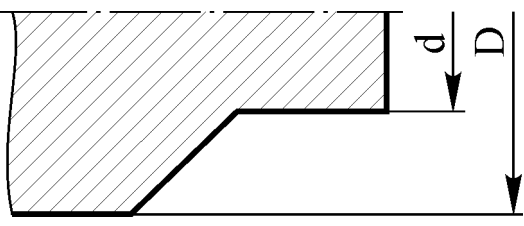
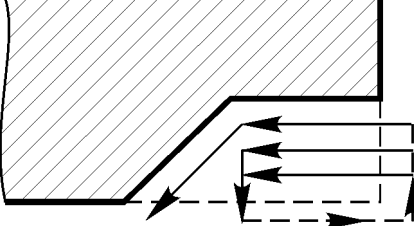
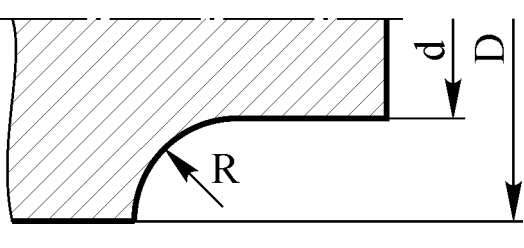
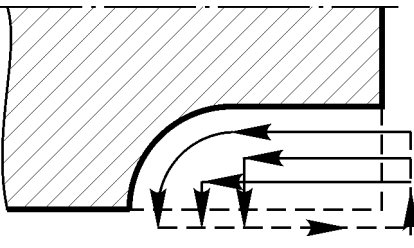
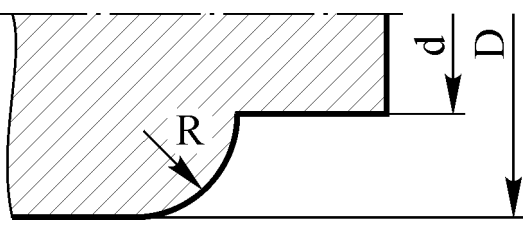

При необходимости указать в РТК технологические параметры обработки: режимы резания по участкам.

Выбирается положение нуля инструмента.

Пример заполнения расчетно-технологической карты дан на рис. 6.1.

Таблица 6.1

Типовые схемы перемещений

№ п. п.	Контур обработки	Схема перемещений
1		
2		
3		
4		

#### 6.3.4. Заполнение таблицы координат опорных точек

Координаты опорных точек находятся по имеющимся на чертеже детали размерам или по формулам аналитической геометрии.

При обточке фасок и конических участков из-за смещения режущей точки инструмента в значения координат опорных точек вводятся поправки в соответствии с формулами (табл. 6.3).

По координатам опорных точек определяются величины перемещений инструмента по координатам X и Z для каждого участка траектории в мм:

$$\Delta x_i = x_i - x_{i-1};$$

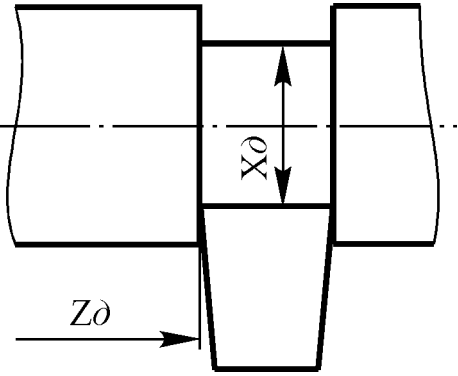
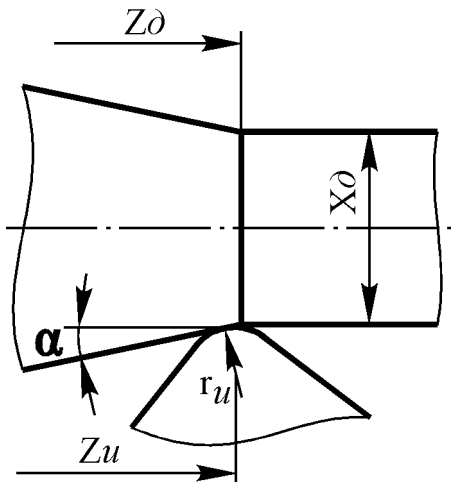
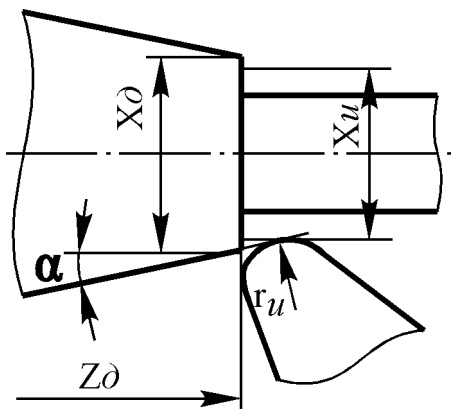
$$\Delta z_j = z_j - z_{j-1}.$$

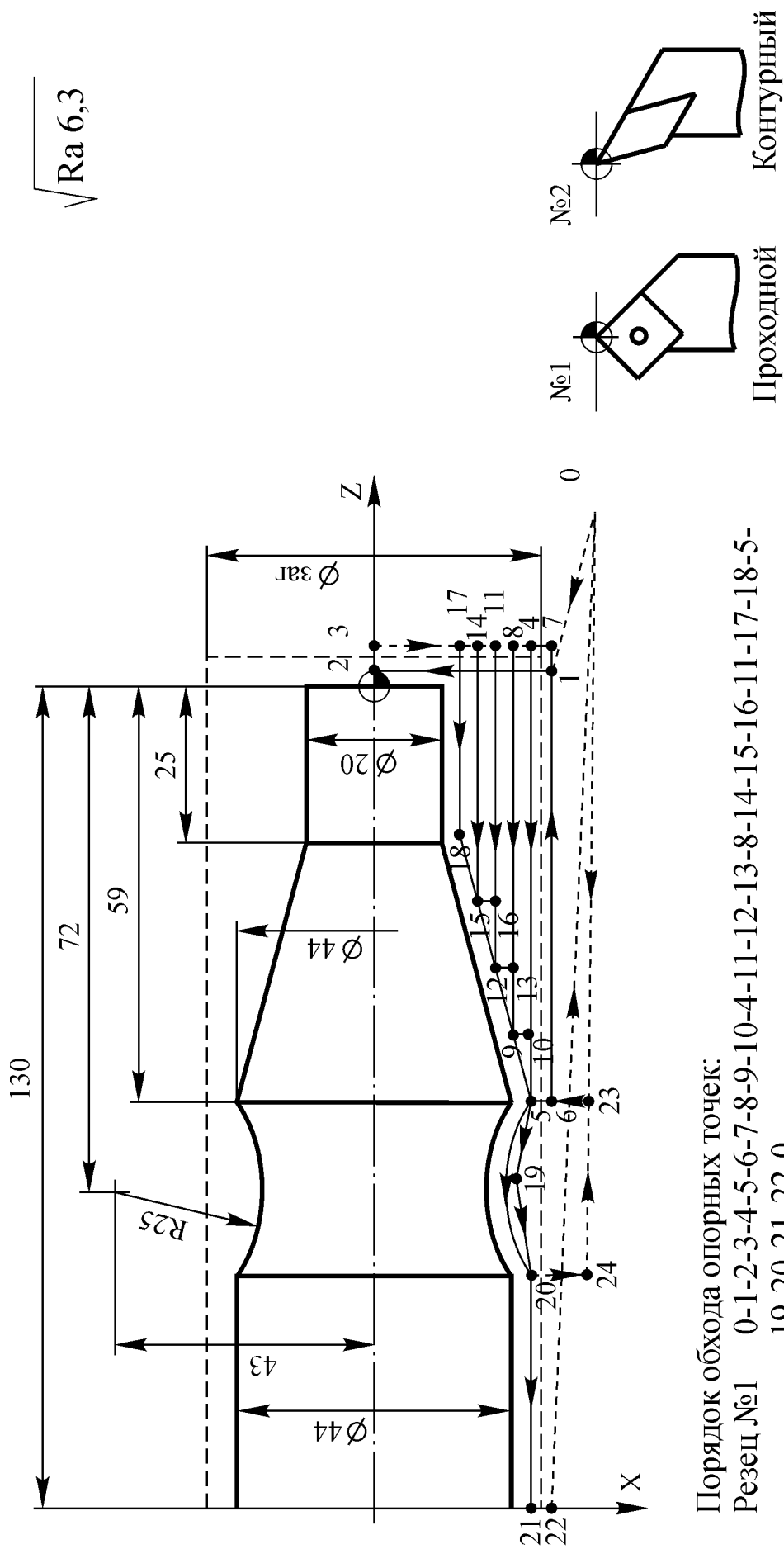
Перемещения, задаваемые для станка мод. EMCOTURN E25, должны быть выражены в мм. Скорости подачи задаются в мм/мин.

Полученные значения координат опорных точек перемещений и режимы резания заносятся в карту координат опорных точек (табл. 6.4).

Таблица 6.3

Поправки при определении координат опорных точек

Схема перехода	Формулы для расчета поправок
	$x_{\partial} = x_{\partial}$ $z_{\partial} = z_{\partial}$
	$x_{\text{ц}} = x_{\partial}$ $z_{\text{ц}} = z_{\partial} + r_{\text{ц}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$
	$x_{\text{ц}} = x_{\partial} - 2r_{\text{ц}} \left( 1 - \operatorname{tg} \frac{90 - \alpha}{2} \right)$ $z_{\text{ц}} = z_{\partial}$



Порядок обхода опорных точек:

Резец №1 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-4-11-12-13-8-14-15-16-11-17-18-5-19-20-21-22-0

Резец №2 0-23-5-20-24-0

Рис. 6.1. Пример оформления расчетно-технологической карты для токарной обработки

6.3.5. Ознакомиться с командами, используемыми в системе ЧПУ Sinumerik 840D

6.3.5.1. Структура кадра управляющей программы в системе ЧПУ Sinumerik 840D

Кадр управляющей программы представляет собой последовательность команд записанных по условиям языка программирования для конкретной системы ЧПУ. Элементом кадра является слово. Слово состоит из адреса и последующего числового значения, например:

G1,

где G – адрес, 1 – числовое значение.

Адрес представляет собой одну из букв латинского алфавита (A – Z) и определяет смысл последующего числового значения.

С использованием этих слов можно создать кадр:

N G X Z F S M.

Порядок слов в кадре может быть произвольным, но рекомендуется порядок записи по ГОСТ 20999-86.

Таблица 6.4

Карта координат опорных точек

Участок	Тип контура	Координаты конца участка		Перемещения		Подача
		X	Z	$\Delta X$	$\Delta Z$	
		мм	мм	мм	мм	мм/об
0–1	прямая	5	100	5	10	10
1–2	прямая	5	12,5	0	2,5	0,12
19–0	прямая	10	120	50	70	10

6.3.5.2. Адреса, используемые для УЧПУ Sinumerik 840D:

N – номер кадра;

G – подготовительная функция;

X, Z – команды на перемещение по осям станка;

I, K – расстояние до центра дуги окружности;

F – задание величины подачи;

S – задание оборотов шпинделя;

T – задание номера инструмента для поиска;

M – вспомогательная функция;

CR= – задание радиуса дуги окружности.

6.3.5.3. Номер кадра

Номер кадра определяет последовательность выполнения кадров управляющей программы. В начале кадра помещается слово N и последующее числовое значение в пределах 0–9999999. Допускается пропуск номера кадра, но не адреса N.

#### *6.3.5.4. Подготовительная функция G*

Содержание подготовительной функции G определяется следующим за ней числовым значением. Код G является модальным, то есть он остается неизменным до получения другого кода из той же группы, куда входит данный код. В одном кадре может находиться несколько подготовительных функций G, если они принадлежат разным группам.

Коды первой группы:

G0 – ускоренное перемещение;

G1 – линейная интерполяция;

G2 – круговая интерполяция по часовой стрелке;

G3 – круговая интерполяция против часовой стрелки.

Коды третьей группы:

G27 – выход в ноль станка по конечным выключателям.

Коды четвертой группы:

G40 – отмена коррекции на радиус инструмента;

G41 – коррекция на радиус инструмента слева;

G42 – коррекция на радиус инструмента справа.

Коды шестой группы:

G54 – G59 – выбор координатной системы заготовки.

Коды седьмой группы:

G90 – задание перемещений в абсолютных величинах;

G91 – задание перемещений в приращениях;

Коды восьмой группы:

G94 – задание подачи в мм/мин;

G95 – задание подачи в мм/об.

#### *6.3.5.5. Команды на перемещение по осям X и Z*

Команды на перемещение инструмента X и Z служат для определения направления и величины перемещения по соответствующим осям станка. Команды X и Z являются модальными. Перемещения записываются в миллиметрах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

#### *6.3.5.6. Расстояние до центра дуги окружности I и K*

Данные адреса служат для задания координат центра окружности при круговой интерполяции. Адрес I соответствует координате X, адрес K – координате Z. Числовое значение записывается в миллиметрах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

#### *6.3.5.7. Величина подачи F*

Программирование подачи в зависимости от функций G94 и G95 осуществляется в различных величинах. При задании функции G94 подача задается в миллиметрах в минуту. При задании функции G95 подача задается

в миллиметрах на оборот. Значение подачи записывается по адресу F. Запрограммированная подача 50 мм/мин или 50 мм/об будет выглядеть:

F50

#### *6.3.5.8. Величина частоты вращения шпинделя S*

Для задания частоты вращения шпинделя ее значение записывается по адресу S. На станке EMCOTURN E25 реализовано бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя.

#### *6.3.5.9. Задание номера инструмента T*

Номер инструмента, записанный под адресом T, указывает номер ячейки инструмента в инструментальном магазине. Инструментальный магазин станка 16K20Ф3 имеет 6 позиций. Выбор инструмента, расположенного в третьей позиции будет осуществляться по команде:

T03

#### *6.3.5.10. Вспомогательная функция M*

Вспомогательная функция M служит для запуска электроавтоматики станка. Функции M, действующие на всех станках:

- M03 – пуск шпинделя по часовой стрелке;
- M04 – пуск шпинделя против часовой стрелки;
- M05 – останов шпинделя;
- M06 – смена инструмента;
- M30 – конец программы.

#### *6.3.5.11. Радиус дуги окружности CR=*

Радиус дуги окружности CR= служит для задания радиуса дуги при круговой интерполяции. Числовое значение записывается в миллиметрах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

### 6.3.6. Программирование обработки

#### *6.3.6.1. Линейное перемещение*

Необходимыми данными для линейного перемещения являются:

- линейное перемещение задается подготовительной функцией G01 (если в предыдущем кадре было линейное перемещение, то программировать G01 повторно не следует);
- координатные перемещения вдоль осей X, Y и Z (знак «-» ставится перед числовым значением, знак «+» не ставится);
- при задании значения перемещения в миллиметрах необходимо ставить точку в конце числового значения, в противном случае величина перемещения будет обрабатываться системой ЧПУ в микронах;
- информация о подаче F (информация о подаче ставится только при ее изменении).

Пример:

N1 G01 X10. Y45. F0.5  
N2 X15.  
N3 X20. Y60. F0.8

#### 6.3.6.2. Круговое перемещение

Необходимыми данными для кругового перемещения являются:

– вспомогательная функция, задающая круговое перемещение, G02 при перемещении по часовой стрелке или G03 при перемещении против часовой стрелки (если в предыдущем кадре было круговое перемещение, то программировать G02 или G03 повторно не следует);

– координаты центра окружности (записываются под адресами I и K) или радиус окружности (записывается под адресом CR=);

– координаты конечной точки (записываются под адресами X и Z);

– информация о подаче (F);

– информация о направлении вращения шпинделя (M).

Программирование кругового перемещения производится по квадрантам. В одном кадре можно программировать участок кривой, находящийся в двух квадрантах.

Пример:

N1 G02 X30. I20. J20. F0.4  
N2 G03 X40. Y10. CR=10.

#### 6.3.7. Запись программы обработки в коде iso

Программа записывается на основании расчетно-технологической карты и по данным карты координат опорных точек с учетом функций кода iso. Перед программированием первых кадров перемещения должны быть записаны кадры, обеспечивающие выбор необходимой позиции инструмента и включение шпинделя. В конце программы предусматриваются кадры, обеспечивающие возвращение инструмента в исходную точку по координатам X и Z и останов шпинделя. Пример программы для траектории, изображенной на рис. 5.1, выглядит следующим образом:

Программа:

N1 T1 D1 M06	– выбор инструмента 1
N5 S800 M03	– включение шпинделя
N10 G0 X50. Z0	– перемещение инструмента в точку 1
N15 G1 Z-0.3 F0.12	– перемещение по траектории (см. рис. 6.1)
N20 Z2.	
N25 G0 X44.	
N30 G1 Z-59.	
N35 X48.	
N40 G0 Z2.	
N45 X38.	
N50 G1 Z-50.5	



N55 X44.	
N60 G0 Z2.	
N65 X32.	
N70 G1 Z-42.	
N75 X38.	
N80 G0 Z2.	
N85 X26.	
N90 G1 Z-33.5	
N95 X32.	
N100 G0 Z2.	
N105 X20.	
N110 G1 Z-25.	
N115 X44. Z-59.	
N120 X37. Z-72.	
N125 X44. Z-85.	
N130 Z-130.	
N135 X48.	
N140 G0 Z100.	
N145 T2 D2 M6	– выбор инструмента 2
N150 X48. Z-59.	– перемещение инструмента в точку 23
N155 G1 X44. F0.1	– перемещение по траектории
N160 G3 X44. Z-85. CR=25.	
N165 G1 X48.	
N170 G0 Z100.	
N175 M30	– конец управляющей программы

#### 6.4. Отчет

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- расчетно-технологическую карту;
- таблицу с координатами опорных точек (см. приложение А);
- управляющую программу, записанную в коде iso.

### Лабораторная работа № 7 НАЛАДКА ТОКАРНОГО СТАНКА С ЧПУ

7.1. Цель работы – практически освоить этапы наладки токарного станка с ЧПУ модели EMCOTURN E25.

7.2. Порядок выполнения работы:

- ознакомиться с принципами наладки токарного станка с ЧПУ;
- произвести наладку токарного станка с ЧПУ;
- заполнить карту наладки (приложение Г);
- представить отчет по проделанной работе.

### 7.3. Методические указания

#### 7.3.1. Принципы наладки токарного станка с ЧПУ модели EMCOTURN E25

Наладка станка с ЧПУ заключается в размерной привязке нуля инструмента к нулю детали в системе координат станка. Размерная привязка заключается в определении расстояний от нуля станка до нуля детали и величин вылета режущего инструмента, с целью последующего внесения полученных данных в память системы ЧПУ и вызове в процессе отработки управляющей программы.

Наладка токарного станка с ЧПУ производится в два этапа. Первый этап – привязка режущего инструмента к нулю детали по оси X. Второй этап – привязка режущего инструмента к нулю детали по оси Z. Результатом наладки является получение координат относительного положения нуля детали и нулей каждого инструмента, участвующего в обработке детали, по осям X и Z. Полученные координаты заносятся в систему ЧПУ в таблицу корректоров и вызываются в процессе отработки управляющей программы.

##### *7.3.1.1. Привязка режущего инструмента к нулю детали*

Привязка токарных резцов к нулю детали производится методом «пробных проходов». Метод «пробных проходов» заключается в размерной привязке нуля инструмента (резца) относительно нуля детали. Метод «пробных проходов» осуществляется в два этапа: первый этап – определение расстояния от нуля инструмента до нуля детали по оси X, второй этап – определения положения нуля инструмента относительно нуля детали по оси Z.

Привязка режущего инструмента к нулю детали по оси X (рис. 7.1) методом “пробных проходов” производится в следующей последовательности:

- установить привязываемый инструмент в револьверную головку;
- перевести систему ЧПУ станка в режим «**Преднабор**» при помощи переключателя «**MDA**»;
- установить в трехкулачковый патрон цилиндрическую заготовку (пруток);
- выбрать для загруженного инструмента корректор и запустить вращение шпинделя путем набора соответствующих команд в строке преднабора:

T1 D1 M6;

S500 M3;

- перевести систему ЧПУ станка в ручной режим «**JOG**» при помощи переключателя;
- при помощи маховика подвести режущий инструмент к поверхно-

сти детали и проточить ее на расстоянии 5–10 мм за один или несколько проходов до снятия черноты;

- после снятия черноты произвести чистовой проход при глубине резания 0,1 мм;

- отвести режущий инструмент по оси Z на расстояние 80–100 мм от торцевой поверхности заготовки;

- нажать кнопку **«Reset»** на пульте системы ЧПУ для завершения управляющей программы, запущенной в режиме **«MDA»**, и остановки вращения шпинделя;

- измерить диаметр обработанной поверхности заготовки при помощи штангенциркуля;

- нажать кнопку **«Measure tool»** на пульте управления системой ЧПУ;

- для выбора оси, по которой производится привязка инструмента, в вертикальном ряду функциональных клавиш системы ЧПУ нажать кнопку **«X»**;

- внести координату, полученную в процессе измерения диаметра заготовки, в поле X и нажать функциональную кнопку **«Set Length»**;

- полученное значение записать в карту наладки.

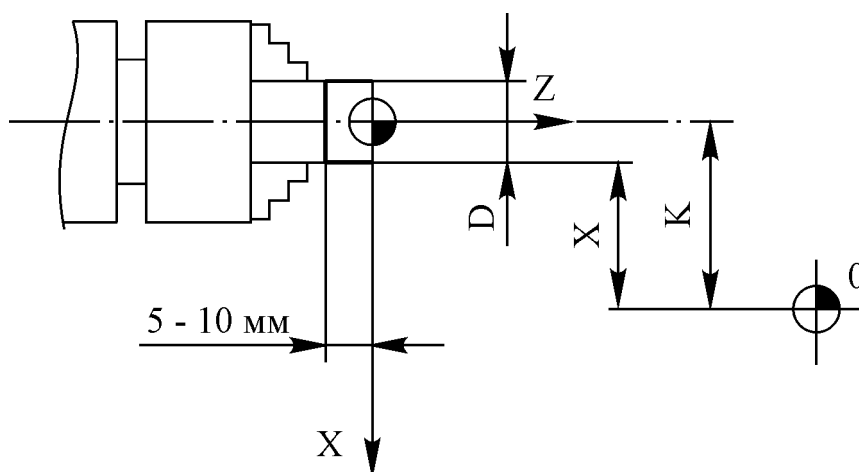


Рис. 7.1. Схема привязки режущего инструмента к нулю детали по оси X

Привязка режущего инструмента к нулю детали по оси Z (рис. 7.2) производится в следующей последовательности:

- перевести систему ЧПУ станка в режим **«Преднабор»** при помощи переключателя **«MDA»**;

- установить в трехкулачковый патрон цилиндрическую заготовку (пруток);

- выбрать для загруженного инструмента корректор и запустить вращение шпинделя путем набора соответствующих команд в строке преднабора:

T1 D1 M6;  
S500 M3;

- перевести систему ЧПУ станка в ручной режим «**JOG**» при помощи переключателя;
- подвести режущий инструмент при помощи маховика до соприкосновения главной режущей кромки с торцевой заготовкой;
- отвести режущий инструмент по оси X на расстояние 5–10 мм от торцевой поверхности заготовки;
- нажать кнопку «**Reset**» на пульте системы ЧПУ для завершения управляющей программы, запущенной в режиме «**MDA**», и остановки вращения шпинделя;
- нажать кнопку «**Measure tool**» на пульте управления системой ЧПУ;
- для выбора оси, по которой производится привязка инструмента, в вертикальном ряду функциональных клавиш системы ЧПУ нажать кнопку «**Z**»;
- внести координату нуля детали по оси Z (в зависимости от метода базирования заготовки на операции координата нуля детали по оси Z будет равна 0 или длине обрабатываемой детали) в поле Z и нажать функциональную кнопку «**Set Length**»;
- полученное значение записать в карту наладки.

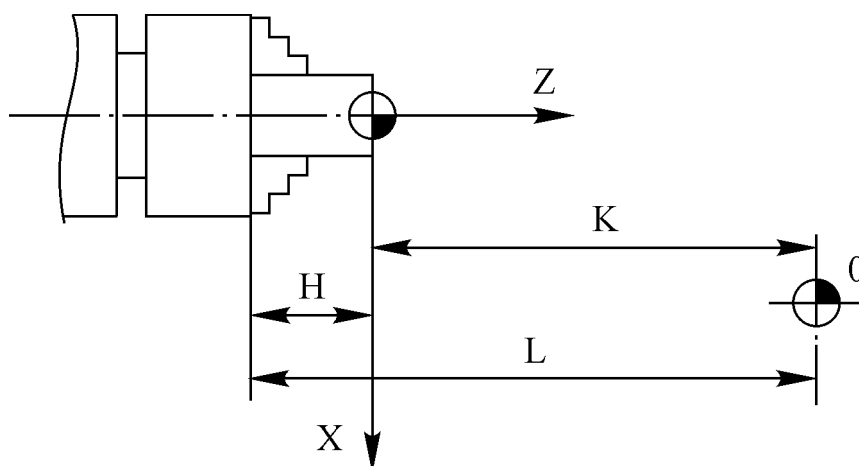


Рис. 7.2. Схема привязки режущего инструмента к нулю детали по оси Z

### 7.3.2. Заполнение карты наладки

После произведенных замеров корректоров на длину инструмента полученные данные вносятся в карту наладки (см. приложение Г)

### 7.3.3. Отчет о работе

Отчет должен содержать заполненную карту наладки.

Лабораторная работа № 8  
КОНТРОЛЬ И ОТЛАДКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ  
НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ EMCOTURN E25

8.1. Цель работы – ознакомиться с методом подготовки, записи и отладки управляющей программы на токарном станке EMCOTURN E25 с системой ЧПУ Sinumerik 840D.

8.2. Порядок выполнения работы:

- ознакомиться с основами параметрами станка EMCOTURN E25 с системой ЧПУ Sinumerik 840D;
- ознакомиться с методом подготовки и записи управляющей программы;
- ознакомиться с методом визуальной отработки управляющей программы;
- отработать управляющую программу на станке;
- представить отчет по проделанной работе.

8.3. Методические указания

8.3.1. Основные параметры станка EMCOTURN E25 с системой ЧПУ Sinumerik 840D.

Станок EMCOTURN E25 с системой ЧПУ Sinumerik 840D предназначен для контурной обработки наружных и внутренних поверхностей деталей типа тело вращения со ступенчатым и криволинейным профилем в один или несколько проходов по замкнутому автоматическому циклу, с автоматическим поворотом двенадцатипозиционной револьверной головки (табл. 8.1). Станок оснащен трехкоординатной системой числового программного управления Sinumerik 840D.

Таблица 8.1

Техническая характеристика станка EMCOTURN E25

Наименование	Значение
Диаметр обработки над станиной, мм:	250
Диаметр обработки над поперечными салазками, мм	85
Максимальные размеры обрабатываемой детали, мм:	
длина	225
диаметр	85
Дискретность задания перемещения стола, шпинделя, мм	0,001
Рабочая подача револьверной головки по осям X/Z, мм/мин	12/24
Ускоренная подача револьверной головки, м/мин	100
Диапазон скоростей шпинделя (бесступенчатое регулирование), об/мин	60...6300
Количество управляемых координат	3

### 8.3.2. Метод подготовки и записи управляющей программы

Управляющая программа для системы ЧПУ Sinumerik 840D □программируется в iso коде. Набор программы может осуществляться как на ЭВМ, так и непосредственно на пульте системы ЧПУ при помощи клавиатуры. При создании управляющей программы на ЭВМ вручную может использоваться текстовый редактор – «блокнот». Полученная управляющая программа сохраняется в файл с расширением \*.txt. Запись управляющей программы производится на флэш-карту. С флэш-карты управляющая программа записывается на жесткий диск, встроенный в систему ЧПУ Sinumerik 840D.

Для записи управляющей программы на жесткий диск системы ЧПУ Sinumerik 840D необходимо:

- установить курсор на файле, который должен быть скопирован и нажать экранную клавишу «**COPY**»;
- ввести директорию, куда копируется помеченный файл, и нажать экранную клавишу «**PASTE**».

Для переименования файла с управляющей программой необходимо:

- установить курсор на файл, который должен быть переименован и нажать экранную клавишу «**RENAME**»;
- в открывшемся диалоговом окне ввести новое имя.

Для удаления файла необходимо:

- установить курсор на файл, предназначенный для удаления (для выделения нескольких файлов, установить курсор на первом файле, нажать клавишу «**SHIFT**» и установить курсор на последнем файле);
- нажать экранную клавишу «**DELETE**»;
- подтвердить запрос нажатием клавиши «**OK**» (Удаление □программы возможно только когда она не находится в процессе отработки);
- для удаления рабочей директории, ни одна программа в этой директории не должны быть активирована;
- при удалении рабочей директории, удаляются все файлы, находящиеся в этой директории.

Для активации управляющей программы необходимо пометить программу и нажать экранную клавишу «**ALTER ENABLE**». Отработка программы возможна только, когда она активирована. Активированные программы маркируются знаком «X» в списке программ.

### 8.3.3. Метод визуальной отработки программы.

Система УЧПУ Sinumerik 840D позволяет осуществлять контроль управляющей программы на наличие резцов, столкновений и ошибок в синтаксисе при помощи функции графического моделирования.

Для визуальной отработки управляющей программы необходимо выполнить следующие шаги:

- перейти в главное меню «**Параметры**» – «**СНТ**» и установить для смещения нулевой точки станка по оси X, Y и Z для G54 соответствующие значения, полученные в процессе привязки оси шпинделя станка к нулю детали в плоскости XY;

- возвратиться в программу и нажать на кнопку «**3D-просмотр**». На вертикальной панели нажать на кнопку «**Заготовка**» и ввести размеры заготовки, и размеры смещения относительно ее нуля детали;

- настроить параметры инструмента для чего нажимать на кнопку «**Инструмент**». Выбрать в правом столбце требуемый инструмент и установить курсор слева на требуемую ячейку магазина. Нажать кнопку «**F1**» «**Ячейка инструмента**». Нажать кнопку «**ОК**».

- настроить инструмент в окне «**Корректировка инструмента**» для чего вызвать главное меню – «**Параметры**» – «**Коррекция инструмента**». Установить необходимый инструмент и ввести его корректоры;

- вернуться в окно «**3D-просмотр**» и нажать кнопку «**Старт**».

#### 8.3.4. Отработка программы на станке

Отработка управляющей программы на станке EMCOTURN E25 с УЧПУ Sinumerik 840D осуществляется в следующей последовательности:

- подключить станок к электросети;
- после загрузки системы ЧПУ включить гидронасос выключателем, расположенным на пульте управления станком;
- переместить стол для удобной установки заготовки (перемещение консоли производится учебным мастером);
- установить заготовку в приспособление;
- вывести консоль в ноль станка по конечным выключателям (перемещение консоли производится учебным мастером);
- загрузить управляющую программу;
- перевести систему ЧПУ в режим «**AUTO**» нажатием кнопки «**AUTO**» на пульте управления станком;
- запустить управляющую программу нажатием элемента «**START**».
- переместить стол для удобного снятия детали (перемещение консоли производится учебным мастером);
- снять деталь (полуфабрикат);

#### 8.3.5. Отчет о работе

Произвести обмер детали и сделать заключение о годности.

Сделать выводы о возможных причинах отклонений размеров от заданных программой.

Отчет должен содержать прорисованную траекторию движения инструмента, карту координат опорных точек, текст управляющей программы, фотографию готовой детали, результаты обмера детали, выводы о ее годности.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

### Карта координат опорных точек

Участок	Тип контура	Координаты конца участка			Подача
		X	Y	Z	мм/об
		мм	мм	мм	

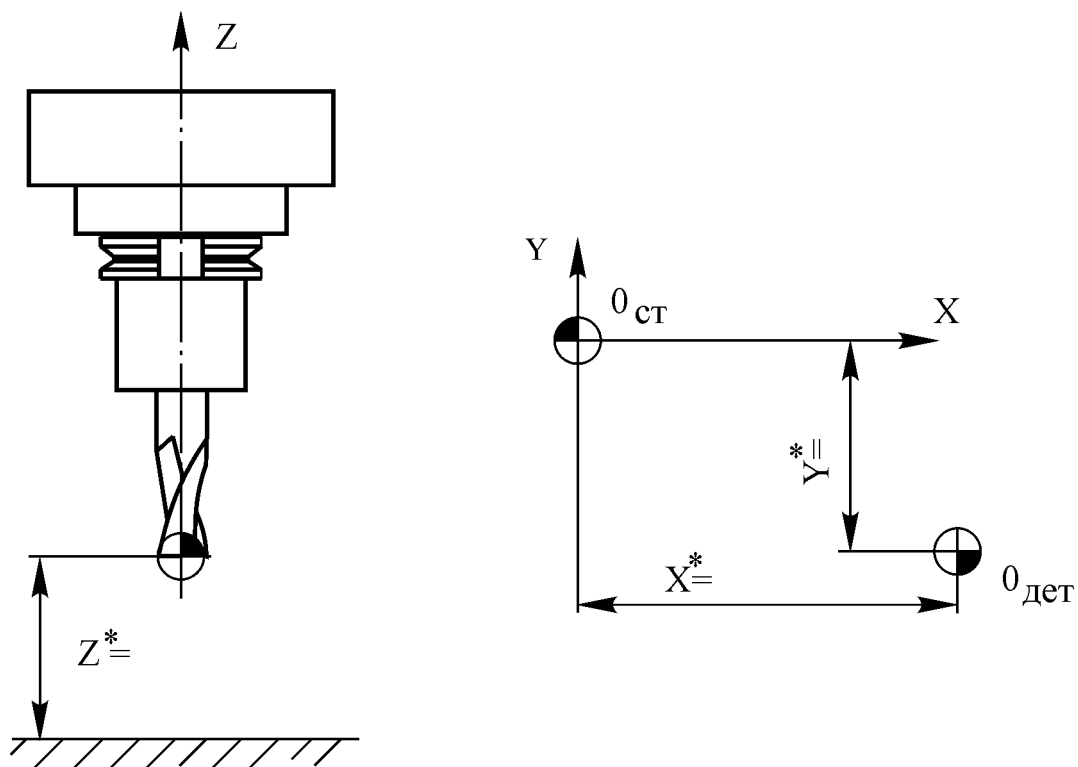


## Бланк управляющей программы

Текст управляющей программы	Пояснения

Карта наладки инструмента

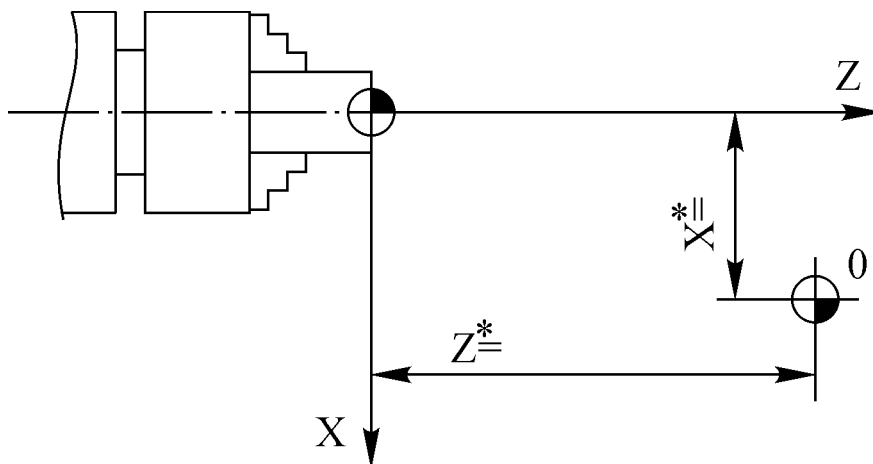
Карта настройки инструмента	Станок	EMCOMILL 300
-----------------------------	--------	-----------------



Координаты нуля детали		
X		Y
Инструмент		Координаты вершины инструмента
		Z
Фреза концевая цилиндрическая	Маркировка	
Сверло	Маркировка	

Карта наладки инструмента

Карта настройки инструмента	Станок	EMCOTUR N E25
-----------------------------	--------	------------------



Инструмент		Координаты нуля инструмента	
		X	Z
Резец подрезной кон- турный	Маркировка		
Резец отрезной	Маркировка		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1 Проектирование технологической операции обработки детали на фрезерном станке с ЧПУ.....	3
Лабораторная работа № 2 Расчет координат опорных точек при подготовке управляющей программы обработки детали на фрезерном станке с ЧПУ.....	9
Лабораторная работа № 3 Разработка управляющей программы для обработки детали на фрезерном станке с ЧПУ.....	11
Лабораторная работа № 4 Наладка трехкоординатного фрезерного станка с ЧПУ.....	17
Лабораторная работа № 5 Контроль и отладка управляющей программы на фрезерном станке с ЧПУ EMCOMILL 300.....	21
Лабораторная работа № 6 Разработка управляющей программы для обработки детали на токарном станке с ЧПУ.....	24
Лабораторная работа № 7 Наладка токарного станка с ЧПУ.....	33
Лабораторная работа № 8. Контроль и отладка управляющей программы на фрезерном станке с ЧПУ EMCOTURN E25.....	37
Приложения.....	40

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ**

Техн. редактор А.В. Миних

Издательство Южно-Уральского государственного университета

---

Подписано в печать . .2014. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ / .

---

Отпечатано в типографии Издательства ЮУрГУ. 454080, г. Челябинск,  
пр. им. В.И. Ленина, 76.