

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

621.92(07)
Б287

В.В. Батуев, В.А. Батуев

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
НА МНОГОКООРДИНАТНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ**

Учебное пособие по выполнению практических
и лабораторных работ

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2013

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 изготовления деталей на многокоординатных станках с ЧПУ: учебное пособие по выполнению практических и лабораторных работ / В.В. Батуев, В.А. Батуев. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 63 с.

Учебное пособие предназначено для использования студентами специальности 151900.68 при прохождении лабораторного практикума по курсу «Технология обработки деталей на многокоординатных станках с ЧПУ». Цикл лабораторных работ состоит из четырех этапов: первый – проектирование операции, подготовка и контроль управляющей программы для пятикоординатного фрезерного станка с ЧПУ, второй – проектирование операции, подготовка и контроль управляющей программы для токарного обрабатывающего центра с ЧПУ, третий – наладка пятикоординатного фрезерного станка с ЧПУ, четвертый – наладка токарного обрабатывающего центра с ЧПУ.

УДК 621.92.06-529(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2013

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

1.1. Цель работы — ознакомиться с основными принципами проектирования технологической операции, выполняемой на пятикоординатном фрезерном станке с ЧПУ.

1.2. Порядок выполнения работы:

- получить индивидуальное задание;
- спроектировать технологическую операцию обработки детали на пятикоординатном 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 пятикоординатном фрезерном станке с ЧПУ;
- сведения о применяемом станке и инструменте.

1.3.2. Общие сведения о пятикоординатном фрезерном станке с ЧПУ модели NMV5000DCG

Контроль, отладка управляющей программы и обработка детали производится на пятикоординатном фрезерном станке модели NMV5000DCG. Технические характеристики станка NMV5000DCG представлены в табл. 1.1.

Пятикоординатный фрезерный станок NMV5000DCG с системой числового программного управления мод. MSX-711 III применяется для пятикоординатного фрезерования деталей сложной конфигурации. Кроме того, станок позволяет производить фрезерование разновысоких плоскостей рычагов, корпусов и других деталей, обработку отверстий вращающимся инструментом, и токарную обработку деталей путем включения вращения поворотного стола вокруг оси Z.

Рабочее движение подачи в продольном, поперечном и вертикальном направлении (по координатам X, Y и Z) осуществляется за счет перемещения шпинделя, а движения вокруг осей Y и Z (по координатам B и C) осуществляется за счет вращения поворотного стола станка. На станке имеется магазин инструментов на 31 позиции, устройство автоматической смены инструмента, позволяющее быстро менять режущий инструмент, и устройство автоматического зажима стола, что повышает жесткость при обработке. Станок NMV5000DCG работает совместно с системой ЧПУ

MSX-711 III, осуществляющей управление работой станка по программе, записанной на флэш-карту или на жесткий диск.

Таблица 1.1

Техническая характеристика станка NMV5000DCG

Наименование параметров	Величина
Перемещения шпинделя, мм:	
по оси X	730
по оси Y	510
по оси Z	510
Поворот стола, град:	
по оси B	340
по оси C	360
Размер рабочей поверхности стола, мм:	
диаметр	500
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	12000
Рабочая подача стола и шпиндельной головки, мм/мин	
по осям X и Y	50000
по оси Z	40000
Ускоренная подача стола и шпиндельной головки, мм/мин:	
по осям X и Y	50000
по оси Z	40000
Дискретность задания линейных перемещений шпинделя, мм	0,001
Количество управляемых координат	5
Емкость инструментального магазина, шт	31

1.3.3. Рекомендации по проектированию технологической операции

Для примера, в качестве заготовки 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 составляет большие величины.

Базирование и установку детали для данного случая целесообразно производить в тисках.

В качестве режущего инструмента для обработки поверхностей детали выбирается торцевая фреза. Диаметр фрезы выбирается по формуле:

$$D = (1,25...1,5)B,$$

где D — диаметр фрезы, B — ширина фрезерования.

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.

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 выбирается исходя из требований к точности, выполняемого размера, по нормативам режимов резания для станков с ЧПУ.

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.

Исходная точка инструмента выбирается исходя из требований удобства установки и закрепления детали, а также минимальности холостых перемещений. Поскольку станок NMV5000DCG имеет управляемое по программе вертикальное перемещение по оси Z, исходную точку (с учетом вращения стола) целесообразно разместить над деталью (по высоте 50–80 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

Результаты проектирования технологической операции, выполняемой на станке с ЧПУ, оформляют в виде расчетно-технологической карты. 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) выбирается ноль детали, ноль инструмента и указываются соответствующие размеры, определяющие их положение относительно баз (табл. 1.2);

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	

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, пережима детали, контроля точности исполнения размера, точки изменения подачи и т.д.) стрелками указывается направление движения (см. табл. 1.2);

б) могут указываться режимы резания по участкам обработки;

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

8) при необходимости заносятся сведения о режущем инструменте.

Пример оформления расчетно-технологической карты приведен на рис. 1.1.

1.3.3. Отчет

Отчетом по лабораторной работе является оформленная расчетно-технологическая карта.

Лабораторная работа № 2 РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОПОРНЫХ ТОЧЕК И РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НА ПЯТИКООРДИНАТНОМ ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

2.1. Цель работы — практически освоить этапы подготовки управляющей программы: расчет координат опорных точек и программирование управляющей программы на пятикоординатном фрезерном станке NMV5000DCG с системой ЧПУ MSX-711 III.

2.2. Порядок выполнения работы:

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

– ознакомиться с командами, используемыми в системе ЧПУ MSX-711 III;

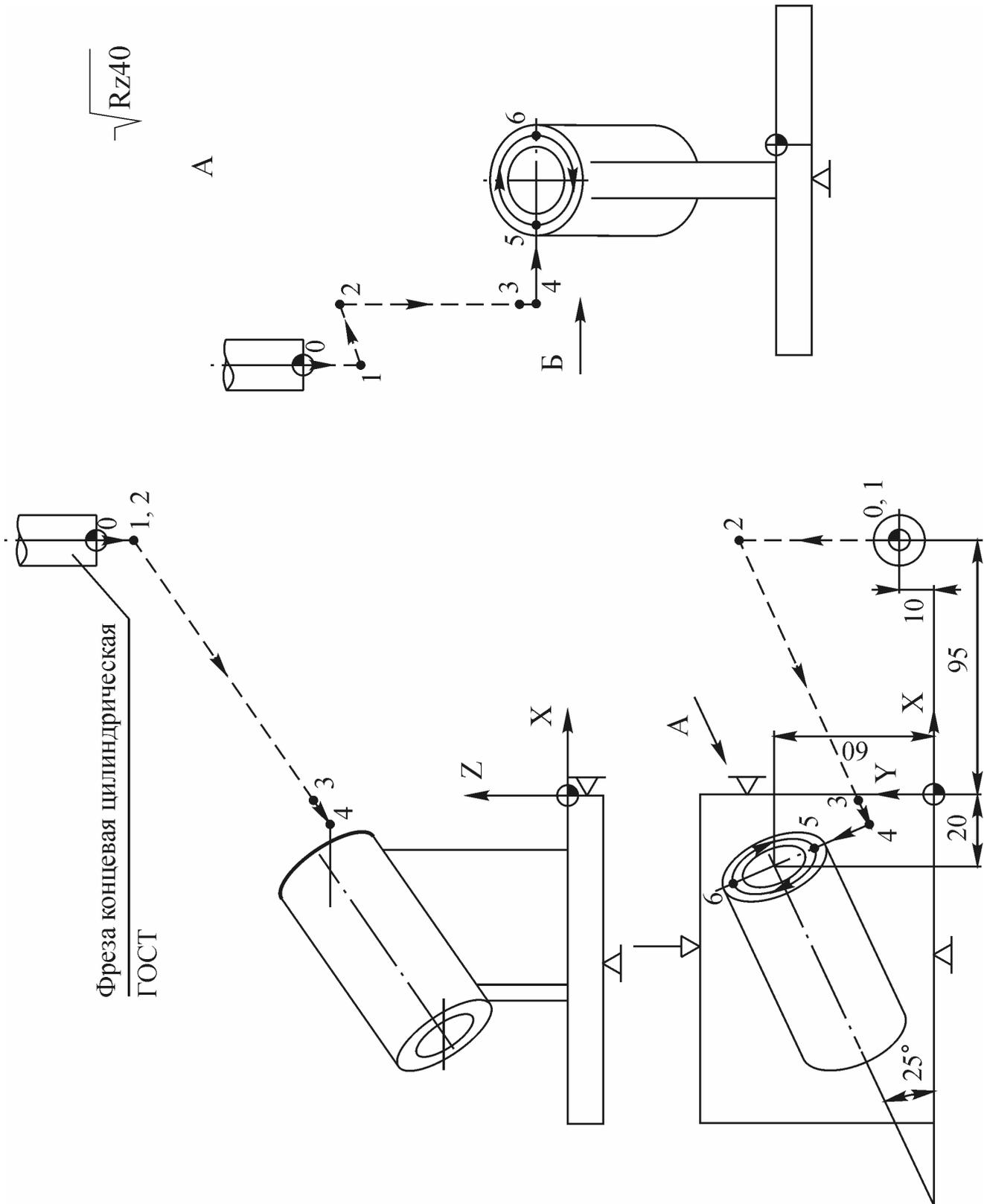
– записать программу в коде iso – 7bit на бланке (прил. Б);

– представить отчет по проделанной работе.

2.3. Методические указания

2.3.1. Расчет координат опорных точек

Координаты опорных точек определяются на базе данных из расчетно-технологической карты. Для ряда точек координаты могут быть определены непосредственно из чертежа. Рассмотрим это на примере РТК, изображенной на рис. 1.1. Так координаты исходной точки 1 указаны на РТК: (95; 10; 125). Точка 2 служит для ориентации инструмента по нормали к обрабатываемой плоскости детали. Координаты точки 3 заданы из условия,



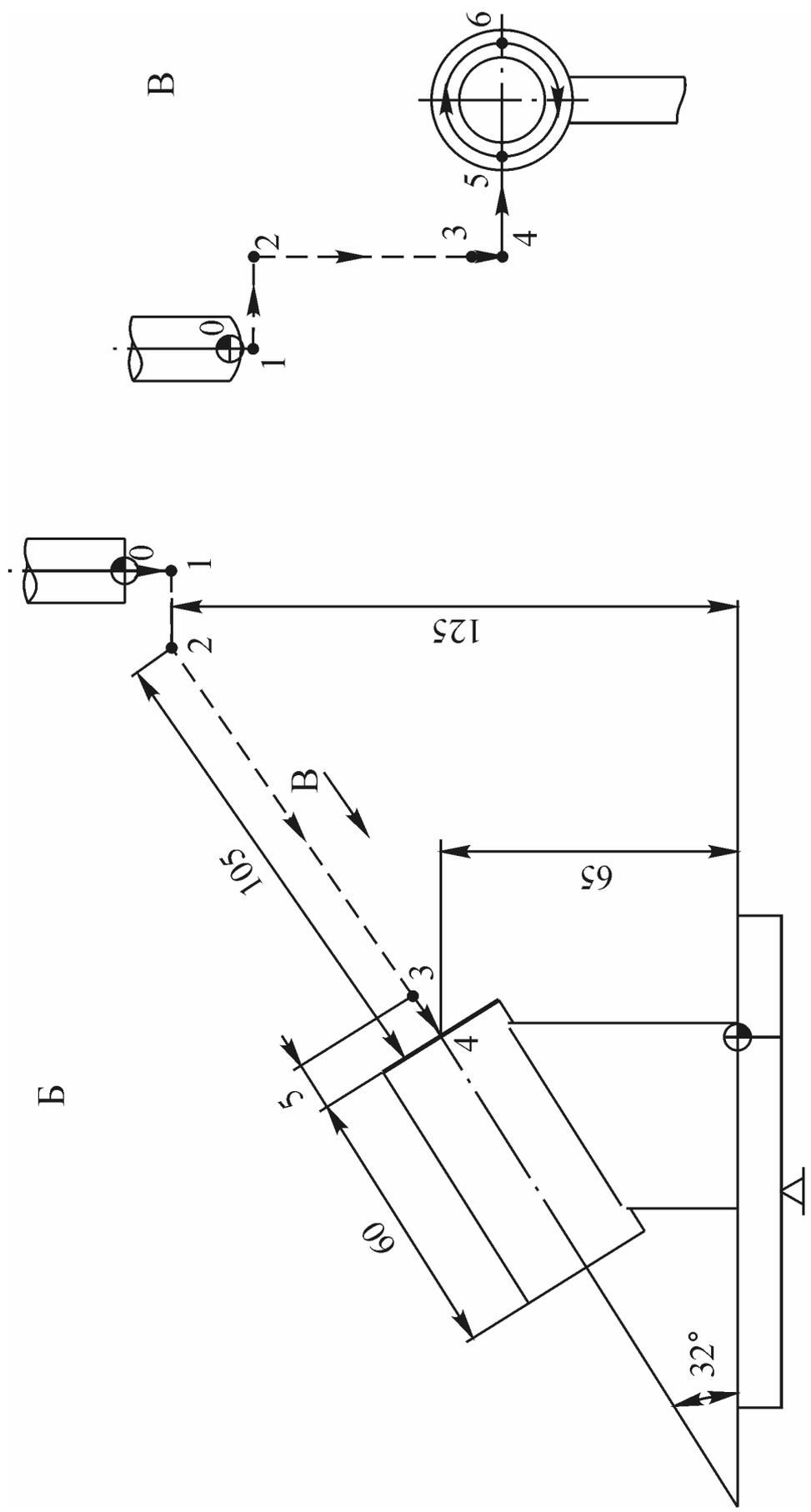


Рис. 1.1.1. Расчетно-технологическая карта фрезерной обработки на станке с ЧПУ

чтобы фреза на ускоренном ходу не коснулась заготовки (при припуске 4 мм оставлен зазор 1 мм). Координаты точки 4 заданы из условия, чтобы между фрезой и обрабатываемой поверхностью оставался зазор 2 мм.

Для расчета координат опорных точек на рис. 2.1 представлена расчетная схема. Для определения координат необходимо использовать методы тригонометрии, либо аналитической геометрии. Так координаты X и Y точки 3 определим из следующих формул:

$$x_3 = d + e - 20,$$

$$y_3 = 60 - f + c.$$

Расстояние d определим из формулы:

$$d = \sin 65^\circ \cdot 5 = 4,53 \text{ мм.}$$

Расстояние e определим из формулы:

$$e = \sin 25^\circ \cdot 22 = 9,3 \text{ мм.}$$

Расстояние f определим из формулы:

$$f = \cos 25^\circ \cdot 22 = 19,94 \text{ мм.}$$

Расстояние c определим из формулы:

$$c = \cos 65^\circ \cdot 5 = 2,11 \text{ мм.}$$

Таким образом, координаты X и Y точки 3 будут равны:

$$x_3 = 4,53 + 9,3 - 20 = -6,17 \text{ мм.}$$

$$y_3 = 60 - 19,94 + 2,11 = 42,17 \text{ мм.}$$

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

Подача для рассматриваемого станка задается в мм/мин.

Так как траектория движения инструмента замкнута, сумма перемещений по каждой координате должна обратиться в ноль. Это свойство перемещений используется для первичного контроля правильности заполнения карты координат опорных точек.

Таблица 2.1

Карта координат опорных точек

Участок	Тип контура	Координаты конца участка			Перемещения			Подача мм/мин
		X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ	
		мм	мм	мм	мм	мм	мм	
0-1	прямая	95	10	125	0	0	-10	40 000
1-2	прямая	99,53	84,23	125	3,47	74,23	0	100
2-3	прямая	-6,17	42,17	67,83	-105,7	-42,06	-57,17	100
3-4	прямая	-10,7	40,6	65	-4,53	-1,57	-2,83	100
4-5	прямая	-14,93	49,12	65	-4,23	8,52	0	100
5-6	окр.	-25,07	70,88	65	-10,14	21,76	0	100
6-5	окр.	-14,93	49,12	65	10,14	-21,76	0	100
5-4	прямая	-10,7	40,6	65	4,23	-8,52	0	40 000

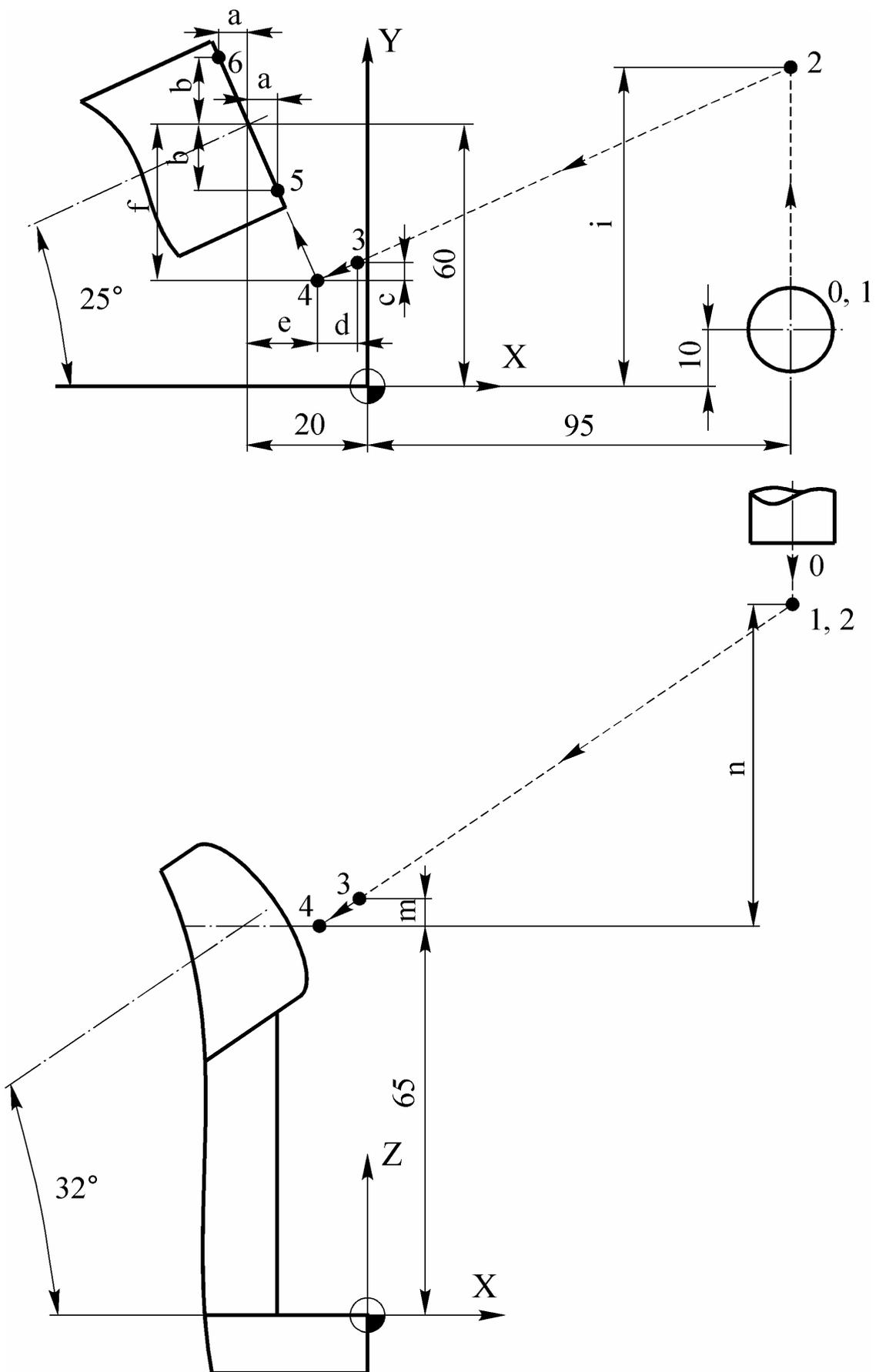


Рис. 2.1. Расчетная схема для определения координат опорных точек

2.3.2. Ознакомиться с командами, используемыми в системе ЧПУ MSX-711 III

2.3.2.1. Структура кадра управляющей программы в системе ЧПУ MSX-711 III

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, например:

G01,

где G — адрес, 01 — 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_ Y_ Z_ F_ S_ M_.

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

2.3.2.2 Адреса, используемые для системы ЧПУ MSX-711 III

N — номер кадра;

G — подготовительная функция;

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

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

B, C — команды на поворот стола вокруг осей Y и Z соответственно;

F — задание величины подачи;

S — задание оборотов шпинделя;

T — задание номера инструмента для поиска;

H — задание номера корректора для выбранного инструмента;

M — вспомогательная функция;

R — задание радиуса дуги окружности.

2.3.2.3. Номер кадра

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

2.3.2.4. Подготовительные функции

Содержание подготовительной функции определяется следующим за ней числовым значением. Подготовительные функции записываются под адресом G. Адрес G является модальным, то есть он остается неизменным до получения другого кода из той же группы, куда входит данный адрес. В одном кадре может находиться несколько подготовительных функций, 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.

2.3.2.5. Адреса на перемещение по осям X, Y и Z

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

2.3.2.6. Координаты 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.

2.3.2.7. Команды на поворот стола

Команды на поворот стола записываются под адресами B и C и служат для определения направления и угла поворота стола вокруг осей Y и Z соответственно. Адреса B и C являются модальными. Углы поворота записываются в градусах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

2.3.2.8. Величина подачи F

Программирование подачи в зависимости от слов G94 и G95 осуществляется в различных величинах. При задании слова G94 подача задается в миллиметрах в минуту. При задании слова G95 подача задается в милли-

метрах на оборот. Значение подачи записывается по адресу F. Запрограммированная подача 50 мм/мин будет выглядеть:

G94 F50

Запрограммированная подача 0,5 мм/мин будет выглядеть:

G95 F0.5

2.3.2.9. Величина частоты вращения шпинделя S

Для задания частоты вращения шпинделя ее значение записывается по адресу S. На станке NMV5000DCG реализовано бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя. Значение частоты вращения шпинделя рекомендуется округлять до целых чисел. Запрограммированная частота вращения шпинделя 1000 об/мин будет выглядеть:

G97 S1000.

2.3.2.10. Задание номера инструмента T

Номер инструмента, записанный под адресом T, указывает номер, ячейки инструмента в инструментальном магазине. Инструментальный магазин станка NMV5000DCG имеет 31 позицию. Выбор инструмента, расположенного в третьей позиции будет осуществляться:

T03

2.3.2.11. Корректор инструмента H

Номер корректора, записанный под адресом H, указывает номер корректора на вылет по оси Z и радиус инструмента. Величина корректора записывается в таблицу корректоров системы ЧПУ под соответствующим номером.

2.3.2.12. Вспомогательные функции

Вспомогательные функции записываются под адресом M и служат для запуска электроавтоматики станка. Адреса 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.

2.3.2.13. Радиус дуги окружности R

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

2.3.3. Программирование обработки

2.3.3.1. Линейное перемещение

В кадре линейного перемещения (рис. 2.2) необходимо задать:

–подготовительную функцию словом G01 (если в предыдущем кадре было линейное перемещение, то запрограммировать G01 повторно не следует);

– координаты 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 F500

N2 X15

N3 X20 Y60 F400

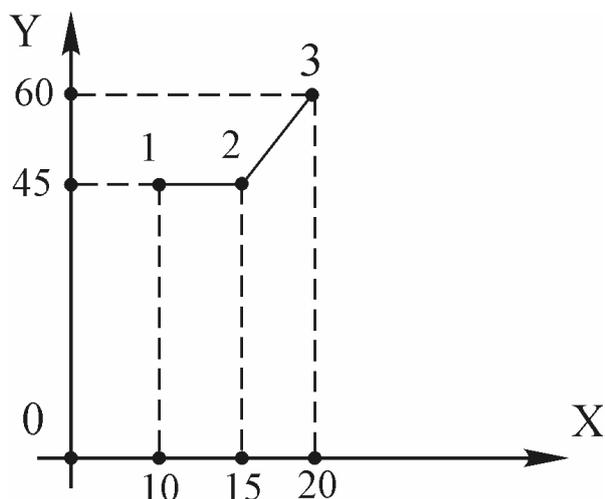


Рис. 2.2. Схема линейного перемещения инструмента

2.3.3.2. Круговое перемещение

В кадре кругового перемещения (рис 2.3) необходимо задать:

– подготовительную функцию, задающую круговое перемещение, записывают словом G02 при перемещении по часовой стрелке или словом 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 R);

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

– информация о подаче (F).

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 R10

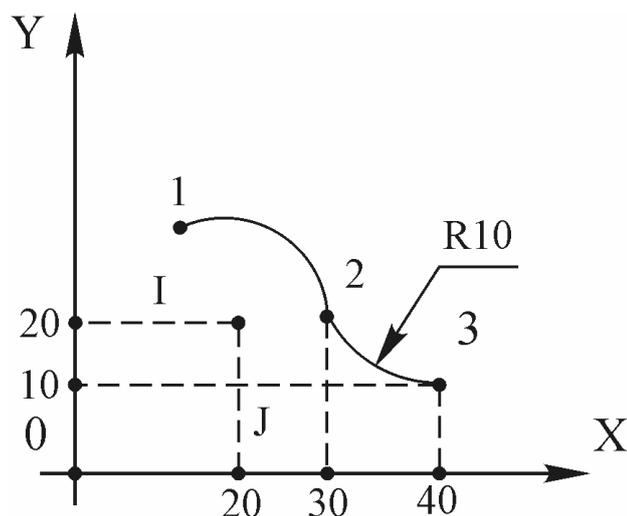


Рис. 2.3. Схема кругового перемещения инструмента

2.3.3.3. Поворот стола

Необходимыми данными для поворота стола являются значения углов, на которые необходимо повернуть стол вокруг осей Y и Z, которые записываются под адресами B и C соответственно.

Пример:

N1 B25

N2 C30.4

N3 B40 C55

2.3.4. Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать расчетно-технологическую карту, расчетную схему для определения координат опорных точек, карту координат опорных точек (прил. А), управляющую программу, записанную на бланке (прил. Б) в коде iso – 7bit.

Лабораторная работа № 3

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОЙ ТРАЕКТОРИИ КОНЦЕВОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ФРЕЗЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

3.1. Цель работы — практически освоить этапы расчета траектории и написания управляющей программы для концевой сферической фрезы при обработке криволинейной поверхности на пятикоординатном фрезерном станке NMV5000DCG с системой ЧПУ MSX-711 III.

3.2. Порядок выполнения работы:

- получить индивидуальное задание;
- рассчитать углы наклона концевой сферической фрезы;

- оформить расчетно-технологическую карту (РТК);
- рассчитать координаты опорных точек;
- по результатам расчетов написать управляющую программу для станка NMV5000DCG с системой ЧПУ MSX-711 III;
- составить отчет.

3.3. Методические указания

3.3.1. Индивидуальное задание содержит:

- чертеж криволинейной поверхности, для которой необходимо оформить РТК, рассчитать координаты опорных точек, углы поворота концевой сферической фрезы и написать управляющую программу для станка NMV5000DCG с системой ЧПУ MSX-711 III.

3.3.2. Расчет углов наклона и координат опорных точек концевой сферической фрезы

3.3.2.1. Расчет углов наклона концевой сферической фрезы

Концевые сферические фрезы используются для чистовой и получистовой обработки пространственно-сложных поверхностей. К деталям с пространственно-сложными поверхностями относятся: импеллеры, лопатки турбин, штампы, пресс-формы и т.д.

Основным достоинством концевых сферических фрез является возможность обработки криволинейных поверхностей любой сложности, что обеспечивается возможностью работы криволинейной режущей кромки по всей ее длине (рис. 3.1). Но процесс обработки детали концевыми сферическими фрезами имеет существенный недостаток — нулевую скорость резания в точке криволинейной режущей кромки расположенной на оси инструмента. Вместе с этим каждая точка криволинейной режущей кромки имеет разную скорость резания и переменную толщину срезаемого слоя, что ведет к нестабильности процесса резания и неравномерному износу инструмента.

На практике для улучшения условий резания при фрезеровании концевой сферической фрезой рекомендуют изменять угол наклона фрезы α относительно обрабатываемой поверхности в направлении подачи (рис. 3.2), поскольку из процесса резания исключаются участки криволинейной режущей кромки с нулевой и близкой к нулю скоростью резания.

При проектировании эффективной траектории концевой сферической фрезы в процессе обработки криволинейной поверхности необходимо произвести расчет углов наклона фрезы относительно обрабатываемой поверхности. Исходными данными для расчета являются:

- чертеж криволинейной поверхности;
- радиус сферической части фрезы;
- рекомендации по режимам резания.

Для примера рассмотрим фрезерование детали, эскиз которой представлен на (рис. 3.3). Фрезерование осуществляется концевой сферической фрезой

радиусом $R = 8$ мм, длиной рабочей части $l = 30$ мм. Рекомендуемые режимы обработки: глубина резания $t = 1$ мм, скорость резания $V = 100 - 125$ м/с, подача $S = 0,13 - 0,15$ мм/зуб.

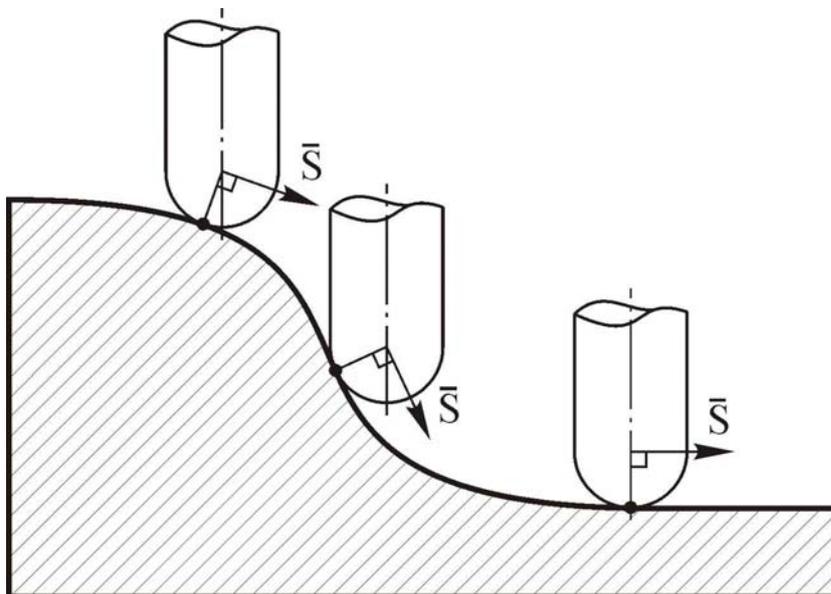


Рис. 3.1. Смещение точки контакта заготовки и фрезы вдоль ее криволинейной режущей кромки

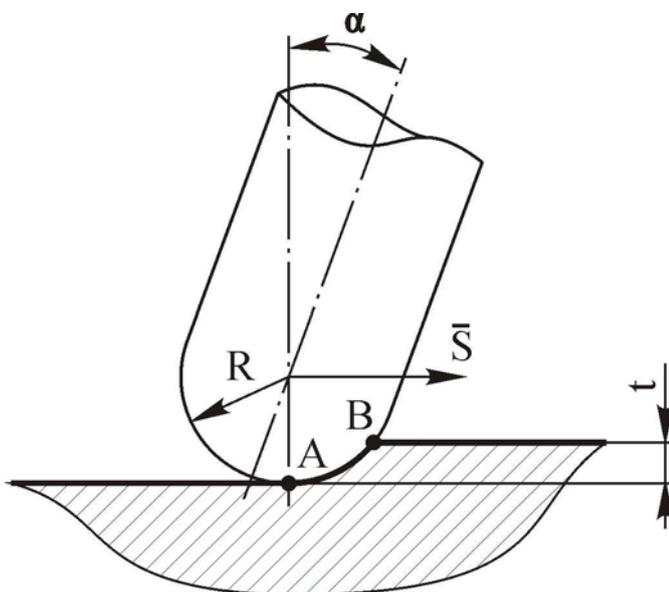


Рис. 3.2. Изменение дуги контакта АВ инструмента и заготовки при наклоне фрезы

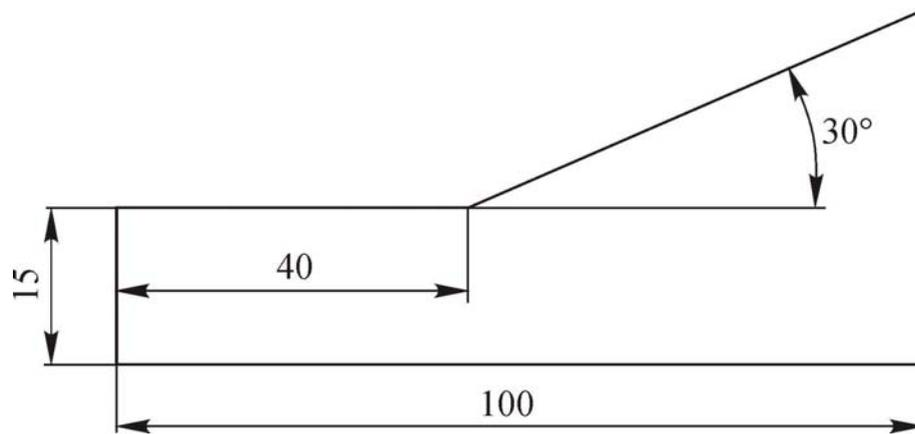


Рис. 3.3. Эскиз детали

Определим допустимые значения углов наклона фрезы на горизонтальном участке, обрабатываемой поверхности из схемы (рис. 3.4). Согласно схеме (рис. 3.4) допустимый угол наклона фрезы на горизонтальном участке, обрабатываемой поверхности рассчитаем по формуле:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{a}{R}\right).$$

Расстояние a определим по формуле:

$$a = R - t = 8 - 1 = 7 \text{ мм.}$$

Таким образом, угол наклона фрезы будет равен:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{a}{R}\right) = \arcsin\left(\frac{7}{8}\right) = 61,05^\circ.$$

Рассчитаем частоту вращения фрезы в наиболее удаленной от оси точки В (рис. 3.4) исходя из условия, что рекомендуемая скорость резания $V=125$ м/с.

Частоту вращения фрезы n определим по формуле:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D}.$$

Частота вращения фрезы n в т. В будет равна:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D_B} = \frac{125 \cdot 1000}{3,14 \cdot 16} = 2488,06 \text{ об/мин.}$$

Частота вращения фрезы n в т. А рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D_A}.$$

Диаметр фрезы в т. А определим из расчетной схемы (см. рис. 3.4) по формуле:

$$2 \cdot R_A = \sin \alpha \cdot R.$$

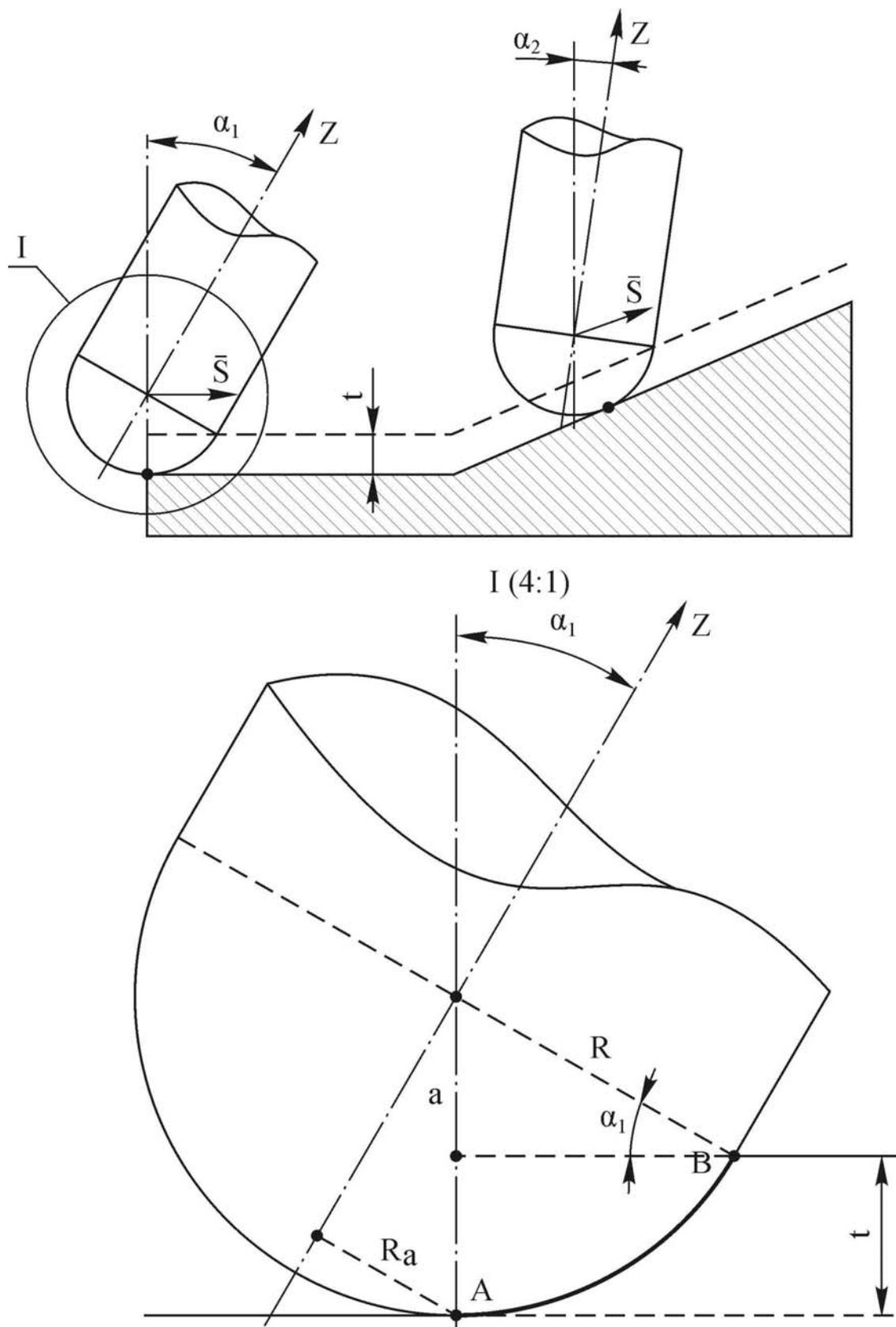


Рис. 3.4. Схема для определения допустимых значений углов наклона фрезы

Таким образом, скорость резания в т. А будет равна:

$$V = \frac{\pi \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot R \cdot n}{1000}, \quad (3.1)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 0,875 \cdot 8 \cdot 2488,06}{1000} = 109,38 \text{ м/с.}$$

Разница скорости резания в т. В и т. А составляет примерно 12,5 %.

Произведем расчет частоты вращения шпинделя и скорости резания в т. А при заданной скорости резания в т. В $V=125$ м/с при различных углах наклона фрезы. Результаты расчета сведем в таблицу 3.1.

Расчет рабочего диаметра фрезы в т. В при различных углах наклона фрезы α произведем по формуле:

$$D_B = 2 \cdot \sin \left(\arccos \left(\frac{R-t}{R} \right) + \alpha \right) \cdot R.$$

Расчет скорости резания в т. А при различных углах наклона фрезы произведем по формуле (3.1).

Таблица 3.1

Скорости резания в точка А и В при различных углах наклона фрезы

Угол наклона фрезы α , град	Скорость резания V , м/с		Частота вращения шпинделя n , об/мин
	Точка А	Точка В	
15	46,609	125	3584,45
30	72,95	125	2904,07
45	91,97	125	2588,86

По результатам расчетов примем угол наклона фрезы $\alpha = 45^\circ$ поскольку данный угол обеспечивает наименьшую разницу в скорости резания в точках А и В и не пересекается с наклонным участком обрабатываемой детали равным 30° .

3.3.2.2. Расчет координат опорных точек

Ноль инструмента у концевой сферической фрезы расположен в точке пересечения оси инструмента и криволинейной режущей кромки. Поэтому при расчете траектории фрезы необходимо учесть смещение нуля инструмента при его технологическом наклоне.

Произведем определение координат опорных точек для горизонтального участка обработки из расчетной схемы, изображенной на рис. 3.5.

Первая опорная точка расположена на расстоянии c от т. А по оси абсцисс и на расстоянии b по оси ординат. Расстояние c определим по формуле:

$$c = \sin \alpha \cdot R = 0,707 \cdot 8 = 5,657 \text{ мм.}$$

Расстояние b определим по формуле:

$$b = R - a.$$

Расстояние a определим по формуле:

$$a = \cos \alpha \cdot R = \cos 45^\circ \cdot 8 = 0,707 \cdot 8 = 5,656 \text{ мм.}$$

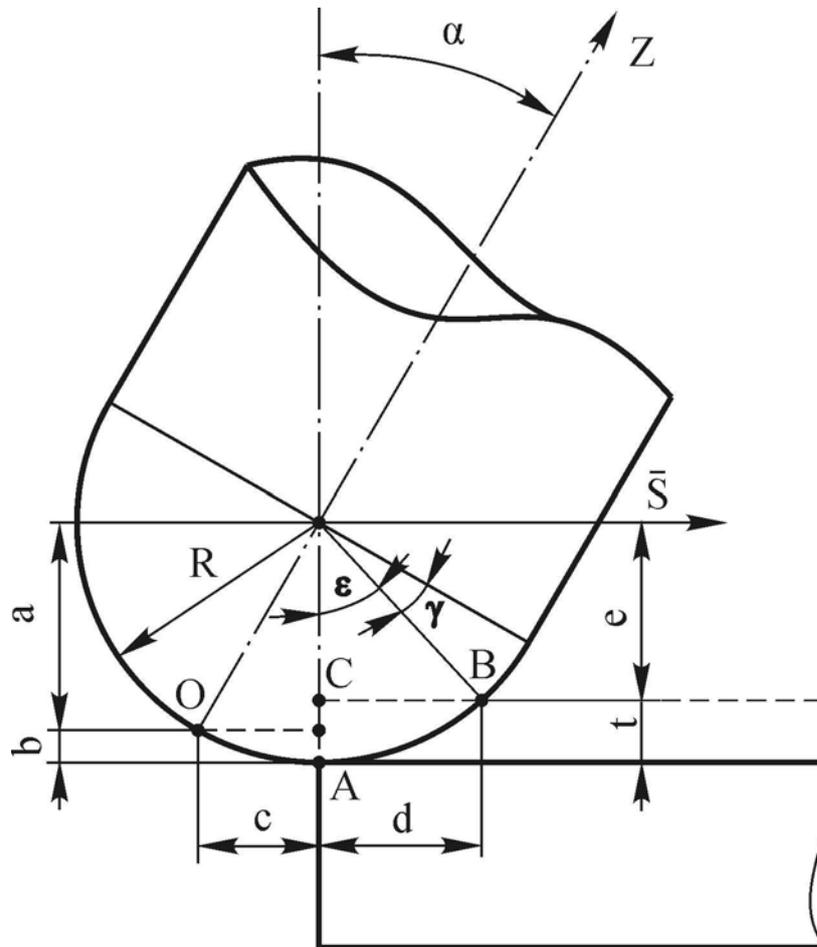


Рис. 3.5. Расчетная схема для определения опорных точек при фрезеровании горизонтального участка детали

Таким образом:

$$b = R - a = 8 - 5,656 = 2,344 \text{ мм.}$$

γ — угол неизменяемый в процессе обработки и определяющий положение т. В на сферической части фрезы. Угол γ определим из расчетной схемы (см. рис. 3.5) по формуле:

$$\gamma = 90 - \alpha - \varepsilon.$$

Согласно исходным данным угол $\alpha = 45^\circ$, а угол ε равен:

$$\varepsilon = \arccos\left(\frac{R - t}{R}\right) = 28,955^\circ.$$

Таким образом:

$$\gamma = 90 - 45 - 28,955 = 16,045^\circ.$$

После того, как радиусная часть фрезы достигает точки, в которой происходит изменение угла наклона, обрабатываемой поверхности, возникает необходимость в изменении угла наклона фрезы.

Определим расстояние f от т. А до проекции точки В на ось абсцисс из расчетной схемы рис. 3.6.

Расстояние f определим по формуле:

$$f = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \cdot t = \operatorname{tg} 15^\circ \cdot 1 = 0,27 \text{ мм.}$$

Поскольку изменение угла наклона фрезы будет происходить на участке сопряжения горизонтальной и наклонной плоскостей, то целесообразно разбить его на несколько более мелких участков (количество участков выбирается из условия обеспечения заданной точности). Изменение угла наклона фрезы при переходе от одной обрабатываемой поверхности к другой должно быть плавным для обеспечения заданной точности и качества, обрабатываемой поверхности.

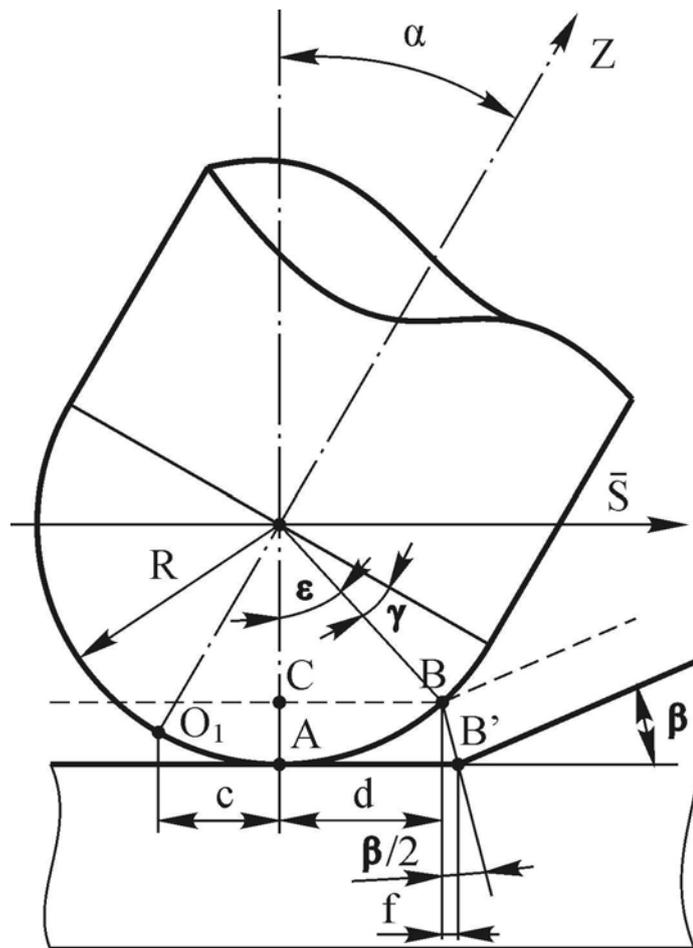


Рис. 3.6. Расчетная схема для определения опорных точек при фрезеровании горизонтального участка детали

Поскольку перемещение фрезы первоначально будет происходить в горизонтальной плоскости, то изменяться будет только координата по оси X. Определим координату X нуля детали — т. O_1 при достижении т. В наклонного припуска (см. рис. 3.6) по формуле:

$$x_{O_1} = 40 - f - c - d. \quad (3.2)$$

Расстояние d определим по формуле:

$$d = \sin \epsilon \cdot R = \sin 28,955 \cdot 8 = 3,873 \text{ мм.}$$

Подставляя полученные ранее значения в формулу (3.2) получим:

$$xO_1 = 40 - 0,27 - 5,657 - 3,873 = 30,2 \text{ мм.}$$

Как было сказано выше для обеспечения точности и качества, обрабатываемой поверхности необходимо производить плавное изменение угла наклона фрезы. Поэтому при фрезеровании наклонной поверхности детали рассмотрим участок С'В' (рис. 3.8), на котором будет происходить изменение угла наклона фрезы с целью поддержания заданных параметров обработки. Для демонстрации методики расчета разобьем участок С'В' на два равных по длине отрезка С'Е' и Е'В'.

Рассчитаем координаты нуля инструмента O_2 и угол наклона фрезы на первом из этих участков —С'Е' (рис. 3.7).

Координаты нуля инструмента в точке O_2 определим по формулам:

$$xO_2 = 40 - f - d_1 - c_1. \quad (3.3)$$

$$zO_2 = R - a_1. \quad (3.4)$$

Расстояние d_1 определим по формуле:

$$d_1 = CE' \cdot n.$$

Расстояние CE' рассчитаем по формуле:

$$CE' = \sin \varepsilon_2 \cdot R,$$

где ε_2 определяется выражением:

$$\varepsilon_2 = \arccos\left(\frac{R - t - m}{R}\right).$$

Расстояние m определим по формуле:

$$m = \sin \beta \cdot \frac{d}{2}.$$

Таким образом, расстояние d_1 будет равно:

$$\begin{aligned} d_1 &= \sin\left(\arccos\left(\frac{R - t - \sin \beta \cdot (d/2)}{R}\right)\right) \cdot R = \\ &= \sin\left(\arccos\left(\frac{8 - 1 - 0,5 \cdot 1,9365}{8}\right)\right) \cdot 8 = 5,255 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Расстояние c_1 определим по формуле:

$$c_1 = \sin \alpha_1 \cdot R,$$

где угол наклона фрезы относительно нормали к обрабатываемой поверхности α_1 будет равен:

$$\alpha_1 = 90 - \gamma - \varepsilon_2 = 90 - 16,045 - \arccos\left(\frac{R - t - m}{R}\right) = 32,89^\circ.$$

Таким образом расстояния c_1 и a_1 будут равны:

$$c_1 = \sin \alpha_1 \cdot R = \sin 32,89 \cdot 8 = 4,344 \text{ мм,}$$

$$a_1 = \cos \alpha_1 \cdot R = 6,72 \text{ мм.}$$

Подставляя полученные данные в формулы (3.3) и (3.4) получим:

$$xO_2 = 40 - 0,27 - 5,255 - 4,344 = 30,131 \text{ мм.}$$

$$zO_2 = 8 - 6,72 = 1,28 \text{ мм.}$$

Аналогичным образом производится расчет координат нуля инструмента при пересечении т. В последовательно точек В' и D (см. рис. 3.7).

Результаты расчетов сводим в таблицу координат опорных точек (табл. 3.2)

Таблица 3.2

Таблица координат опорных точек

№ опорной точки	Координаты опорных точек, мм		Угол наклона фрезы, град	Фактическое значение угла наклона фрезы, град
	X	Z		
2	-5,657	2,344	45	0
3	30,2	2,344	45	0
4	30,131	1,28	45	32,89
5	30,416	0,648	45	23,89
6	96,846	35,289	45	23,89

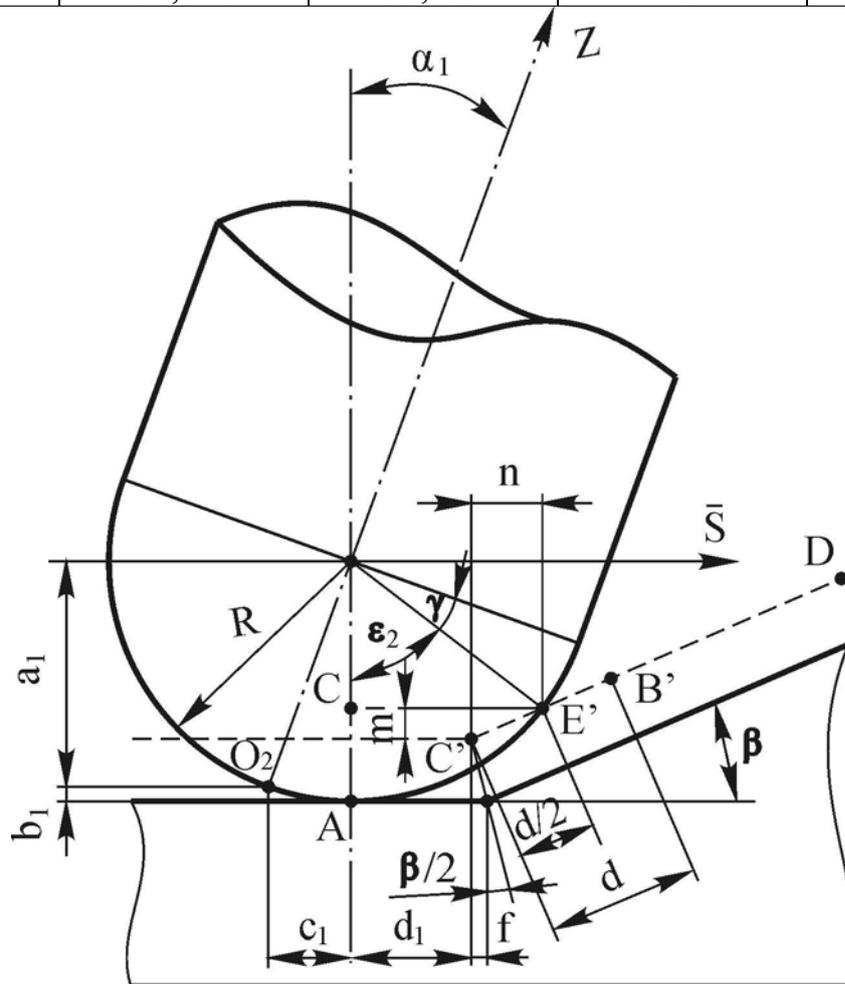


Рис. 3.7. Расчетная схема для определения опорных точек при фрезеровании переходного участка детали

3.3.2. Оформление РТК

РТК для операции механической обработки криволинейной поверхности концевой сферической фрезой оформляется в соответствии с требованиями, изложенными в п. 1.3.2. лабораторной работы №1. Пример РТК для операции механической обработки криволинейной поверхности концевой сферической фрезой представлен на рис. 3.8.

3.3.4. Написание управляющей программы для станка NMV5000DCG с системой ЧПУ MSX-711 III

Написание управляющей программы для станка NMV5000DCG с системой ЧПУ MSX-711 III осуществляется по методике описанной в лабораторной работе №2.

3.3.5. Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать расчетно-технологическую карту, расчетную схему для определения углов наклона и координат опорных точек концевой сферической фрезы, карту координат опорных точек (прил. А), управляющую программу, записанную на бланке (прил. Б) в коде iso – 7bit.

Лабораторная работа № 4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ НА ТОКАРНОМ ОБРАБАТЫВАЮЩЕМ ЦЕНТРЕ С ЧПУ

4.1. Цель работы — ознакомиться с основными принципами и практически освоить методику проектирования технологической операции, выполняемой на токарном обрабатывающем центре NT4200DCG 1000S с системой ЧПУ MSX-711 III.

4.2. Порядок выполнения работы:

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

4.3. Методические указания

4.3.1. Индивидуальное задание содержит:

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

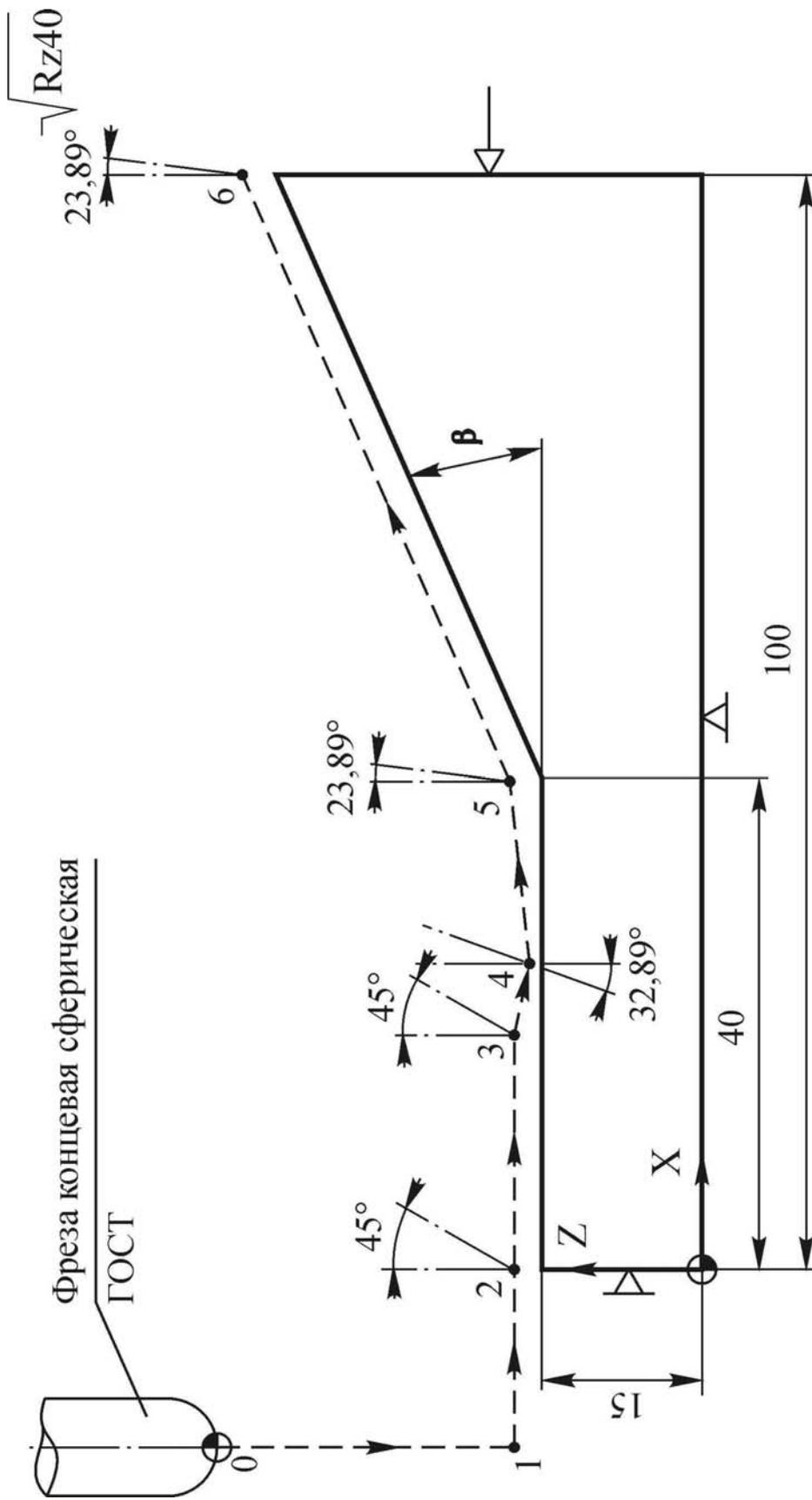


Рис. 3.8. Расчетно-технологическая карта операции фрезерования на станке NMV5000DCG

4.3.2. Проектирование технологической операции

4.3.2.1. Заготовка – пруток диаметром 50мм.

4.3.2.2. Первоначальное базирование заготовки на станке осуществляется в трехкулачковом патроне главного (мастер) шпинделя, последующее базирование заготовки осуществляется в трехкулачковом патроне контршпинделя.

4.3.2.3. 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.

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

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

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

4.3.2.5. При проведении лабораторной работы глубина резания на черновом переходе не должна превышать 3 мм, на чистовом переходе 0,5 – 1 мм. Для повышения точности припуск под чистовую обработку желательно оставлять равномерным по всему контуру.

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

4.3.3. Разработка расчетно-технологической карты

4.3.3.1. Вычерчивается эскиз детали, выбираются оси координат. При необходимости отмечаются контуры заготовки.

4.3.3.2. Исходная точка положения инструмента выбирается из удобства установки, зажима и контроля детали, и безопасности при установке, перехвате контр-шпинделем и снятии детали. В нашем случае это точка, отстоящая на 200 мм от планшайбы станка по оси Z и на 250 мм от центров по оси X.

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

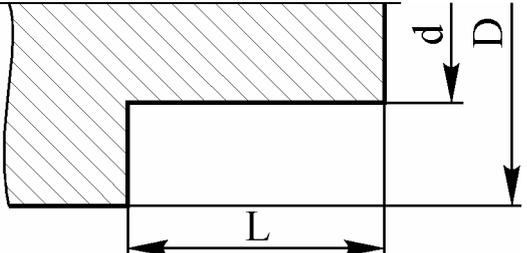
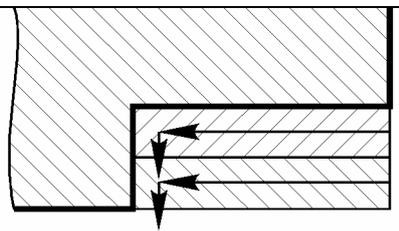
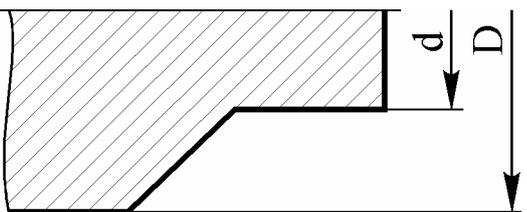
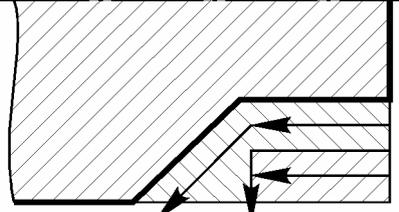
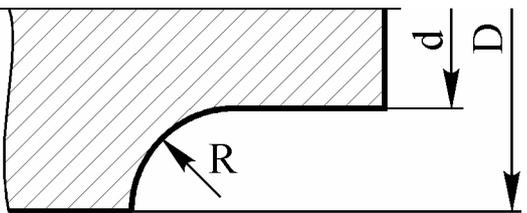
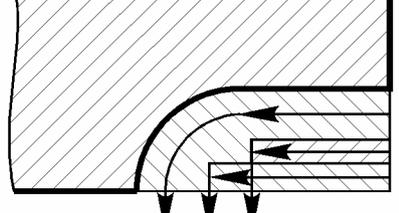
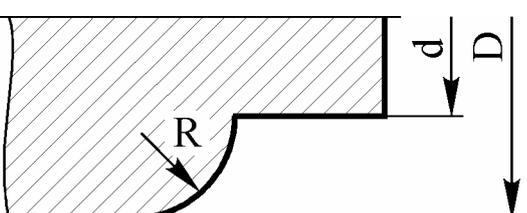
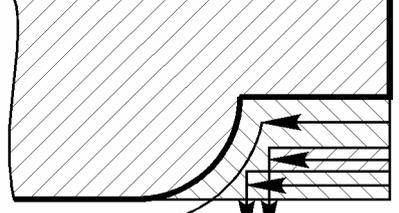
4.3.3.4. Вычерчивается расчетная траектория движения центра инструмента с учетом черновых и чистовых проходов. Для этого можно использовать типовые схемы перемещений инструмента при обработке основных форм поверхности детали (табл. 4.1).

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

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

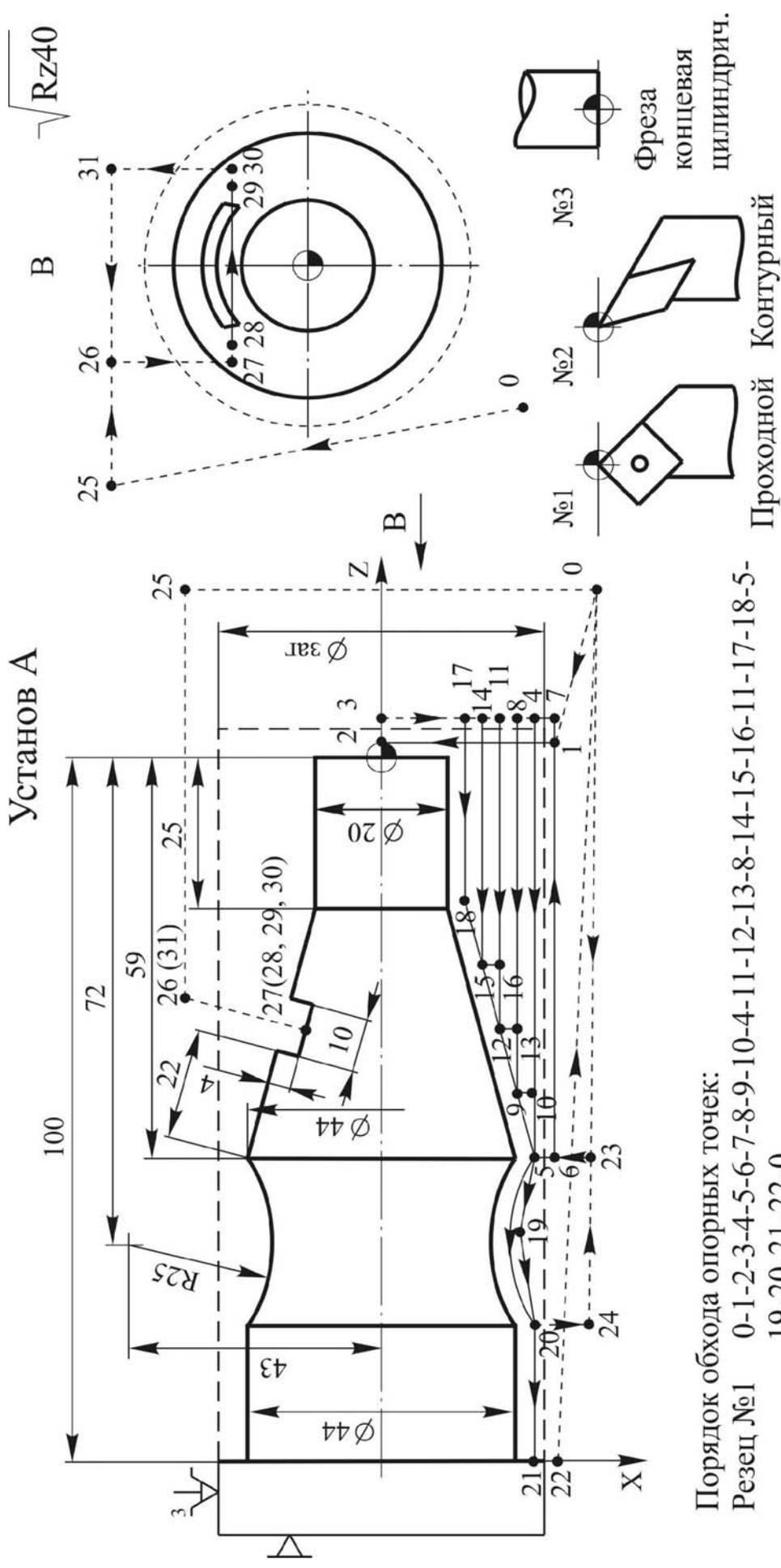
Пример заполнения расчетно-технологической карты дан на рис. 4.1.

Типовые схемы перемещений

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

4.3.4. Отчет

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



- 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
 Фреза №3 0-25-26-27-28-29-30-31-25-0

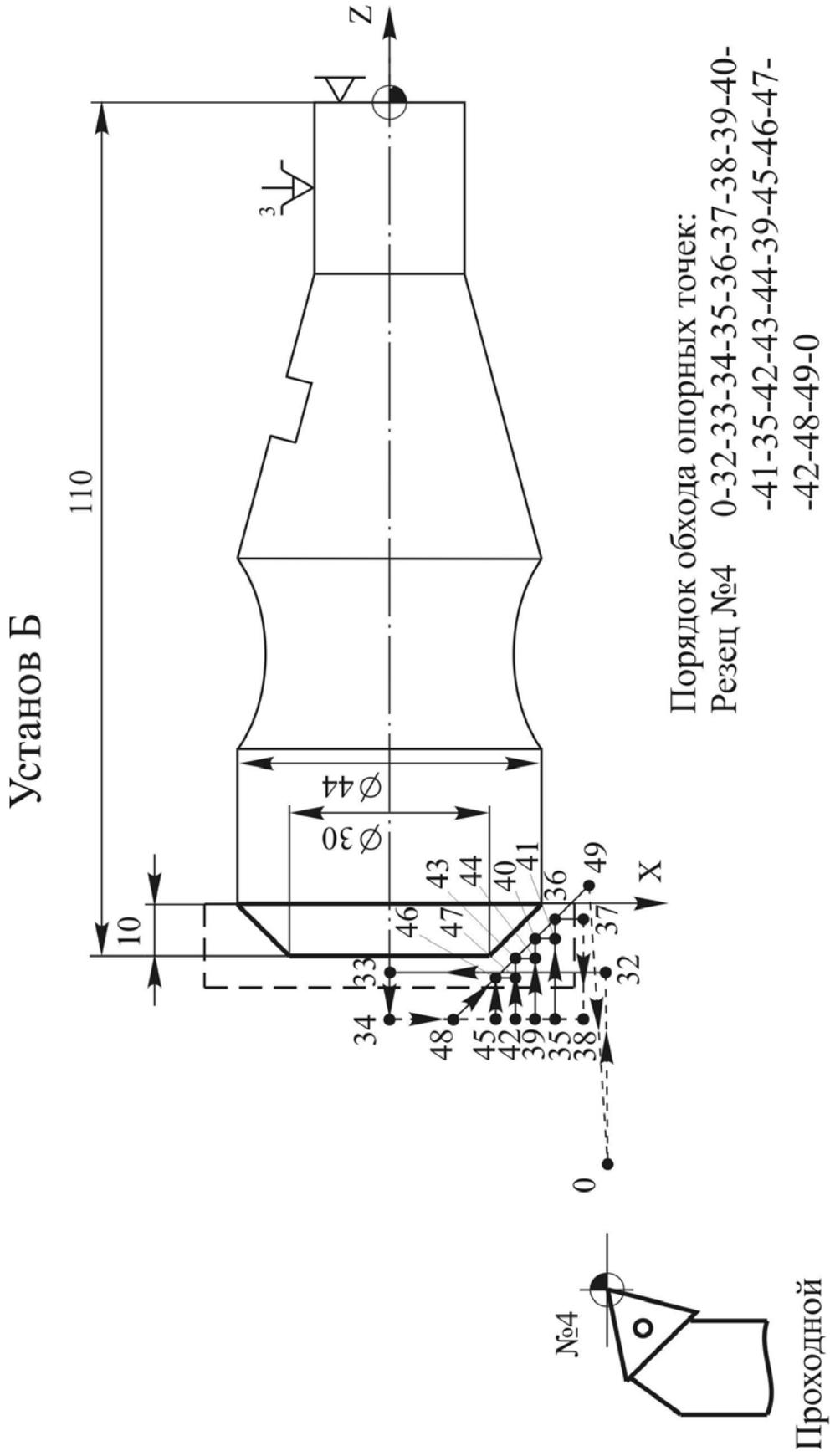


Рис. 4.1. Расчетно-технологическая карта токарной обработки на станке с ЧПУ

Лабораторная работа № 5
РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОПОРНЫХ ТОЧЕК И РАЗРАБОТКА
УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ
НА ТОКАРНОМ ОБРАБАТЫВАЮЩЕМ ЦЕНТРЕ С ЧПУ

5.1. Цель работы — практически освоить этапы подготовки управляющей программы: расчет координат опорных точек и программирование управляющей программы на токарном обрабатывающем центре NT4200DCG 1000S с системой ЧПУ MSX-711 III.

5.2. Порядок выполнения работы:

– для расчетно-технологической карты, разработанной при выполнении лабораторной работы № 4, произвести расчет координат опорных точек траектории инструмента и заполнить карту координат опорных точек.

– ознакомиться с командами, используемыми в системе ЧПУ MSX-711 III;

– записать программу в коде iso – 7bit на бланке;

– представить отчет по проделанной работе.

5.3. Методические указания

5.3.1. Заполнение таблицы координат опорных точек

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

5.3.1.2. При обточке фасок и конических участков из-за смещения режущей точки инструмента в значения координат опорных точек вводятся поправки в соответствии с формулами (табл. 5.1).

5.3.1.3. 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. NT4200DCG 1000S, должны быть выражены в мм. Скорости подач задаются в мм/об.

Полученные значения координат опорных точек перемещений и режимы резания заносятся в карту координат опорных точек (табл. 5.2).

5.3.2. Ознакомиться с командами, используемыми в системе ЧПУ MSX-711 III

5.3.2.1. Структура кадра управляющей программы в системе ЧПУ MSX-711 III.

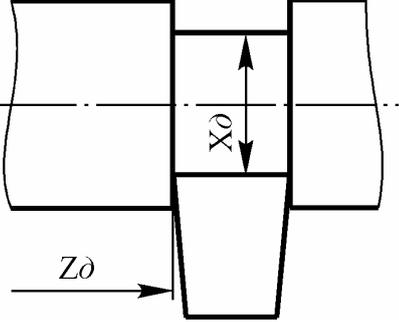
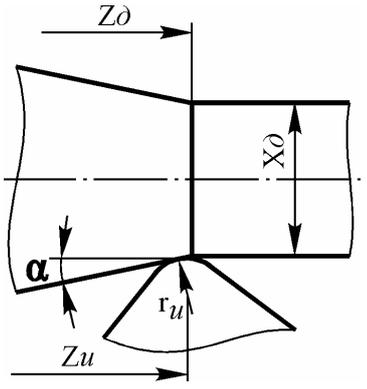
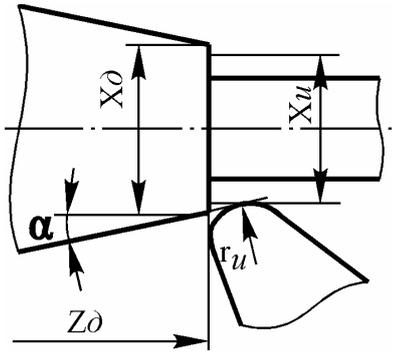
Кадр управляющей программы представляет собой последовательность команд записанных по условиям языка программирования для конкретной системы ЧПУ. Элементом кадра является слово. Слово состоит из адреса и последующего числового значения, например:

G1,

где G — адрес, 1 — числовое значение.

Таблица 5.1

Поправки при определении координат опорных точек

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

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.

5.3.2.2. Адреса, используемые для УЧПУ MSX-711 III:

N — номер кадра;

G — подготовительная функция;

X, Y, Z — команды на перемещение по осям станка в абсолютной системе координат;

U, V, W — команды на перемещение по осям станка в приращениях;

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

F — задание величины подачи;

S — задание оборотов шпинделя;

T — задание номера инструмента для поиска;

M — вспомогательная функция;

R — задание радиуса дуги окружности.

5.3.2.3. Номер кадра

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

Таблица 5.2

Карта координат опорных точек

Участок	Тип контура	Координаты конца участка			Подача
		X	Y	Z	
		мм	мм	мм	мм/об
1	2	3	4	5	6
0–1	прямая	50	0	5	10
1–2	прямая	5	0	5	0,12
2–3	прямая	5	0	7	10
3–4	прямая	48	0	7	10
4–5	прямая	48	0	–59	0,12
5–6	прямая	52	0	–59	0,12
6–7	прямая	52	0	7	10
7–8	прямая	42	0	7	10
8–9	прямая	42	0	–55	0,12
9–10	прямая	48	0	–55	0,12
10–4	прямая	48	0	7	10
4–11	прямая	36	0	7	10
11–12	прямая	36	0	–45	0,12
12–13	прямая	42	0	–45	0,12
13–8	прямая	42	0	7	10
8–14	прямая	30	0	7	10
14–15	прямая	30	0	–34	0,12

Окончание таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
15–16	прямая	36	0	–34	0,12
16–11	прямая	36	0	7	10
11–17	прямая	24	0	7	10
17–18	прямая	24	0	–23	0,12
18–5	прямая	48	0	–59	0,12
5–19	прямая	42	0	–72	0,12
19–20	прямая	48	0	–85	0,12
20–21	прямая	48	0	–100	0,12
21–22	прямая	52	0	–100	0,12
22–0	прямая	120	0	10	10
0–23	прямая	60	0	–59	10
23–5	прямая	48	0	–59	0,12
5–20	окружность	48	0	–85	0,12
20–24	прямая	60	0	–85	0,12
24–0	прямая	120	0	10	10
0–25	прямая	60	–35	10	20
25–26	прямая	60	–16	–39	20
26–27	прямая	24	–16	–44	20
27–28	прямая	24	–13	–44	20
28–29	прямая	24	13	–44	0,4
0–25	прямая	60	–35	10	20
25–26	прямая	60	–16	–39	20
26–27	прямая	24	–16	–44	20
27–28	прямая	24	–13	–44	20
28–29	прямая	24	13	–44	0,4
29–30	прямая	24	16	–44	20
30–31	прямая	60	16	–39	20
31–25	прямая	60	–35	10	20
25–0	прямая	120	0	10	20

5.3.2.4. Подготовительные функции

Содержание подготовительной функции определяется следующим за ней числовым значением. Подготовительные функции записываются под адресом G. Адрес G является модальным, то есть он остается неизменным до получения другого кода из той же группы, куда входит данный адрес. В одном кадре может находиться несколько подготовительных функций, 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;

G43 — коррекция на длину инструмента;

G49 — отмена коррекции на длину инструмента.

Коды шестой группы:

G53 — возврат к системе координат станка;

G54 – G59 — выбор координатной системы заготовки.

Коды седьмой группы:

G94 — задание подачи в мм/мин;

G95 — задание подачи в мм/об;

G96 — задание постоянной скорости резания в м/мин;

G97 — задание частоты вращения шпинделя в об/мин.

Коды восьмой группы:

G330 — возврат контр-шпинделя в ноль станка по оси А;

G361 — смена инструмента в инструментальном шпинделе.

Коды девятой группы:

G34 — режим работы шпинделей с синхронизацией частот вращения (синхронизацией фаз);

G35 — режим работы шпинделей с синхронизацией скоростей вращения;

G36 — отмена режимов синхронизации;

G38 — команда проверки выталкивания заготовки.

5.3.2.5. Адреса на перемещение по осям X, Y и Z

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

5.3.2.6. Адреса на перемещение по осям U, V и W

Адреса на перемещение инструмента U, V и W служат для определения направления и величины перемещения по соответствующим осям станка в приращениях. Адреса U, V и W являются модальными. Перемещения записываются в миллиметрах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

5.3.2.7. Расстояние до центра дуги окружности I, J и K

Данные адреса служат для задания координат центра окружности при круговой интерполяции. Адрес I соответствует координате X, адрес J — координате Y, адрес K — координате Z. Числовое значение

записывается в миллиметрах, при этом целая и дробная часть разделяются точкой.

5.3.2.8. Величина подачи F

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

G94 F50

Запрограммированная подача 0,5 мм/мин будет выглядеть:

G95 F0.5

5.3.2.9. Величина частоты вращения шпинделя и скорости резания S

Для задания частоты вращения шпинделя и скорости резания записываются по адресу S. В зависимости от заданного ранее слова G96 или G97 можно производить обработку с постоянной скоростью резания (частота вращения шпинделя автоматически изменяется от диаметра, обрабатываемой поверхности) или с постоянной частотой вращения шпинделя. Запрограммированная скорость резания 200 м/мин будет выглядеть:

G96 S200.

Запрограммированная частота вращения шпинделя 1000 об/мин будет выглядеть:

G97 S1000.

5.3.2.10. Задание номера инструмента T

Номер инструмента, записанный под адресом T, указывает номер ячейки инструмента в инструментальном магазине. Инструментальный магазин станка ТКП NT4200DCG 1000S имеет 31 позицию. Выбор инструмента, расположенного в третьей позиции будет осуществляться по команде:

T03

5.3.2.11. Вспомогательные функции

Вспомогательные функции записываются под адресом M и служат для запуска электроавтоматики станка. На системе ЧПУ MSX-711 III используются следующие адреса M:

M03 — пуск шпинделя по часовой стрелке;

M04 — пуск шпинделя против часовой стрелки;

M05 — останов шпинделя;

M06 — смена инструмента;

M10 — зажим главного шпинделя;

M11 — разжим главного шпинделя;

M13 — пуск инструментального шпинделя по часовой стрелке;

M14 — пуск инструментального шпинделя против часовой стрелки;

M19 — ориентация шпинделя;

M30 — конец программы;

M203 — пуск контр-шпинделя по часовой стрелке;
M204 — пуск контр-шпинделя против часовой стрелки;
M210 — зажим контр-шпинделя;
M211 — разжим контр-шпинделя;
M219 — ориентация контр-шпинделя;
M319 — ориентация инструментального шпинделя;
M436 — ориентация токарного инструмента для обработки в главном шпинделе;
M437 — ориентация токарного инструмента для обработки в контр-шпинделе.

5.3.2.12. Радиус дуги окружности R

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

5.3.3. Программирование обработки

5.3.3.1. Линейное перемещение

Необходимыми данными для линейного перемещения (см. рис. 2.2) являются:

– линейное перемещение задается словом 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);

– координатные перемещения вдоль осей U, V и W (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. Z45. F0.5

N2 X15.

N3 X20. Z60. F0.8

N4 U1.

N5 G00 W20.

5.3.3.2. Круговое перемещение

Необходимыми данными для кругового перемещения (см. рис. 2.3) 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 R);

– координаты конечной точки (записываются под адресами X, Y 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. R10.

5.3.3.3. Смена режущего инструмента

Станок NT4200DCG 1000S оснащен инструментальным шпинделем, служащим для установки и закрепления режущего инструмента. В инструментальный шпиндель устанавливается инструмент для токарной, фрезерной обработки и обработки отверстий.

Смена режущего инструмента осуществляется посредством слова G361. Запись кадра осуществляется следующим образом:

G361 B C D T,

Где B — угол оси B (угол поворота инструментального шпинделя вокруг оси Y) после смены инструмента (по умолчанию B=-90°);

C — подтверждение определения фактического зажима инструмента (C0 — выключение подтверждения, C1 — включение подтверждения);

D — вид инструмента в инструментальном шпинделе (D0 — осевой инструмент, D1 — токарный инструмент для обработки в основном шпинделе (выводится слово M436), D2 — токарный инструмент для обработки в контр-шпинделе (выводится слово M437));

T — установка времени подачи СОЖ.

Пример:

N1 T1001

N2 G54

N3 G361 B-90.0 D1. T5.

5.3.3.4. Перехват заготовки контр-шпинделем

Перехват заготовки контр-шпинделем осуществляется с целью обработки детали с противоположной стороны, исключая операцию переустановки.

Перехват заготовки (пруток) осуществляется в следующей последовательности:

- определение вида работы шпинделя:
 - а) с синхронизацией частот вращения шпинделей;
 - б) с синхронизацией скоростей вращения шпинделей;
- определение позиции подвода для передачи заготовки;
- определение проверки выталкивания заготовки;
- передача заготовки;
- отрезка заготовки;
- отмена работы шпинделей с синхронизацией;
- возврат контр-шпинделя в ноль станка;
- продолжение обработки детали.

Пример:

N1 M303	— программа обработки детали в главном шпинделе
...	
N10 G54	— выбор программируемого нуля детали
N11 G97 S1500 M3	— включение вращения шпинделя
N12 M35	— выбор режима работы шпинделей с синхронизацией скорости
N13 M211	— разжим кулачков контр-шпинделя
N14 G00 G28 U0 V0	— вывод инструментального шпинделя в ноль станка по осям X и Y
N15 G28 W0	— вывод инструментального шпинделя в ноль станка по оси Z
N16 B-90.0	— разворот инструментального шпинделя во избежание столкновения инструмента с контр-шпинделем
N17 G00 A0	— перемещение контр-шпинделя к точке подвода A
N18 G98 G01 A0 F500	— подвод контр-шпинделя к заготовке на подаче 500 мм/мин
N19 G38 A1 K5 F50 Q1	— проверка выталкивания заготовки
N20 M210	— зажим кулачков контр-шпинделя
...	— отрезка заготовки
N30 M36	— отмена режима синхронизации
N31 G59	— выбор программируемого нуля детали
N32 G330	— возврат контр-шпинделя в ноль станка
...	— программа обработки детали в контр-шпинделе

5.3.4. Запись программы обработки в коде iso-7bit

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 РТК (см. рис. 4.1) с координатами опорных точек (см. табл. 5.2), выглядит следующим образом:

	Установ А
G0 G28 U0 V0	— вывод инструментального шпинделя в 0
G28 W0	станка
T1 M6	— установка в инструментальный шпиндель инструмента из первой позиции магазина инструментов станка
G43 H1	— включение коррекции на вылет инструмента
G54	— выбор программируемого нуля детали
G97 S1000 M3	— включение вращения шпинделя
G96 S230	— включение постоянной скорости резания
X50. Z5.	— программа обработки детали инструментом №1 в главном шпинделе
G1 X5. F0.12	
G0 Z7.	
X48.	
G1 Z-59.	
X52.	
G0 Z7.	
X42.	
G1 Z-55.	
X48.	
G0 Z7.	
X36.	
G1 Z-45.	
X42.	
G0 Z7.	
X30.	
G1 Z-34.	
X36.	
G0 Z7.	
X24.	
G1 Z-23.	

X48. Z-59.	
X42. Z-72.	
X48. Z-85.	
Z-100.	
X52.	
G0 X120. Z10.	
M5	— выключение вращения шпинделя
G28 U0 V0	— вывод инструментального шпинделя в 0 станка
G28 W0	
T2 M6	— установка в инструментальный шпиндель инструмента из второй позиции магазина инструментов станка
G43 H2	— включение коррекции на вылет инструмента
G97 S1000 M3	— включение вращения шпинделя
G96 S230	— включение постоянной скорости резания
G0 X60. Z-59.	— программа обработки детали инструментом №2 в главном шпинделе
G1 X48. F0.12	
G3 Z-85. R25.	
G1 X60.	
G0 X120. Z10.	
M5	— выключение вращения шпинделя
G28 U0 V0	— вывод инструментального шпинделя в 0 станка
G28 W0	
T3 M6	— установка в инструментальный шпиндель инструмента из третьей позиции магазина инструментов станка
G43 H3	— включение коррекции на вылет инструмента
G97 S1000 M3	— включение вращения шпинделя
G96 S230	— включение постоянной скорости резания
G0 X60. Y-35. Z10.	— программа обработки детали инструментом №3 в главном шпинделе
Y-16. Z-39.	
X24. Z-44.	
Y-13.	
G94 G1 Y13. F200	
G0 Y16.	
X60. Z-39.	
Y-35. Z10.	
X120. Y0	
Перехват заготовки контр-шпинделем	
G97 S1500 M3	— включение вращения шпинделя
M35	— выбор режима работы шпинделей с син-

M211	хронизацией скорости
G0 G28 U0 V0	— разжим кулачков контр-шпинделя
G28 W0	— вывод инструментального шпинделя в ноль станка
B-90.0	— разворот инструментального шпинделя во избежание столкновения инструмента с контр-шпинделем
G0 A0	— перемещение контр-шпинделя к точке подвода А
G98 G01 A0 F500	— подвод контр-шпинделя к заготовке на подаче 500 мм/мин
M210	— зажим кулачков контр-шпинделя
M11	— разжим кулачков главного шпинделя
M36	— отмена режима синхронизации
G55	— выбор программируемого нуля детали
G330	— возврат контр-шпинделя в ноль станка

Установ Б

5.3.5. Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать расчетно-технологическую карту, карту координат опорных точек (прил. А), управляющую программу, записанную на бланке (прил. Б) в коде iso – 7bit.

Лабораторная работа № 6 НАЛАДКА ПЯТИКООРДИНАТНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ

6.1. Цель работы — практически освоить этапы наладки пятикоординатного фрезерного станка с ЧПУ модели NMV5000DCG.

6.2. Порядок выполнения работы:

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

6.3. Методические указания

6.3.1. Принципы наладки пятикоординатного фрезерного станка с ЧПУ модели NMV5000DCG

Наладка любого станка с ЧПУ заключается в определении положения инструмента в пространстве путем нахождения его вылетов относительно нуля станка и привязке этого инструмента (нуля инструмента) к точке на-

чала отсчета координат.

Наладка любого фрезерного станка производится в два этапа. Первый этап — привязка шпинделя станка к нулю детали. Второй этап — определение вылетов каждого инструмента, участвующего в обработке. Результатом наладки является получение координат нуля детали по осям X, Y и расстояний от нулей инструментов до нуля детали по оси Z. Полученные координаты заносятся в систему ЧПУ и вызываются в процессе отработки управляющей программы.

6.3.1.1. Привязка шпинделя станка к нулю детали

Особенностью наладки фрезерных станков является совмещение оси шпинделя и оси инструмента, установленного в него. Таким образом, нет необходимости привязки всех инструментов к нулю детали по осям X и Y, достаточно только совместить ось шпинделя с нулем детали и занести полученные координаты в функцию программируемого нуля G54-59. По оси Z шпиндель привязывается к нулю детали только при настройке инструмента вне станка.

Для определения нуля детали станок NMV5000DCG оснащен измерительной головкой с оптической передачей сигнала посредством инфракрасных лучей.

Определение нуля детали с помощью измерительной головки производится в следующей последовательности:

- установить измерительную головку в шпиндель станка;
- включить питание измерительной головки;
- выбрать схему измерения нуля детали в системе ЧПУ;
- произвести замер координат нуля детали с помощью измерительной головки;
- внести полученное значение в функцию G54-59;
- выключить питание измерительной головки;
- снять измерительную головку со станка или убрать в магазин инструментов.

6.3.1.1.1. Установка и снятие измерительной головки

Измерительная головка устанавливается в шпиндель станка и снимается, как режущий инструмент. Установка и снятие может производиться либо из магазина инструментов в автоматическом режиме, либо оператором станка с ЧПУ вручную.

6.3.1.1.2. Включение и выключение питания измерительной головки

Включение и выключение питания измерительной головки производится с помощью следующих команд:

M144 — включение питания;

M145 — выключение питания.

6.3.1.1.3. Выбор схемы измерения нуля детали

В системе ЧПУ MSX-711 III имеются три основных схемы измерения детали (табл.6.1). Схема измерения выбирается в зависимости от располо-

жения нуля детали (на приспособлении или непосредственно на самой детали). Для выбора схемы измерения нуля детали в системе ЧПУ необходимо выполнить следующие действия:

- открыть на экране системы ЧПУ окно “**Work offset**” последовательным нажатием клавиш “**Offset**” и “**Work offset**”;
- при помощи клавиш курсора выбрать схему измерения нуля детали.

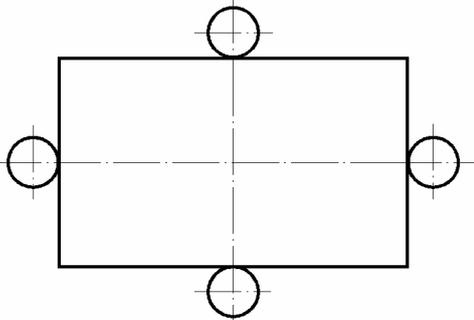
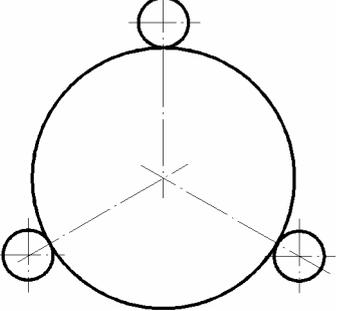
6.3.1.1.4. Замер координат нуля детали

Замер координат нуля детали, и последующая запись измеренных координат производится в следующей последовательности:

- произвести замер опорных точек подводом измерительной головки к измеряемым поверхностям до касания (во время касания загорается световая сигнализация на измерительной головке);
- нажать клавишу “**Measure**” для запоминания координат измерения;
- при помощи клавиш курсора выбрать функцию нулевой точки (G54-59), в которую будут записаны координаты измерения.

Таблица 6.1

Схемы измерения детали

Схема измерения	Комментарий
	Измерение базовой поверхности
	Измерение средней точки
	Измерение центра окружности

6.3.1.2. Определение вылетов инструментов

Определение вылетов инструментов является следующим этапом наладки станка с ЧПУ. Суть этого этапа заключается в совмещении нулей инструментов 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:

- в шпиндель станка установить измеряемый инструмент;
- на стол станка в зажимное приспособление устанавливается заготовка;
- к поверхности заготовки подводится до касания режущий инструмент;
- полученные координаты по оси Z записываются в корректор для соответствующего инструмента.

6.3.1.2.1. Установка и снятие режущего инструмента

Режущий инструмент устанавливается в шпиндель станка в автоматическом режиме из магазина инструментов либо вручную оператором станка с ЧПУ.

6.3.1.2.2. Ввод данных на коррекцию инструмента в систему ЧПУ

После проведения операции касания инструментом поверхности заготовки или другой поверхности, на которой расположен ноль детали, полученные координаты по оси Z вводятся в систему ЧПУ. Ввод координат осуществляется следующим образом:

- при помощи функциональной клавиши “**Offset**” выбирается функция “**Tool offset**”;
- при помощи клавиш курсора выбрать метод измерения коррекции на длину инструмента (метод 2);
- нажать клавишу “**Measure**” (измеренные данные внесутся в выбранный корректор).

6.3.2. Заполнение карты наладки

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

6.3.3. Отчет о работе

Отчет должен содержать заполненную карту наладки.

Лабораторная работа № 7

НАЛАДКА ТОКАРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА С ЧПУ

7.1. Цель работы — практически освоить этапы наладки токарного обрабатывающего центра с ЧПУ модели ТКП NT4200DCG 1000S.

7.2. Порядок выполнения работы:

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

7.3. Методические указания

7.3.1. Принципы наладки токарного обрабатывающего центра с ЧПУ модели ТКП NT4200DCG 1000S

Наладка любого станка с ЧПУ заключается в определении положения инструмента в пространстве путем нахождения его вылетов относительно нуля станка и привязке этого инструмента (нуля инструмента) к точке начала отсчета координат (нуля детали).

Наладка токарного обрабатывающего центра с ЧПУ производится в три этапа. Первый этап — привязка токарных резцов к нулю детали. Второй этап — привязка осевого вращающегося инструмента (фрезы, сверла, метчики и др.) к нулю детали. Третий этап — привязка контр-шпинделя к нулю детали. Результатом наладки является получение координат относительного положения нуля детали и нулей каждого инструмента, участвующего в обработке детали, по осям X, Y и Z. Полученные координаты заносятся в систему ЧПУ в таблицу корректоров и вызываются в процессе отработки управляющей программы.

7.3.1.1. Привязка токарных резцов к нулю детали

Привязка токарных резцов к нулю детали производится методом “пробных проходов”. Метод “пробных проходов” заключается в точном определении положения нуля инструмента (резца) относительно оси вращения заготовки путем точения цилиндрической поверхности с последующим замером полученного диаметра заготовки и определения положения нуля инструмента (резца) относительно нуля заготовки по оси Z.

Привязка режущего инструмента к нулю детали по оси Z (рис. 7.1) производится в следующей последовательности:

- установить привязываемый инструмент в инструментальный шпиндель;
- при помощи кнопки “**Толчковая подача**” подвести режущий инструмент на расстояние примерно 5 мм до поверхности трехкулачкового патрона (рис. 7.1);
- перевести перемещение инструментального шпинделя в режим “**маховик**”;
- подвести режущий инструмент при помощи маховика до соприкосновения главной режущей кромки с торцевой поверхностью трехкулачкового патрона и записать полученную координату L (рис. 7.1);

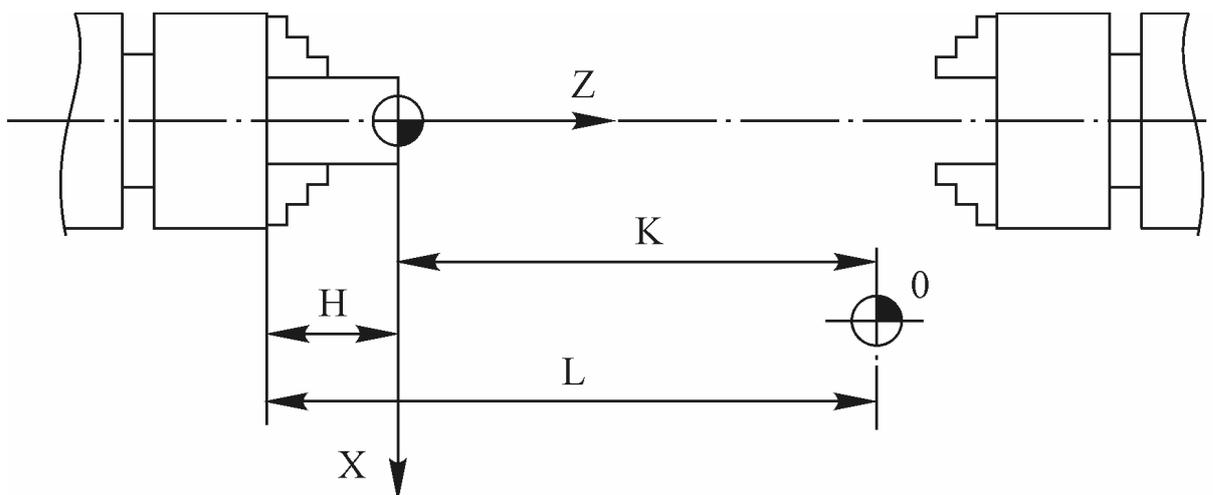


Рис. 7.1. Схема привязки режущего инструмента к нулю детали по оси Z

- для получения корректора K на вылет режущего инструмента по оси Z необходимо из полученной координаты L вычесть расстояние от базовой поверхности детали до нуля детали H;

- рассчитанный корректор K ввести в таблицу корректоров системы ЧПУ (ввод корректоров осуществляется в последовательности указанной в пункте 6.3.1.2.2).

Привязка режущего инструмента к нулю детали по оси X (рис. 7.2) методом “пробных проходов” производится в следующей последовательности:

- установить привязываемый инструмент в инструментальный шпиндель;

- перевести систему ЧПУ станка в режим “Преднабор” при помощи переключателя “MDI”;

- установить в трехкулачковый патрон цилиндрическую заготовку (пруток);

- запустить вращение шпинделя путем набора соответствующей команды в строке преднабора:

S500 M3;

- перевести систему ЧПУ станка в ручной режим при помощи переключателя “Jog”;

- при помощи маховика подвести режущий инструмент к поверхности 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;

- записать координату по оси X, на которой был произведен чистовой проход;

- перевести систему ЧПУ станка в режим “Преднабор” при помощи переключателя “MDI”;

– остановить вращение шпинделя станка путем набора соответствующей команды в строке преднабора:

M5;

– измерить полученный диаметр заготовки при помощи штангенциркуля;

– для получения корректора K на вылет инструмента по оси X необходимо полученный диаметр заготовки сложить с координатой X , на которой был произведен чистовой проход;

– рассчитанный корректор K ввести в таблицу корректоров системы ЧПУ (ввод корректоров осуществляется в последовательности указанной в пункте 6.3.1.2.2).

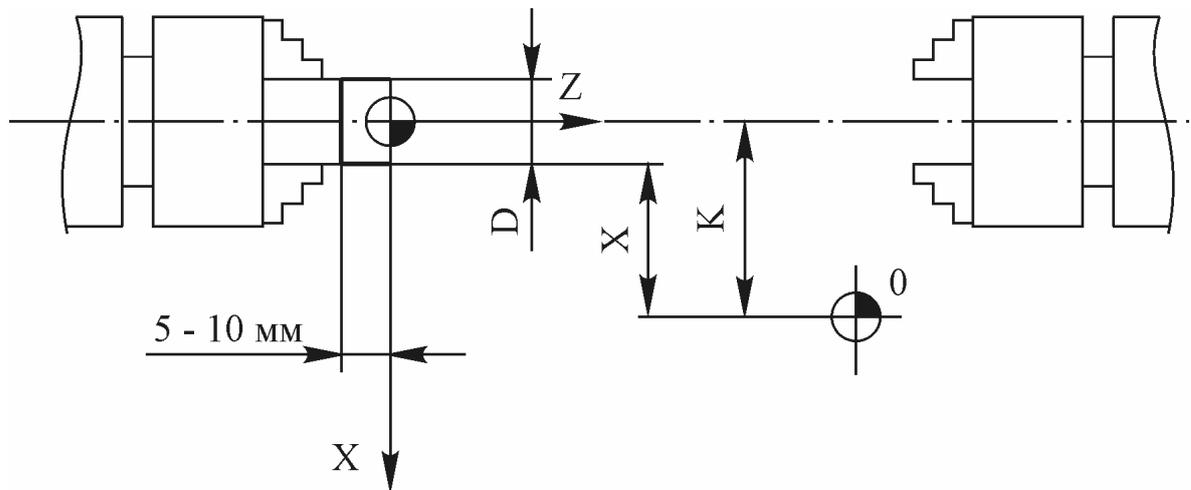


Рис. 7.2. Схема привязки режущего инструмента к нулю детали по оси X

7.3.1.2. Привязка осевого инструмента к нулю детали

Привязка осевого инструмента к нулю детали на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ модели ТКП NT4200DCG 1000S производится при помощи датчика настройки инструмента, установленного на станке. Датчик настройки инструмента имеет щуп с пластиной квадратного сечения. Привязка осуществляется путем касания режущей кромки инструмента и пластины. В момент касания сигнал от датчика поступает в систему ЧПУ и полученная координата записывается в таблицу корректоров.

Привязка режущего инструмента к нулю детали по оси Z производится в следующей последовательности:

– установить привязываемый инструмент в инструментальный шпиндель;

– при помощи кнопки “**Milling**” указать тип инструмента (фрезерный);

– при помощи кнопки “**Толчковая подача**” подвести режущий инструмент на расстояние 2 мм от пластины щупа;

– перевести перемещение инструментального шпинделя в режим “**маховик**”;

– при помощи маховика подвести режущий инструмент к пластине

щупа до появления звукового сигнала, значение коррекции вводится в таблицу корректоров системы ЧПУ.

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

- установить привязываемый инструмент в инструментальный шпиндель;
- при помощи кнопки “**Milling**” указать тип инструмента (фрезерный);
- при помощи микрометра измеряется диаметр режущего инструмента;
- при помощи кнопки “**Толчковая подача**” подвести режущий инструмент на расстояние 2 мм от пластины щупа;
- перевести перемещение инструментального шпинделя в режим “**маховик**”;
- при помощи маховика подвести режущий инструмент к пластине щупа до появления звукового сигнала, значение коррекции вводится в таблицу корректоров системы ЧПУ;
- для учета радиуса режущего инструмента при определении координаты вылета по оси X на экране “**Tool geometry offset**” вводится диаметр режущего инструмента в виде отрицательного значения X.

7.3.1.3. Привязка контр-шпинделя к нулю детали

Привязка к нулю детали контр-шпинделя осуществляется с целью его точного позиционирования при перехвате детали в процессе механической обработки. Привязка осуществляется в ручном режиме путем подвода контр-шпинделя к эталонной детали, установленной в главном шпинделе станка. Перемещение и позиционирование контр-шпинделя осуществляется по координате A. Для избежания повреждений детали и рабочих органов станка на поверхности трехкулачкового патрона контр-шпинделя расположен аварийный выключатель.

Привязка контр-шпинделя к нулю детали осуществляется в следующей последовательности:

- в трехкулачковый патрон главного шпинделя устанавливается эталонная деталь;
- в ручном режиме контр-шпиндель перемещается по оси A в положение перехвата заготовки;
- после соприкосновения датчика контакта контр-шпинделя с заготовкой с экрана “**Current position**” записывается полученная координата;
- на экране “**Work offset**” в поле для оси A вводится значение полученное на предыдущем этапе;
- для возврата контр-шпинделя в исходное положение задается команда G330.

7.3.2. Заполнение карты наладки

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

7.3.3. Отчет о работе

Отчет должен содержать заполненную карту наладки.

Лабораторная работа № 8 ПОДНАЛАДКА РЕЗЦОВОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ С ЧПУ

8.1. Цель работы — практически освоить методику компенсации погрешности базирования резцовой головки для контурного точения во фрезерном шпинделе станка при обработке деталей на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ модели ТКП NT4200DCG 1000S.

8.2. Порядок выполнения работы:

- измерить величину погрешности базирования резцовой головки во фрезерном шпинделе при обработке детали на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ;
- изобразить расчетную схему формирования погрешности базирования резцовой головки во фрезерном шпинделе станка;
- вычислить размер для подналадки резцовой головки;
- произвести подналадку резцовой головки на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ модели ТКП NT4200DCG 1000S;
- осуществить контроль корректности подналадки путем обработки контрольной детали;
- заполнить карту подналадки (прил. Д);
- представить отчет по проделанной работе.

8.3. Методические указания

8.3.1. Возникновение погрешности базирования резцовой головки для контурной обработки с углами в плане ($\phi_1=\phi_2$) во фрезерном шпинделе

Для контурной обработки деталей часто применяют резцовые головки с одинаковыми углами в плане ($\phi_1=\phi_2$) (рис. 8.1). Часто такие резцовые головки называют — нейтральными. Одним из основных достоинств обработки деталей на двухшпиндельном обрабатывающем центре с ЧПУ дополнительно оснащенным фрезерным шпинделем, является возможность изменения угла наклона резцовой головки (установленной во фрезерный шпиндель) в широком диапазоне. Это позволяет обрабатывать широкий спектр поверхностей детали, и вести последовательно обработку в обоих шпинделях одной резцовой головкой изменяя угол ее наклона (рис. 8.2),

что значительно расширят технологические возможности станка, сокращает номенклатуру режущего инструмента и увеличивает стойкость режущей пластины за счет поочередной работы ее режущих кромок.

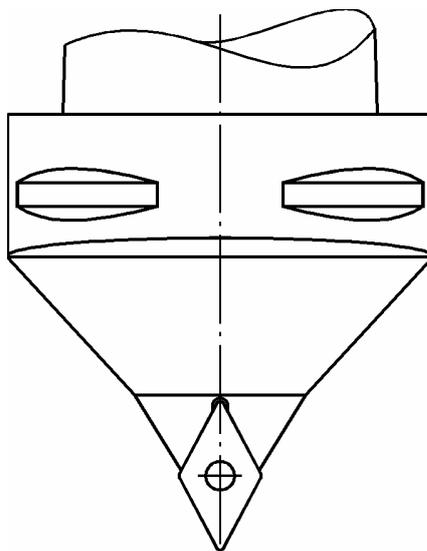


Рис. 8.1. Резцовая головка для контурной обработки ($\phi_1=\phi_2$)

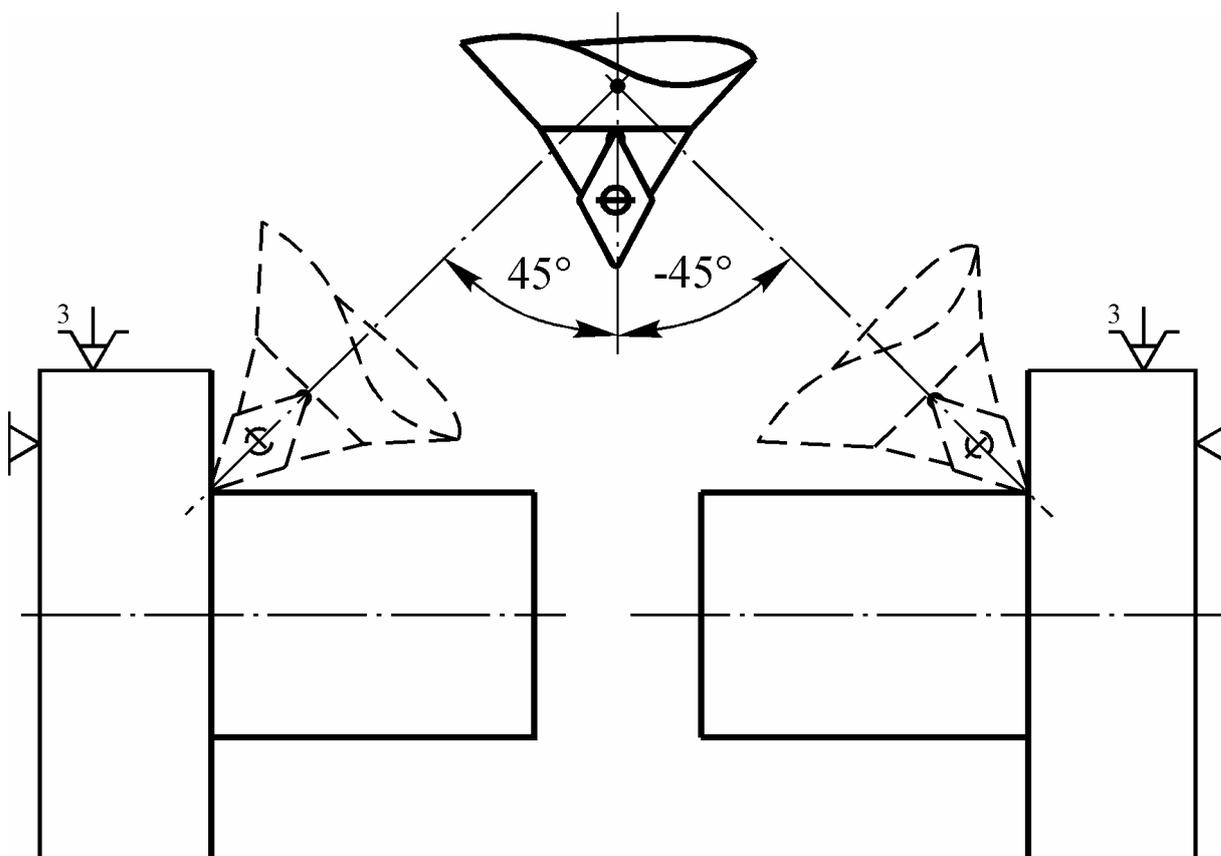


Рис. 8.2. Схема последовательной обработки детали в главном и контршпинделях резцовой головкой

В процессе механической обработки резцовой головкой возникают проблемы с обеспечением точности, поскольку при установке режущего инструмента во фрезерный шпиндель возникает погрешность базирования (рис. 8.3).

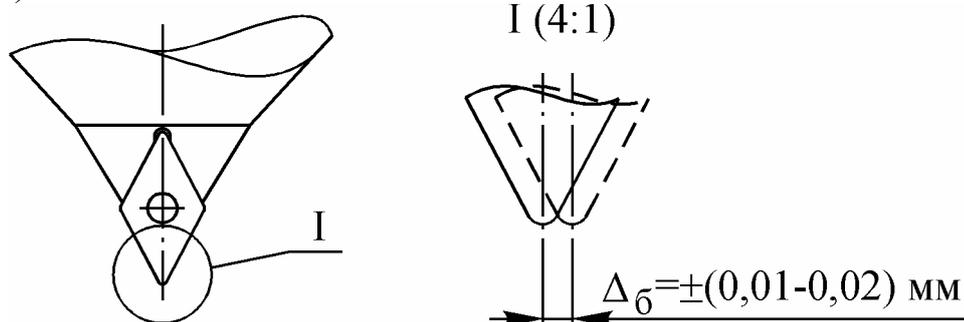


Рис. 8.3. Погрешность базирования резцовой головки во фрезерном шпинделе

Основными причинами возникновения погрешности базирования являются погрешности изготовления резцовых оправок, адаптеров и их износ. На рис. 8.4 представлена схема возникновения погрешности Δ_b при обработке детали резцовой головкой на двухшпиндельном токарном обрабатывающем центре с ЧПУ.

8.3.2. Измерение величины погрешности базирования резцовой головки во фрезерном шпинделе

Для получения исходных данных необходимых при расчете размера подналадки необходимо произвести пробное точение цилиндрических поверхностей заготовок закрепленных в главном и контр- шпинделях. Пробное точение производится в 9 этапов:

1) установить в главный и контр- шпиндели заготовки одинакового диаметра из легкообрабатываемого материала (для минимизации погрешностей, возникающих при упругих деформациях технологической системы СПИД в процессе механической обработки), например, дюраль алюминия Д16Т диаметром $D_3=30$ мм;

2) установить во фрезерный шпиндель резцовую головку для контурной обработки с одинаковыми (основным и вспомогательным) углами в плане;

3) осуществить привязку резцовой головки к нулю детали (см. лабораторную работу №7);

4) сориентировать резцовую головку для точения заготовки в главном шпинделе (угол поворота резцовой головки $B=45^\circ$) в размер $D=29$ мм (для заготовки диаметром $D_3=30$ мм);

5) проточить заготовку в главном шпинделе на длину $l=10$ мм (длина точения выбирается исходя из удобства последующего измерения диаметра обработанной поверхности) (см. рис. 8.2);

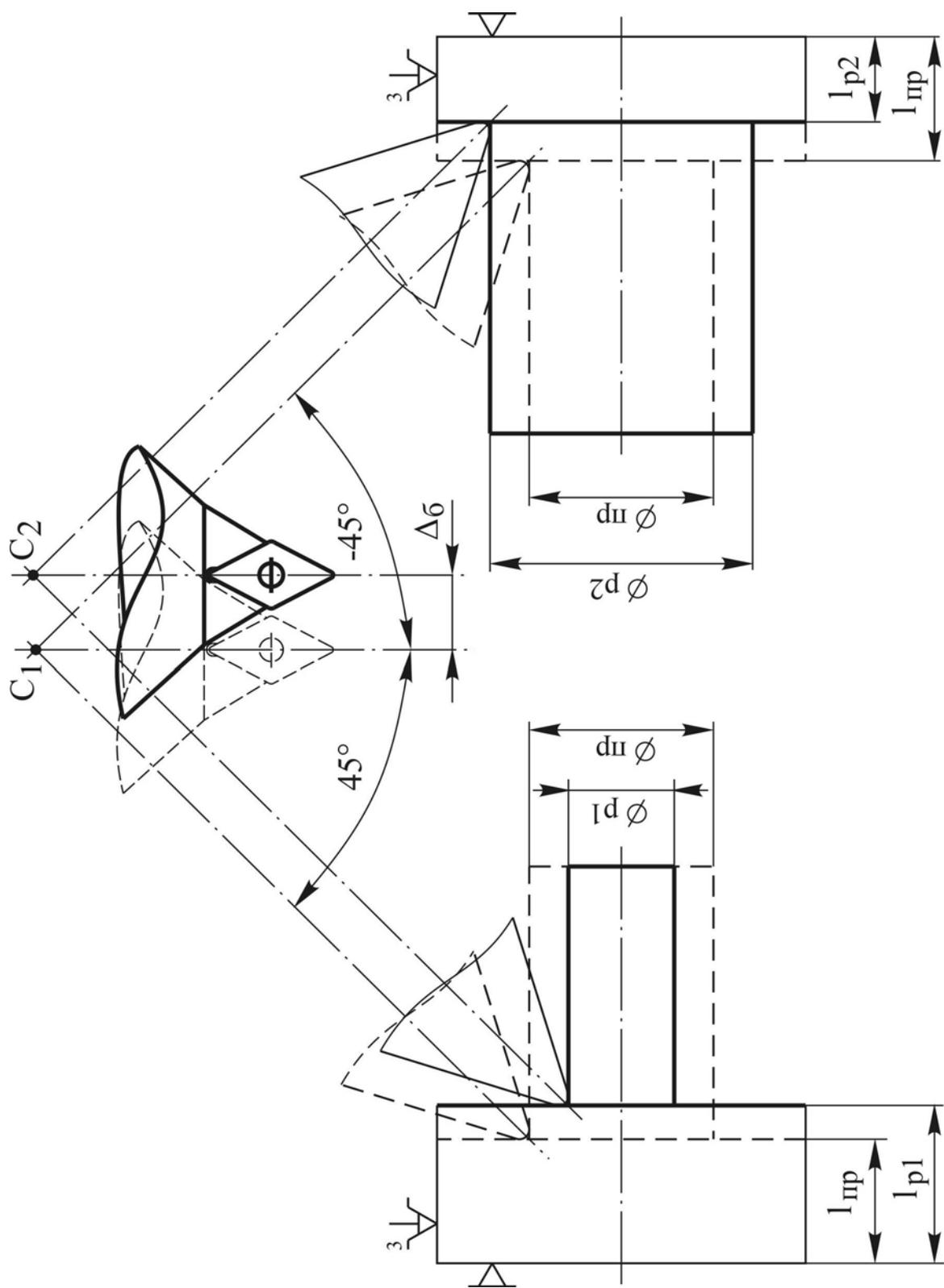


Рис. 8.4. Схема возникновения погрешности обработки от погрешности базирования резцовой головки во фрезерном шпинделе

6) отвести фрезерный шпиндель в безопасную позицию только по оси Z (безопасное расстояние должно обеспечивать возможность безопасного поворота фрезерной головки вокруг оси В);

7) сориентировать резцовую головку для точения заготовки в контр-шпинделе (угол поворота резцовой головки $B=-45^\circ$) в размер $D=29$ мм (для заготовки диаметром $D_3=30$ мм);

8) проточить заготовку в контр-шпинделе на длину $l=10$ мм (длина точения выбирается исходя из удобства последующего измерения диаметра обработанной поверхности) (см. рис. 8.2);

9) отвести фрезерный шпиндель в безопасную позицию для обеспечения возможности замера полученных диаметральных размеров.

После осуществления пробного точения цилиндрических поверхностей заготовок в главном и контр-шпинделях производится замер полученных диаметральных размеров p_1 и p_2 (см. рис. 8.4).

8.3.2. Определение размера подналадки резцовой головки

Для определения размера подналадки резцовой головки $\Delta_{\text{комп}}$ на рис. 8.5 представлена расчетная схема. Согласно расчетной схеме (рис. 8.5) суммарная погрешность при обработке заготовок в главном и контр-шпинделях $\Delta_{\text{обр}}$ рассчитывается по итогам измерения диаметров p_1 и p_2 (см. рис. 8.4) заготовок после пробного точения по формуле:

$$\Delta_{\text{обр}} = \frac{p_1 - p_2}{2}.$$

При этом положительное или отрицательное значение $\Delta_{\text{обр}}$ показывает направление подналадки. $\Delta_{\text{обр}}$ со знаком «+» — смещение в положительном направлении оси Z, $\Delta_{\text{обр}}$ со знаком «-» — смещение в отрицательном направлении оси Z.

Размер подналадки резцовой головки определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{комп}} = \frac{\Delta_{\text{обр}}}{2 \cdot \cos \alpha_H},$$

где α_H — угол наклона фрезерного шпинделя, град.

8.3.3. Подналадка резцовой головки на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ модели ТКП NT4200DCG 1000S

Подналадка резцовой головки на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ модели ТКП NT4200DCG 1000S осуществляется путем введения поправки на величину $\Delta_{\text{комп}}$ по оси Z в таблицу корректоров. Знак поправки, вносимой в таблицу корректоров, зависит от направления погрешности базирования (со знаком «+» — смещение в положительном направлении оси Z, со знаком «-» — смещение в отрицательном направлении оси Z).

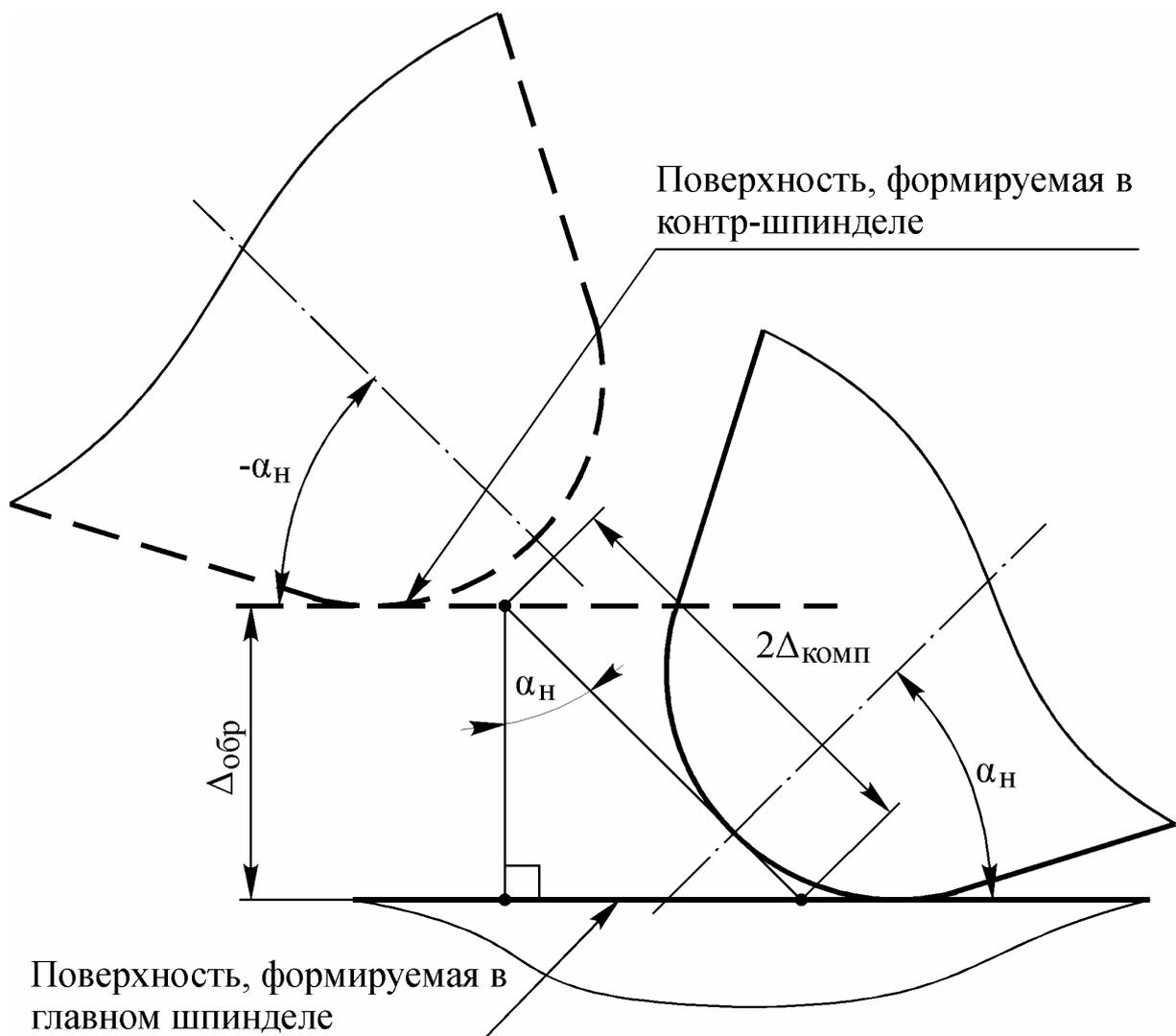


Рис. 8.5. Расчетная схема для определения размера подналадки $\Delta_{\text{КОМП}}$

8.3.4. Контроль корректности подналадки

После подналадки резцовой головки необходимо осуществить проверку корректности произведенного расчета. Проверка производится путем пробного точения заготовок в главном и контр-шпинделях описанной в п. 8.3.2. После осуществления пробного точения цилиндрических поверхностей заготовок производится замер полученных диаметральных размеров.

8.3.5. Заполнение карты подналадки

После произведенных замеров и расчетов полученные данные вносятся в карту подналадки (прил. Д).

8.3.6. Отчет о работе

Отчет должен содержать расчетную схему, таблицу с результатами измерений, расчет размера подналадки и карту подналадки.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Карта координат опорных точек

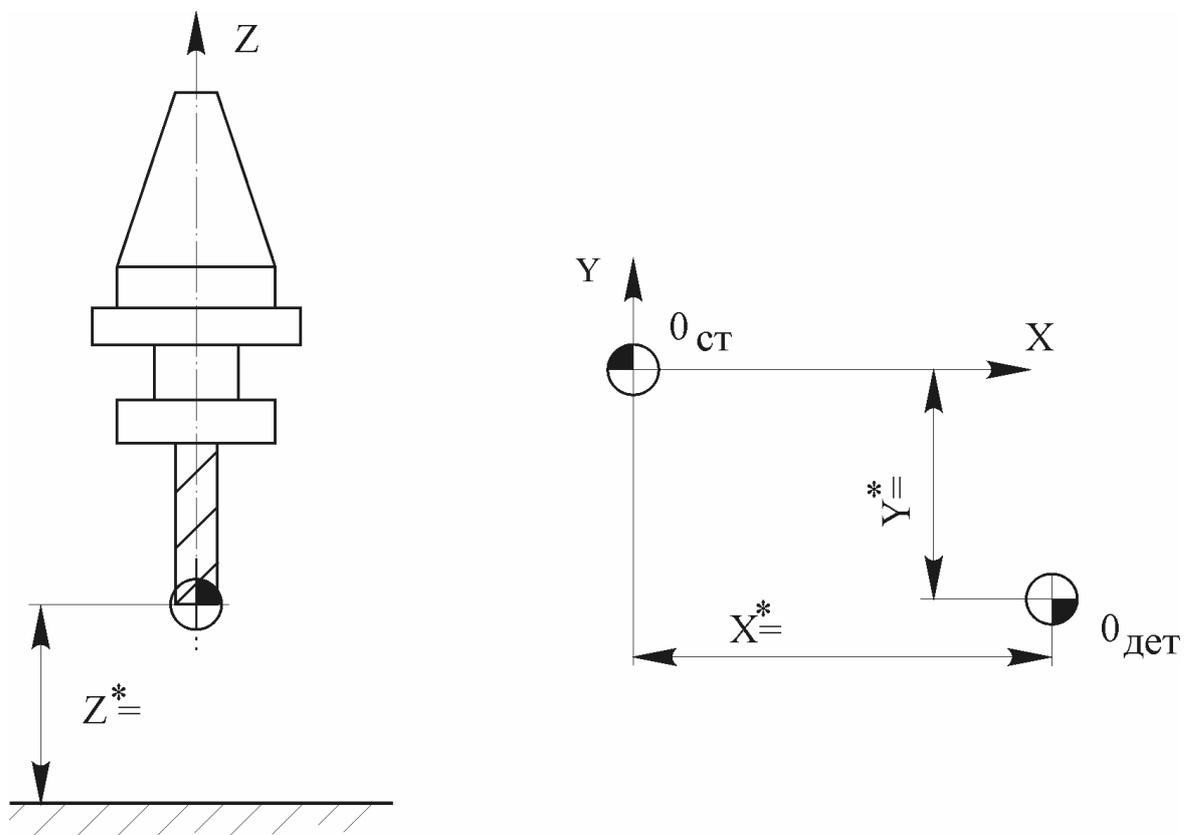
Участок	Тип контура	Координаты конца участка			Подача
		X	Y	Z	мм/об
		мм	мм	мм	

Бланк управляющей программы

Текст управляющей программы	Пояснения

Карта наладки инструмента

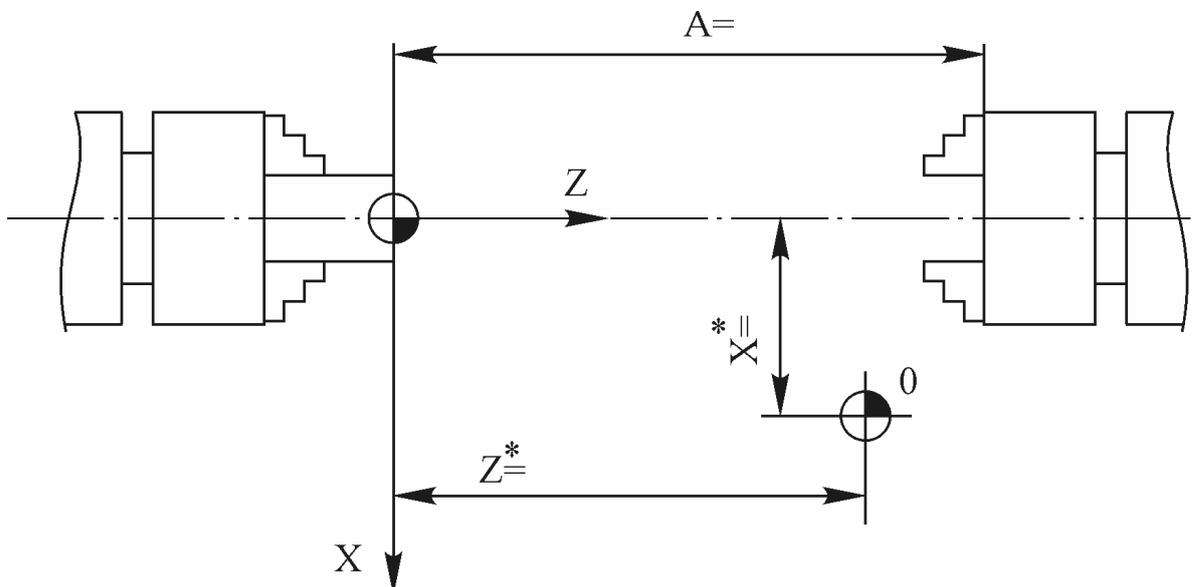
Карта настройки инструмента	Станок	NMV5000DCG
-----------------------------	--------	------------



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

Карта наладки инструмента

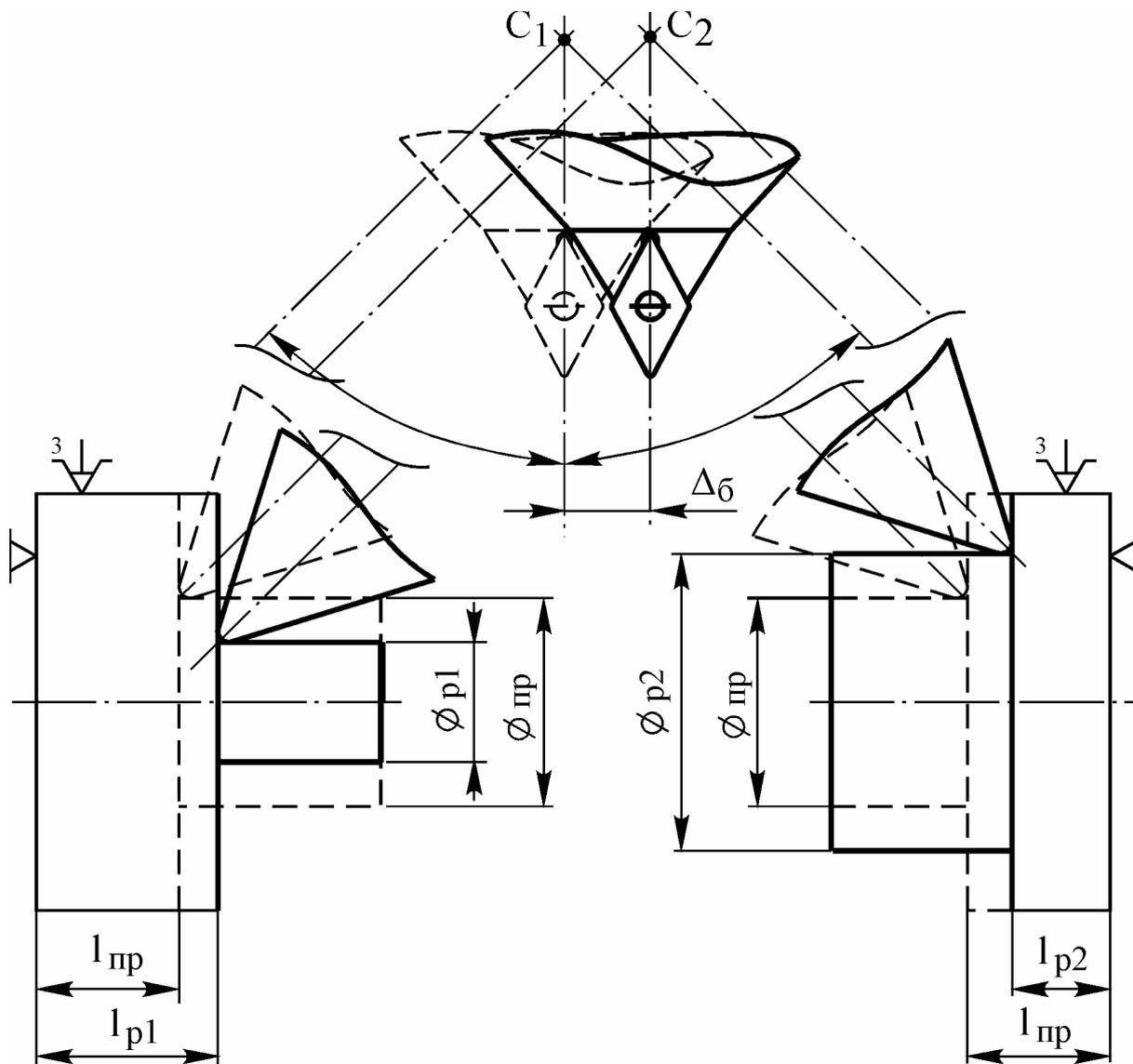
Карта настройки инструмента	Станок	NT4200DCG 1000S
-----------------------------	--------	--------------------



Инструмент		Координаты вершины инструмента	
		X	Z
Резец подрезной контурный	ГОСТ		
Резец отрезной	ГОСТ		

Карта подналадки

Карта подналадки инструмента	Станок	NT4200DCG 1000S
------------------------------	--------	--------------------



Параметр	Значение
$l_{пр}$, мм	
$\varnothing_{пр}$, мм	
$l_{р1}$, мм	
$l_{р2}$, мм	
$\varnothing_{р1}$, мм	
$\varnothing_{р2}$, мм	
$\Delta б$, мм	

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1	
Проектирование технологической операции обработки детали на пятикоординатном фрезерном станке с ЧПУ	3
Лабораторная работа № 2	
Расчет координат опорных точек и разработка управляющей программы для обработки на пятикоординатном фрезерном станке с ЧПУ	7
Лабораторная работа № 3	
Расчет эффективной траектории концевой сферической фрезы при обработке криволинейной поверхности.....	16
Лабораторная работа № 4	
Проектирование технологической операции обработки детали на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ	26
Лабораторная работа № 5	
Расчет координат опорных точек и разработка управляющей программы для обработки на токарном обрабатывающем центре с ЧПУ	32
Лабораторная работа № 6	
Наладка пятикоординатного фрезерного станка с ЧПУ	43
Лабораторная работа № 7	
Наладка токарного обрабатывающего центра с ЧПУ.....	46
Лабораторная работа № 8	
Подналадка резцовой головки для контурной обработки деталей на токарных обрабатывающих центрах с ЧПУ	51
Приложения.....	57

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА МНОГОКООРДИНАТНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Техн. редактор А.В. Миних

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать . .2013. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ / .

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