

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
дневной формы обучения*

Часть 1



Могилев 2018

УДК 621.9.06:004
ББК 34.63:32.81
В 78

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «10» октября 2017 г.,
протокол № 2

Составители: канд. техн. наук, проф. А. А. Жолобов;
канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко;
канд. техн. наук, доц. С. Н. Хатетовский;
канд. техн. наук, доц. В. М. Шеменков

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Даны задания к проведению лабораторных занятий по дисциплине «Высокоэффективные технологии и оборудование современных производств», методические рекомендации, а также приведены варианты заданий.

Учебно-методическое издание

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Часть 1

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Технический редактор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2018



Содержание

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ ...	4
1 Лабораторная работа № 1. Программирование и настройка токарного центра HAAS ST20Y на обработку ступенчатых валов, отработка программы	6
2 Лабораторная работа № 2. Программирование и настройка токарного центра HAAS ST20Y на обработку ступенчатых деталей со шпоночными пазами и отверстиями на боковой поверхности.....	23
3 Лабораторная работа № 3. Программирование и настройка фрезерного центра Super Mini Mill на обработку призматической детали, отработка программы.....	29
4 Лабораторная работа № 4. Программирование и настройка фрезерного центра Super Mini Mill на 4-координатную обработку деталей, отработка программы.....	40
Список литературы.....	45



Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ

Общие требования безопасности

1 Допуск студентов к лабораторным занятиям производится только после инструктажа по технике безопасности, о чем делается соответствующая запись в специальном журнале. Получивший инструктаж подтверждает его проведение своей личной подписью.

2 При проведении лабораторных работ и лабораторного практикума необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

3 Учащиеся должны быть внимательными и дисциплинированными, точно выполнять указания преподавателя.

4 Пребывание учащихся в лаборатории разрешается только в присутствии преподавателя.

Требования безопасности перед началом работы

1 Внимательно изучить содержание и порядок проведения лабораторной работы или лабораторного практикума, а также безопасные приемы его выполнения.

2 В случае неисправности станка и оборудования немедленно сообщить об этом преподавателю и до ее устранения к работе не приступать (работать на неисправных и на не имеющих необходимых защитных ограждений станках запрещается).

3 Перед каждым включением станка предварительно убедиться, что его пуск никому не угрожает опасностью.

Требования безопасности во время работы

1 Точно выполнять все указания преподавателя при проведении лабораторной работы, без его разрешения не производить самостоятельно никаких работ.

2 Не прикасаться к находящимся под напряжением элементам электрической цепи, к корпусам стационарного электрооборудования, не производить переключений в цепях до отключения источника тока.

3 Постоянно наблюдать за работой станка с ЧПУ в процессе работы.

4 Перед установкой деталей на станок удалять заусенцы. При установке инструмента проверять его исправность. Перед пуском станка убедиться, что его пуск не угрожает опасностью.

5 Запрещается во время работы станка снимать ограждения и предохранительные устройства, а также держать их открытыми. Во время работы не касаться руками вращающихся частей станка, деталей и инструмента, не вводить руки в зону движения детали и режущего инструмента.



6 Все подготовительные работы на станках с ЧПУ проводить в их обесточенном состоянии или в режиме «Наладка».

7 Необходимо устанавливать только те детали, масса и габариты которых соответствуют паспортным данным станка. Детали должны устанавливаться правильно и надежно закрепляться.

8 При обнаружении неисправности в работе электрических устройств, находящихся под напряжением, повышенном их нагревании, появлении искрения, запаха горелой изоляции и т. д. немедленно отключить источник электропитания и сообщить об этом преподавателю.

Требования безопасности по окончании работы

1 Полностью выключить станки и оборудование.

2 Привести в порядок рабочее место: убрать станок от стружки, окалины и грязи; вытереть станок и другое оборудование.

3 Предупредить преподавателя обо всех, даже малейших и незначительных, неисправностях станка и оборудования.



1 Лабораторная работа № 1. Программирование и настройка токарного центра HAAS ST20Y на обработку ступенчатых валов, отработка программы

Цель лабораторной работы: ознакомление с основными узлами и элементами токарного станка с ЧПУ; приобретение практических навыков управления токарным станком с ЧПУ, разработки и отладки управляющих программ для деталей типа «валов» (работа рассчитана на 4 академических часа).

Техническое обеспечение. Токарный обрабатывающий центр HAAS ST20Y.

Содержание работы. Разработка программы токарной обработки деталей типа «вал», ознакомление с особенностями СЧПУ HAAS, с особенностями наладки токарных станков с ЧПУ на работу по управляющей программе.

1.1 Сведения о органах управления станком

Пульт управления токарным станком с ЧПУ HAAS показан на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Пульт управления токарным станком

Функциональное назначение клавиш пульта управления приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Общий вид и назначение органов управления станком

Общий вид	Функциональное назначение
1	2
<i>Функциональные клавиши</i>	
	Сбросить сигнал об ошибке/Удалить введенный текст/Прервать программу/Прервать пробный прогон программы
	Переместится в исходное положение по всем осям для инициализации СЧПУ/Переместиться в нуль станка по всем осям
	Выбрать режим восстановления автоматического устройства смены инструмента (АУСИ)
	Выполнить функции в зависимости от контекста
	Записать коррекцию длины инструмента (предварительно выбрать окно коррекции длины инструмента и перейти в ячейку записи)
	Выбрать следующий инструмент для АУСИ
	Разжать инструмент в режиме MDI, ZERO RET, HAND JOG
	Записать коррекцию нуля детали по оси (предварительно выбрать окно коррекции нуля детали и перейти в ячейку записи)
<i>Клавиши толчковых движений</i>	
	Запустить опциональный шнек удаления стружки в прямом направлении
	Остановить опциональный шнек удаления стружки
	Запустить опциональный шнек удаления стружки в обратном направлении
	Выбрать ось (нажать и отпустить)/Переместиться по оси (предварительно выбрать режим HAND JOG, нажать JOG LOCK)/Переместиться по оси в режиме HAND JOG (нажать и удерживать). Для выбора +B/-B предварительно нажать и отпустить SHIFT
	Блокировать/Разблокировать толчковое перемещение по оси
	Переместить вверх опциональное программируемое сопло СОЖ
	Переместить вниз опциональное программируемое сопло СОЖ
	Включить/Отключить опциональную систему охлаждения шпинделя
<i>Клавиши ручной коррекции</i>	
	Уменьшить/Увеличить текущую подачу на 10 %
	Установить запрограммированную подачу
	Уменьшить/Увеличить текущую скорость вращения шпинделя на 10 %
	Установить запрограммированную скорость вращения шпинделя
	Переключить маховичок на изменение подачи с приращением ± 1 %
	Переключить маховичок на изменение скорости вращения шпинделя с приращением ± 1 %
	Вращать шпиндель в направлении/против хода часовой стрелки
	Остановить шпиндель
	Ограничить скорость быстрых перемещений долей максимально возможного значения
<i>Клавиши дисплея</i>	
	Выбрать окно активной программы/Выбрать окно неактивной программы

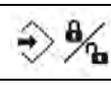
Продолжение таблицы 1.1

1	2
	Выбрать окно координат/Переключить окно координат
	Выбрать окно коррекции нуля детали/Выбрать окно коррекции длины инструмента
	Выбрать окно текущих команд
	Выбрать окно сигналов об ошибках/Выбрать окно сообщений
	Выбрать окно параметров/Выбрать окно данных диагностики
	Выбрать окно настроек/Выбрать графическое окно
	Выбрать окно справки, калькулятора и т. п./Активизировать окно помощи
<i>Клавиши курсора</i>	
	Переместиться в верхнюю позицию по окну/Активизировать область просмотра графического окна
	Переместиться на одну позицию вверх/вниз по окну/Выполнить поиск в программе в режиме MDI, EDIT, MEM предварительно введенного текста в направлении к началу/концу программы
	Переместиться на одну позицию влево/вправо по окну
	Переместиться на одну страницу вверх/вниз по окну/Переключить окно
	Переместиться в нижнюю позицию по окну
<i>Буквенные клавиши</i>	
	Выбрать другой регистр (нажать и отпустить)/Активировать ввод строчных символов (нажать и удерживать)
	Ввести символ конца блока/Ввести символ «/» (предварительно нажать SHIFT)
<i>Клавиши режимов</i>	
	Выбрать режим редактирования активной программы/Выбрать режим редактирования неактивной программы.
	Вставить введенный текст в позицию после выделенного элемента программы/Вставить копию выделенного текста программы (предварительно клавишами курсора или HANDLE JOG указать позицию, после которой предполагается вставить копию текста)/Создать каталог на внешнем носителе памяти (предварительно выбрать носитель и набрать имя каталога)
	Заменить выделенный элемент программы на введенный текст/Переместить выделенный текст программы (предварительно клавишами курсора или HANDLE JOG указать позицию, после которой предполагается вставить текст)/Изменить номер выделенной программы в режиме LIST PROG (предварительно ввести новое имя)/Изменить номер программы (предварительно ввести номер программы)/Сохранить программу в режиме MDI как нумерованную (предварительно нажать HOME , ввести имя программы)
	Удалить выделенный элемент программы/Удалить выделенный текст программы
	Отменить до 9 последних изменений, внесенных в программу/Отменить выделение текста программы
	Выбрать режим активной программы
	Включить/Выключить покадровый режим

Продолжение таблицы 1.1

1	2
	Выбрать режим пробного прогона программы (предварительно выбрать режим МЕМ или MDI)
	Включить/Выключить дополнительный останов программы
	Включить/Выключить опцию удаления блока
	Выбрать режим ручного ввода данных (MDI)/Выбрать режим группового числового управления (DNC)
	Включить/Выключить подачу СОЖ
	Ориентировать шпиндель и зажать его
	Переместить АУСИ вперед/назад
	Выбрать режим толковой подачи
	Задать величину толковой подачи (скорость подачи в режиме DRY RUN). Верхние числа в режиме дюймовых измерений задают величину скорости подачи на каждый щелчок маховичка. При работе станка в режиме миллиметровых измерений при толковой подаче верхнее число умножается на десять. Нижнее число используется в режиме DRY RUN
	Выбрать режим возврата
	Переместиться в исходное положение по всем осям (при инициализации СЧПУ)/Переместиться в нуль станка по всем осям.
	Установить выделенную координату в нуль/Активировать меню для работы с таблицей (предварительно выделить ячейку таблицы)
	Переместится в исходное положение по одной оси для инициализации СЧПУ (предварительно нажать клавишу с маркером оси)/Переместится в нуль станка по одной оси (предварительно нажать клавишу с маркером оси)
	Переместится в нуль станка/Переместится в нуль станка по одной оси (предварительно нажать клавишу с маркером оси)
	Выбрать режим списка нумерованных программ
	Сделать выделенную нумерованную программу активной/Создать нумерованную программу (предварительно выбрать носитель памяти, ввести имя программы)/Редактировать выделенную нумерованную программу (предварительно нажать EDIT для перехода в окно активной или неактивной программы)/Использовать как горячую клавишу в многофункциональном редакторе программ
	Стереть выделенную нумерованную программу/Стереть нумерованную программу, имя которой предварительно введено (предварительно выбрать носитель памяти)/Стереть выбранные нумерованные программы/Стереть все нумерованные программы (предварительно выделить пункт ALL в списке нумерованных программ)/Стереть программу в режиме MDI/ Использовать как горячую клавишу в многофункциональном редакторе программ
<i>Цифровые клавиши</i>	
	Удалить последний введенный символ/Сбросить активный элемент управления окном

Продолжение таблицы 1.1

1	2
	Записать введенный текст в последующую позицию относительно выделенного элемента программы/Записать введенное значение параметра/Активировать выделенный элемент управления окном/Выбрать выделенную нумерованную программу/Активировать область просмотра в графическом окне /Создать нумерованную программу в режиме LIST PROG /Выделить текст программы в режиме EDIT/Вставить копию выделенного текста программы в режиме EDIT
<i>Функциональные клавиши токарного станка</i>	
	Используется для записи коррекции смещения инструмента на странице коррекции при настройке детали
	Используется для переключения между режимами толчковой подачи оси X и оси Z
	Используется для записи коррекции смещения инструмента оси Z на странице коррекции при настройке детали
	Увеличивает скорость задней бабки при одновременном нажатии с другими клавишами перемещения задней бабки
	Перемещение задней бабки
	Ось будет перемещаться в выбранном направлении с максимальной скоростью толчковой подачи
	Вращает шпиндель со скоростью, заданной настройкой 98 (скорость вращения подвода шпинделя)
	Последовательно вращает револьверную головку вперед/назад к следующему инструменту. Если в строке ввода ввести Tnp, револьверная головка переместится к инструменту np
<i>Отдельные органы управления</i>	
	POWER ON/ POWER OFF Включить/Выключить станок
	EMERGENCY STOP Остановить перемещения по всем осям, остановить шпиндель и устройство смены инструмента, выключить подачу СОЖ
	HANDLE JOG Переместиться по оси в режиме HAND JOG/Переместиться по окну/ Указать границу выделяемого текста программы в режиме EDIT/Указать позицию, после которой предполагается вставить выделенный текст или копию выделенного текста в программе (режим EDIT)
	CYCLE START Запустить программу в режиме MDI или MEM/Запустить программу в режиме MEM, MDI, DNC (предварительно выбрать графическое окно)/Запустить активную программу в графическом окне (предварительно выбрать режим EDIT)
	FEED HOLD Остановить перемещения по всем осям
	USB Подключить внешнее устройство
	MEMORY LOCK Включить/Отключить защиту данных от изменения

Окончание таблицы 1.1

1	2
	SETUP MODE Блокировать/Разблокировать защитные функции станка
	SECOND HOME Ускоренно переместиться в точку с координатами, заданными в G154 P20
	AUTODOOR OVERRIDE Открыть/Закрыть опциональную автоматическую дверь
	WORKLIGHT Включить/Отключить опциональные внутренний светильник рабочей зоны и освещение высокой яркости

Клавиши  используются в графическом окне для перемещения области просмотра вверх, вниз, влево, вправо, а также для увеличения области просмотра и ее уменьшения соответственно (предварительно выбрать графическое окно, нажать **F2**).

Клавиши курсора и **HANDLE JOG** используются для указания границы выделяемого текста программы в режиме EDIT (предварительно нажать **F2**), а также для указания позиции, после которой предполагается вставить выделенный текст или копию выделенного текста в программе.

1.2 Привязка инструмента

1.2.1 Ссылочные точки.

Нуль инструмента  – это начало системы координат инструмента. В этой системе определяется положение режущих кромок рисунок 1.2.

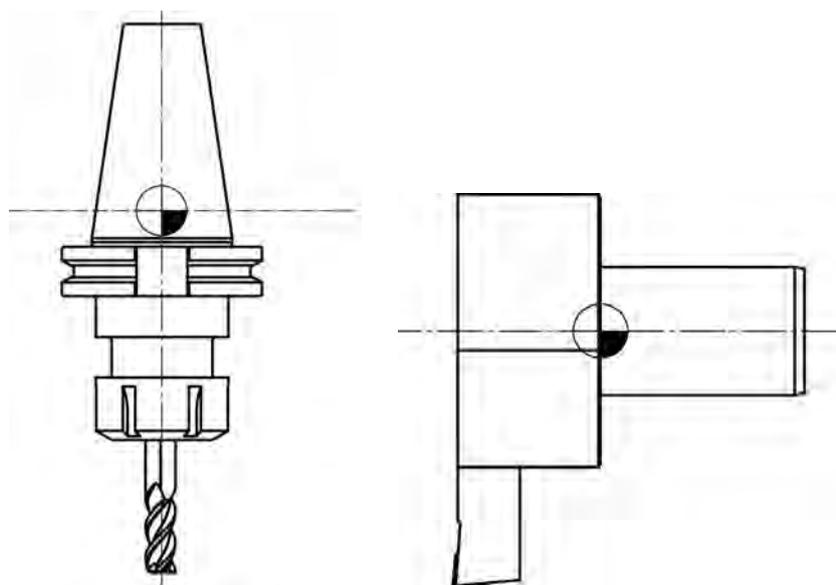


Рисунок 1.2 – Система координат инструмента

Нуль детали  – это начало системы координат детали, т. е. рабочей системы координат.

В этой системе определяется положение элементов детали.

Нуль станка  – это начало системы координат станка с ЧПУ.

Нуль станка задается производителем станка.

Если инструмент вставляется в шпиндель фрезерного станка с ЧПУ, то нуль инструмента оказывается в точке пересечения торца шпинделя и оси вращения шпинделя. Если инструмент вставляется в отверстие револьверной головки токарного станка с ЧПУ, то нуль инструмента оказывается в точке пересечения оси указанного отверстия и торца револьверной головки. Таким образом, при заданном нуле станка нуль инструмента автоматически определяется СЧПУ.

В системе координат станка с ЧПУ в процессе т. н. привязки инструмента определяется также нуль детали.

Координатные оси системы координат детали и системы координат инструмента обычно направлены так же, как и соответствующие координатные оси системы координат станка с ЧПУ.

Исходная точка  – это точка, в которую перемещается точка фиксации нуля инструмента для инициализации СЧПУ. Причем перемещение точки фиксации нуля инструмента может быть относительным. Оно физически осуществляется при перемещении других рабочих органов станка.

Привязка инструмента выполняется для задания положения инструмента относительно детали при программировании.

Если обработка детали ведется несколькими инструментами, установленными на станке, то процесс привязки первого инструмента может отличаться от процесса привязки остальных.

1.2.2 Привязка инструмента на токарном станке.

В качестве первого привязываемого инструмента в группе задействованных для обработки детали инструментов, установленных на токарном станке с ЧПУ, обычно выбирают токарный резец для продольного точения и подрезки торца. В режиме ручного управления перемещением рабочих органов станка сначала быстро подводят револьверную головку так, чтобы между деталью и резцом оставалось небольшое расстояние и чтобы имелась возможность продольного точения для снятия припуска, не превышающего припуск A_x по оси X (рисунок 1.3, *а*).

Далее включают шпиндель и осуществляют продольное точение на небольшую длину. Можно выполнить несколько ходов (рисунок 1.3, *б*).

После этого, не перемещая револьверную головку по оси X , отводят резец на некоторое расстояние от детали и останавливают шпиндель (рисунок 1.3, *в*). Мерительным инструментом измеряют диаметр D обточенной поверхности, считывают величину X_{T0} и записывают в СЧПУ величину коррекции нуля детали по оси X , которая находится по формуле

$$C_x = X_{T0} - D. \quad (1.1)$$



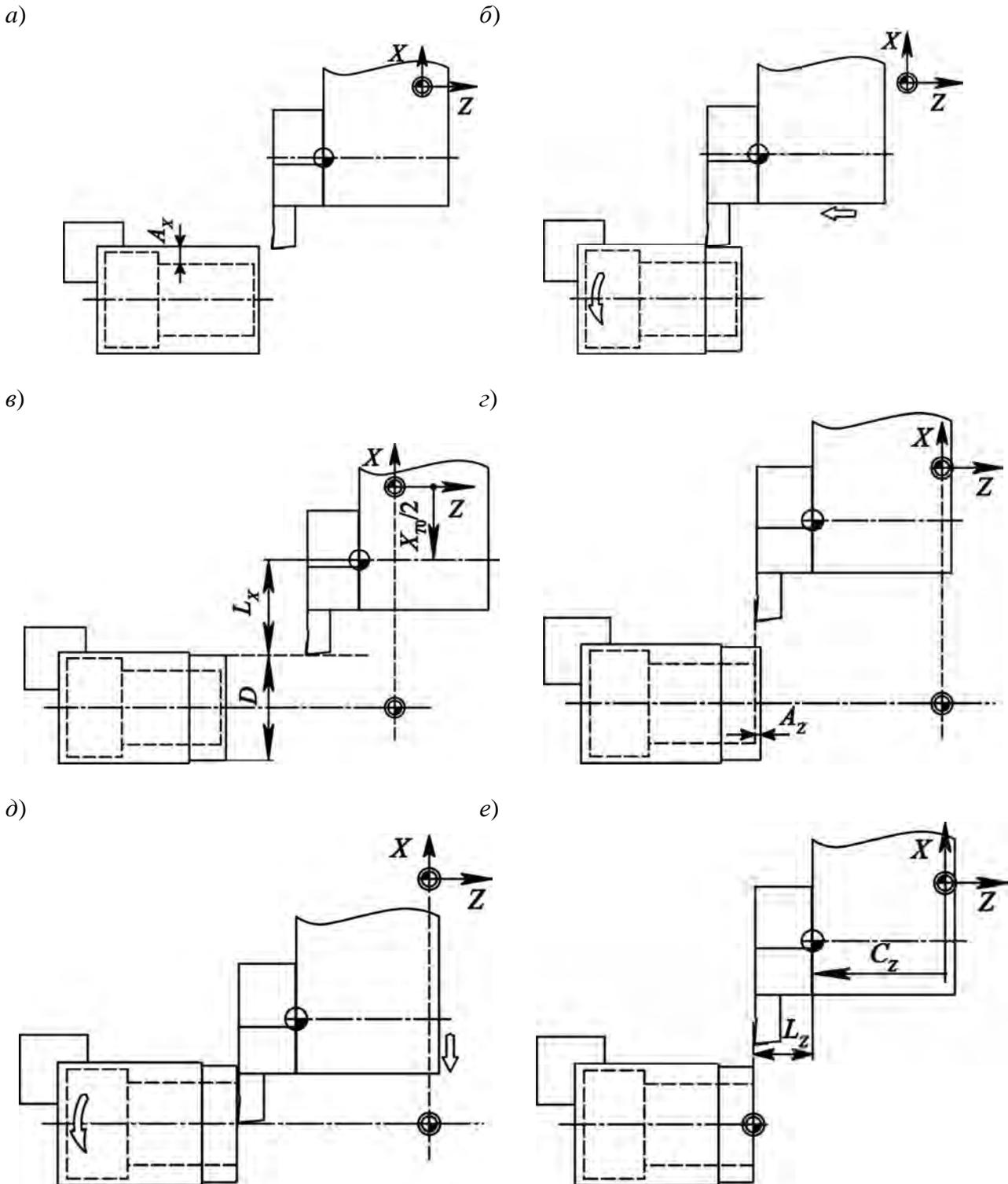


Рисунок 1.3 – Основные этапы привязки токарного инструмента

После этого резец быстрым перемещением устанавливают на небольшом расстоянии от детали для подрезки торца. Снимаемый с торца припуск A_z должен быть меньше припуска на всю длину детали, если предполагается в дальнейшем подрезать противоположный торец детали (рисунок 1.3, *б*).

Включают шпиндель и подрезают торец. При этом припуск A_z можно снимать за несколько ходов (рисунок 1.3, *д*).

Затем, не перемещая револьверную головку по оси Z , отводят резец на некоторое расстояние от детали (рисунок 1.3, *e*). Выключают шпиндель.

Если торец обработан окончательно, то нуль детали обычно располагают на оси вращения шпинделя станка на данном торце. Для этого считывают величину коррекции C_Z нуля детали по оси Z и записывают ее в СЧПУ (см. рисунок 1.3, *e*).

В системе координат станка по-прежнему задаются координаты точки фиксации нуля инструмента:

$$X_{T1} = X_{T2} + C_X; \quad (1.2)$$

$$Z_{T1} = Z_{T2} + C_Z, \quad (1.3)$$

где X_{T2} , Z_{T2} – координаты базовой точки инструмента в рабочей системе координат, задаваемые программно (рисунок 1.4).

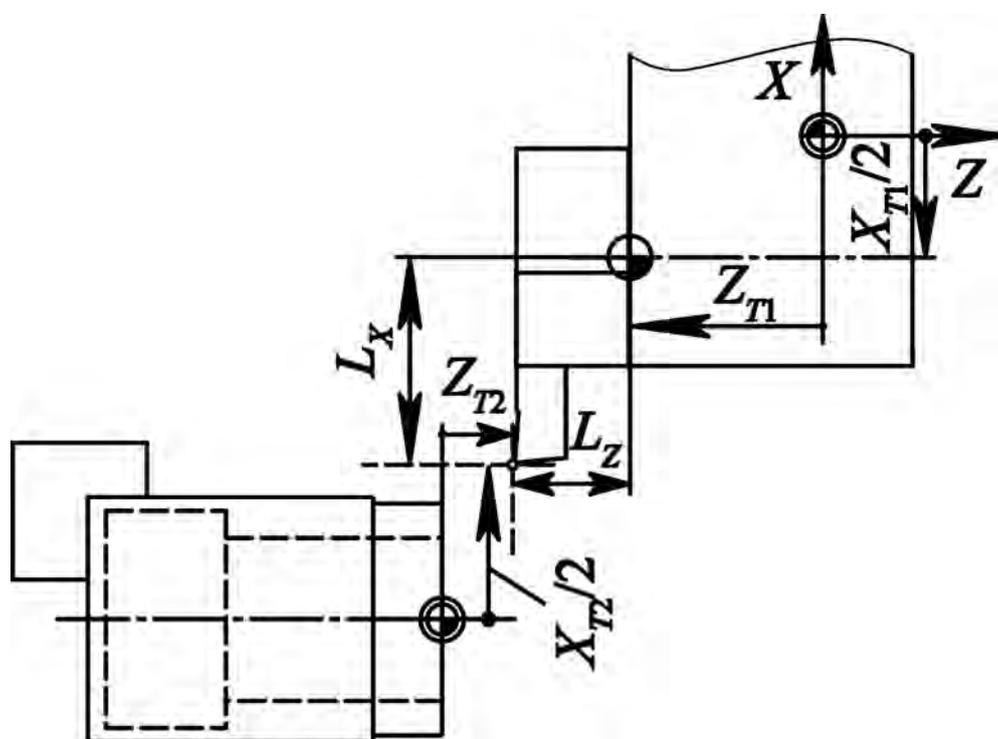


Рисунок 1.4 – Связь системы координат детали и инструмента

Другие задействованные для обработки детали резцы, установленные на токарном станке, привязываются аналогично. Отличие от процесса привязки первого инструмента состоит в том, что вместо резания оставшиеся резцы по возможности лишь касаются с использованием тонкого листа бумаги обточенной первым инструментом поверхности диаметром D и подрезанного первым инструментом торца.

Для привязки инструментов на станках с ЧПУ альтернативно используются системы специальных щупов. При этом привязка выполняется более точно и быстрее.

1.3 Программирование токарной обработки

1.3.1 Структура программы.

Программа пишется как множество инструкций для станка с ЧПУ, заданных в некотором порядке.

Но СЧПУ понимает инструкции, если они заданы в машинном коде. Машинный код включает подготовительные функции G и вспомогательные функции M.

Символ – это наименьшая часть программы.

Существуют три типа символов: цифра 0...9, буква A...Z, специальный символ.

При помощи чисел формируются целые и дробные числа с фиксированной точкой. Числа могут быть как положительные, так и отрицательные.

Слово – это буквенно-цифровая комбинация, которая может обозначать как инструкции, так и их параметры.

Внутри слова недопустимо использовать пробелы. Лидирующие нули чисел могут быть опущены. Знак «плюс» можно также опускать. Опускать можно и последний ноль числа, находящийся после десятичной точки.

Слова записываются в т. н. адресном формате.

Адрес – это первая буква слова, обозначающая определенный регистр.

За адресом следуют данные – комбинация цифр и специальных символов.

Блок – это комбинация слов.

Для идентификации блока и соответствующей ему строки в программе используется нумерация с N1 до N... Программа может быть написана с применением нумерации или без нее. Блоки должны разделяться символом; (Конец блока), а первая и последняя строки программы должны содержать только символ %. Кроме этого после, начального символа %, второй строкой, следует указывать имя программы, начинающейся буквой O, после которой записывается номер и символ ;. Комментарий заключается в круглые скобки. Комментарий, следующий за именем программы, виден в списке программ на пульте управления. Программа также может содержать символ /. Этот символ используется для задания т. н. опционального блока. Если блок содержит данный символ, любая информация, следующая за этим символом, будет игнорироваться, когда активна специальная кнопка при выполнении программы.

При подготовке программы на компьютере можно применять любой текстовый редактор. При этом символы ; и % можно не использовать.

Пример

```
%
O10025
(KOMMENTARIJ)
%
```

Коды, задающие инструкции, могут быть помещены в любом порядке в блоке программы. Некоторые коды могут быть размещены в любом месте блока, некоторые только в определенной позиции. При этом некоторые коды



нельзя комбинировать в одном блоке (те коды, которые входят в одну и ту же группу). Коды, которые активны более чем в одном блоке, в котором они определены, называются модальными. Немодальные коды активны только в пределах блока, где они определены, и немедленно забываются станком после их выполнения. Некоторые коды действуют по умолчанию при включении станка с ЧПУ.

В одном блоке может быть только один М-код, который традиционно располагается в конце.

1.3.2 Основные команды для токарного станка.

Подача программируется адресом F, по которому записывается значение, выраженное в миллиметрах на оборот при действии функции G99 или выраженное в миллиметрах в минуту при действии функции G98.

G96	Установить постоянной скорость резания
S	Значение скорости резания
G97	Установить постоянной частоту вращения шпинделя
S	Значение частоты вращения шпинделя
G50	Ограничить максимальную частоту вращения шпинделя
S	Значение частоты вращения шпинделя

Для включения шпинделя предусмотрены две функции: M3 и M4.

Функция M3 соответствует вращению по ходу часовой стрелки.

Функция M4 соответствует вращению против хода часовой стрелки.

В программе функцию S предпочтительно использовать с одной из функций M3, M4 в одном блоке.

Останов шпинделя – функция M5.

Включению подачи СОЖ через сопла – функция M8.

Выключению подачи СОЖ через сопла – функция M9.

G20 и G21 задают дюймы и миллиметрах в качестве единиц измерения соответственно.

Для смены инструмента используют функцию инструмента T. В программе после адреса T следует номер инструмента и номер корректора.

G0	Ускоренное позиционирование
X	Координата по оси X
Y	Координата по оси Y
Z	Координата по оси Z
U	Перемещение по оси X
W	Перемещение по оси Z

Код используется для ускоренного перемещения инструмента. Код модальный. Перемещение будет осуществляться только по заданным осям. Если адрес X, Y или Z не указан, то будет использована соответствующая



координата исходного положения инструмента. Линейное ускоренное перемещение по осям осуществляется с одной и той же скоростью.

G28	Возврат в нуль станка
X	Координата по оси X
Y	Координата по оси Y
Z	Координата по оси Z
U	Перемещение по оси X
W	Перемещение по оси Z

G1	Линейная интерполяция
X	Координата по оси X
Y	Координата по оси Y
Z	Координата по оси Z
U	Перемещение по оси X
W	Перемещение по оси Z
I	Снятие фаски в направлении Z к X
K	Снятие фаски в направлении X к Z
R	Обработка закругления
A	Угол фаски
F	Скорость интерполирования в миллиметрах (дюймах) в минуту

Код модальный. Только заданные оси будут задействованы. Если адрес X, Y или Z не указан, то будет использована соответствующая координата исходного положения инструмента. Этот код задает перемещение инструмента с рабочей скоростью подачи. Подача может осуществляться как по одной, так и одновременно по нескольким осям. Скорость подачи по линейным осям контролируется таким образом, чтобы суммарная скорость соответствовала заданной.

Назначение функций M3, M4, M5, M8, M9, M30 полностью соответствует фрезерному станку.

Пример – Черновая обработка с циклом G71 (рисунок 1.5).

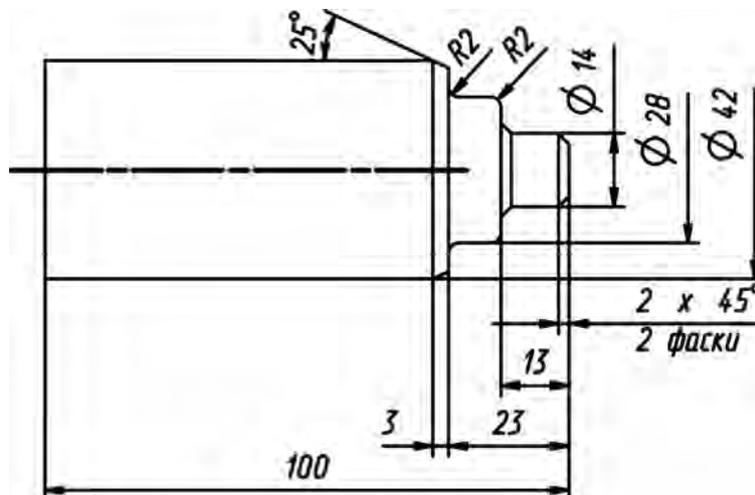


Рисунок 1.5 – Эскиз обрабатываемой детали

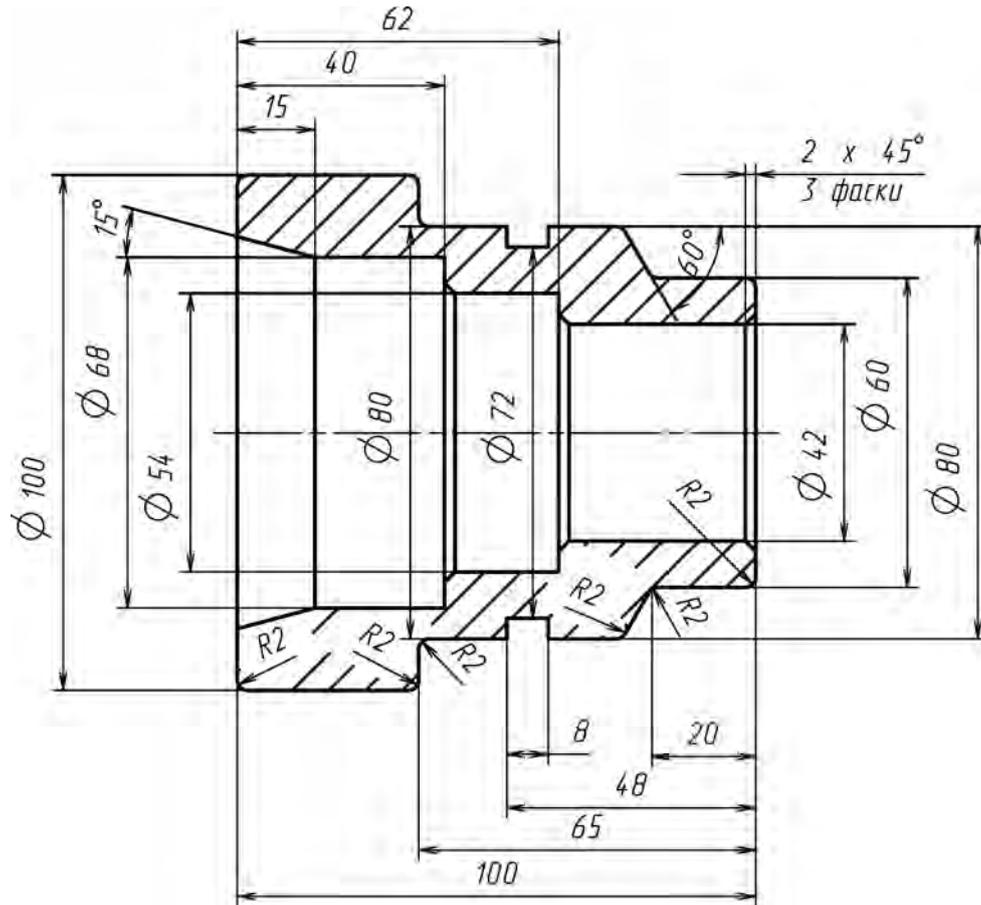
Таблица 1.2 – Пример управляющей программы

Содержание программы	Комментарий
%	Указатель программы
O00004	Имя программы
G54	Установить смещение нуля детали
G28 U0. W0.	Возврат в нуль станка
T101	Смена инструмента
G50 S3500	Уставить максимальную частоту вращения шпинделя
G97 S1447 M3	Установить частоту вращения шпинделя, соответствующую начальному диаметру обработки
G0 X44. Z0.	Ускоренно переместиться в исходную точку. Начальный диаметр 44 мм
G96 S200	Установить скорость резания
G1 X-1.5 F0.2	Подрезать торец
Z1.	Отвести резец от торца
G97 S1447	Установить частоту вращения шпинделя, соответствующую начальному диаметру обработки
G0 X44.	Ускоренно переместиться в исходную точку. Начальный диаметр 44 мм
G96 S200	Установить скорость резания
G71 P10 Q20 D2.	Цикл черновой обработки
N10 G0 X10.	Обход контура
G1 Z0.	
X14. K-2.	
Z-13. I2.	
X28. R-2.	
Z-23. R2.	
X39.202	
X43. A165.	
N20 X44.	
G28 U0. W0.	Возврат в нуль станка
M30	Конец программы
%	Указатель программы

Варианты заданий. Возможные варианты заданий для исполнения приведены на рисунках 1.6–1.9.



a)



б)

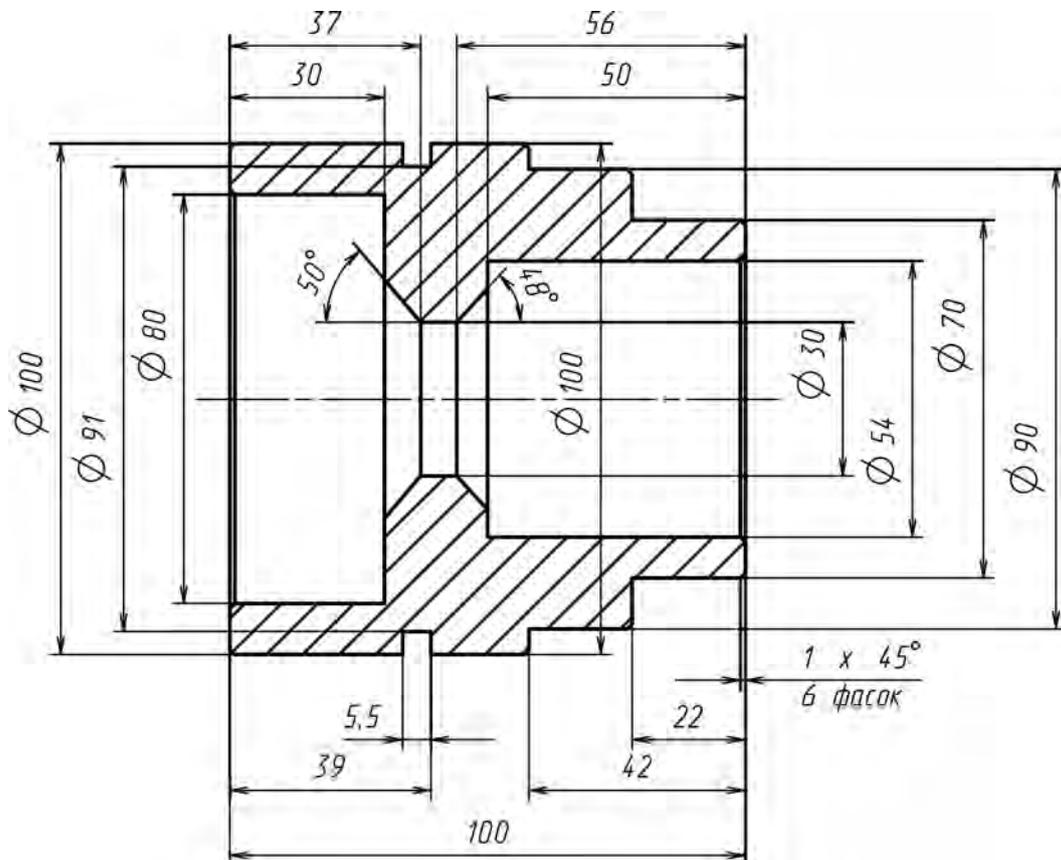
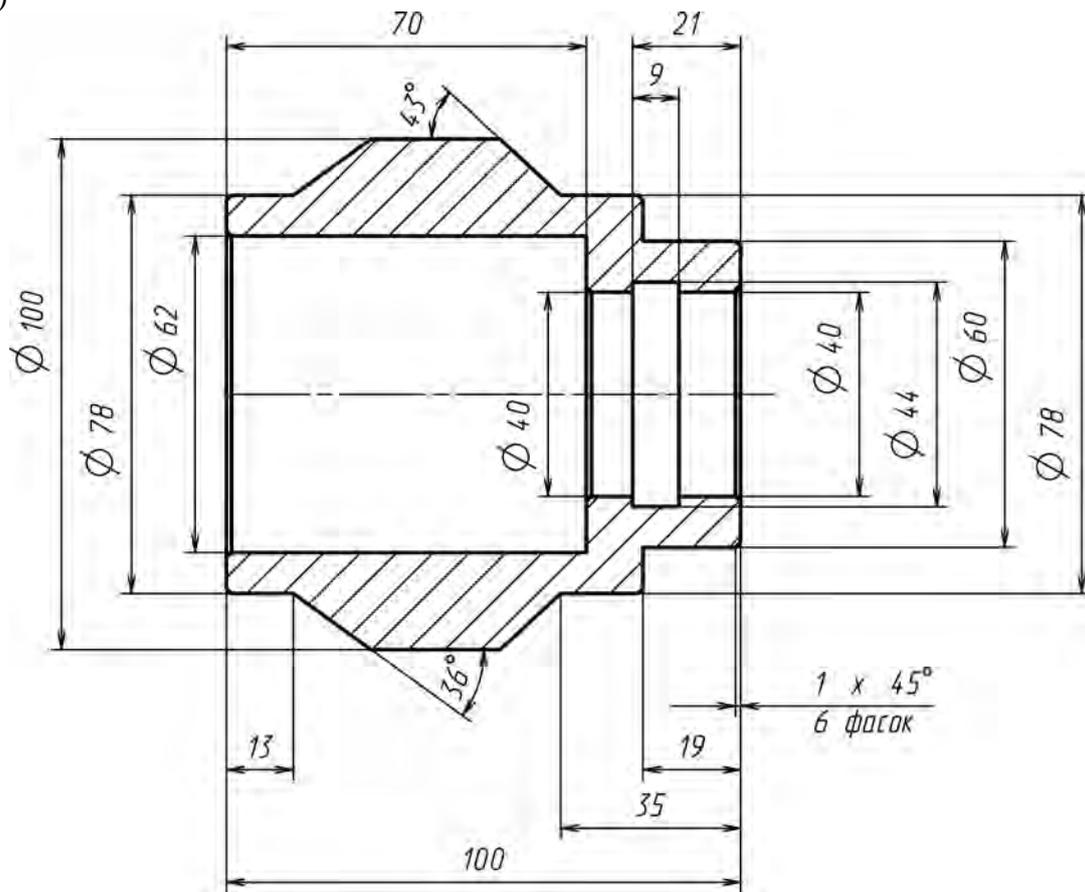


Рисунок 1.7 – Возможные варианты заданий

a)



б)

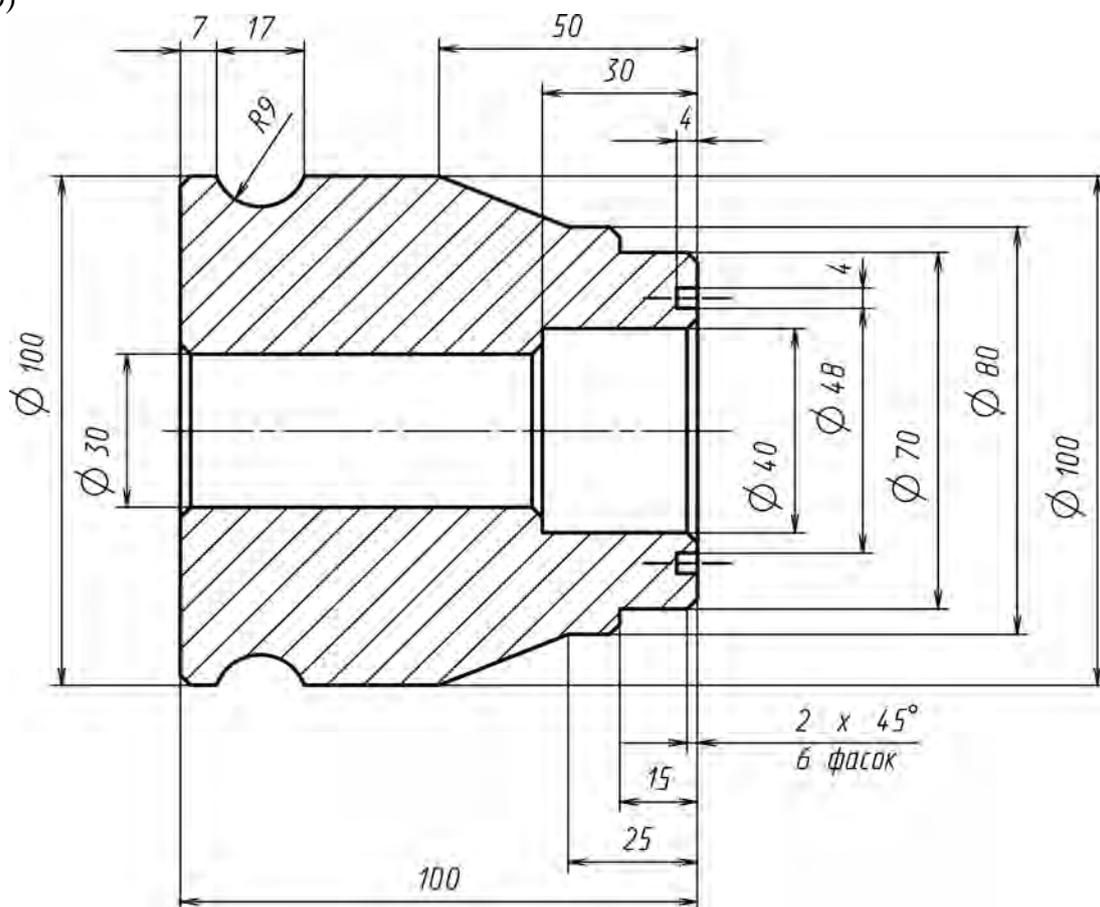
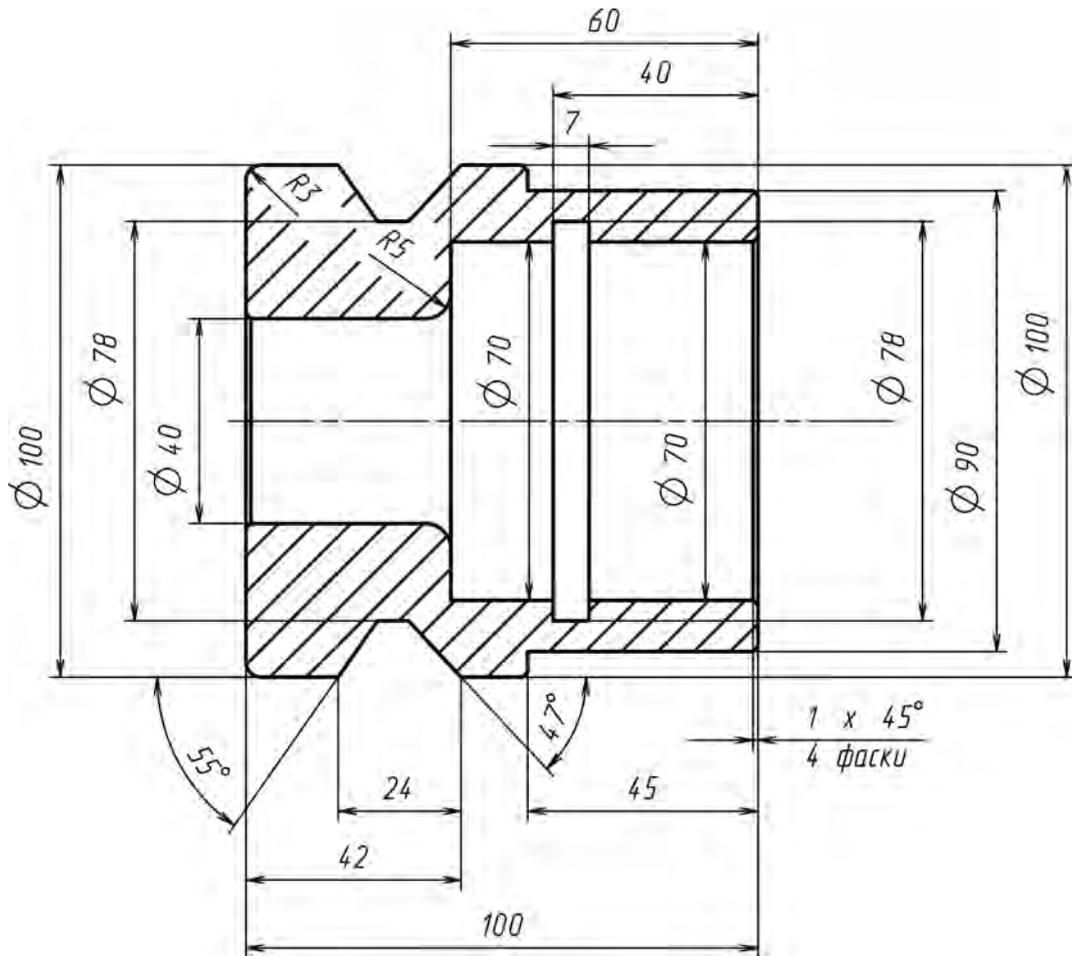


Рисунок 1.8 – Возможные варианты заданий

a)



б)

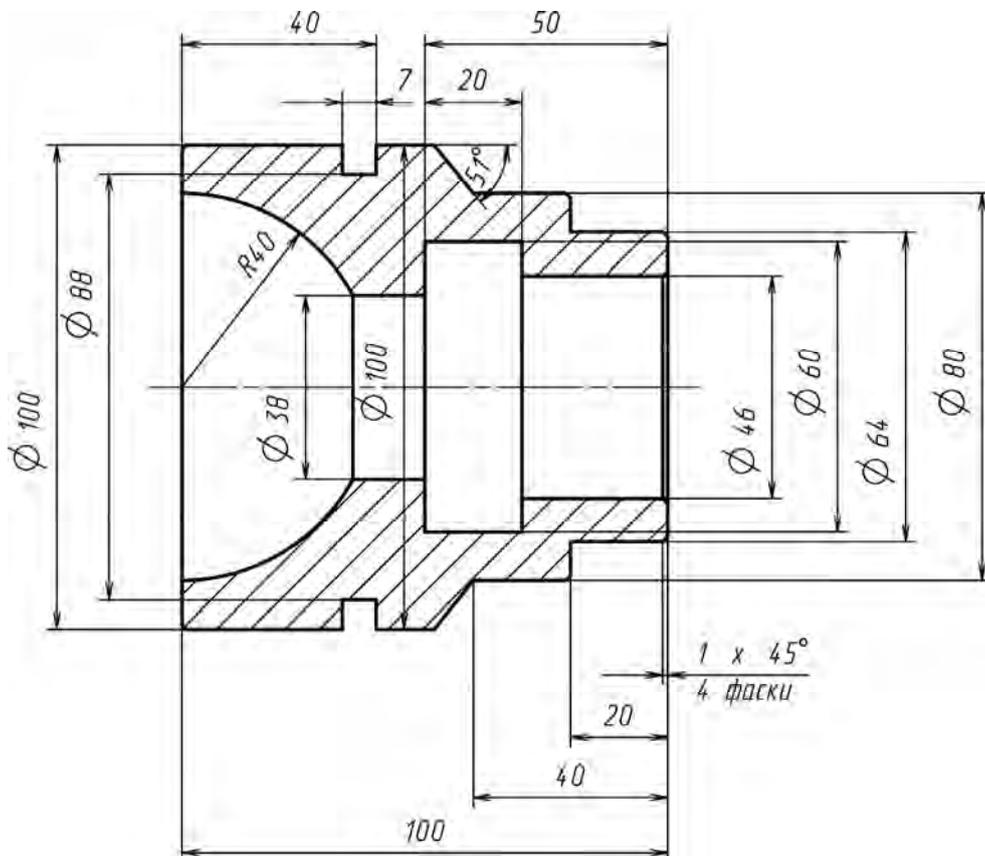


Рисунок 1.9 – Возможные варианты заданий

Порядок выполнения работы

1 Изучить теоретические особенности управления, наладки и программирования токарного обрабатывающего центра в соответствии с настоящими рекомендациями.

2 Осуществить разработку текста управляющей программы в соответствии с чертежом детали.

3 Осуществить наладку станка на обработку: выполнить ввод текста управляющей программы в СЧПУ станка; выполнить привязку необходимого режущего инструмента.

4 Выполнить пробный прогон программы, устранить выявленные недостатки.

5 Закрывать дверь рабочей зоны.

6 Запустить управляющую программу.

7 После завершения обработки проверить размеры детали.

8 Оформить отчет по лабораторной работе, представить его преподавателю для проверки и защиты.

2 Лабораторная работа № 2. Программирование и настройка токарного центра HAAS ST20Y на обработку ступенчатых деталей со шпоночными пазами и отверстиями на боковой поверхности

Цель лабораторной работы: приобретение практических навыков управления многоцелевым токарным станком с ЧПУ, разработки и отладки управляющих программ для многоцелевой обработки деталей типа «вал» (работа рассчитана на 4 академических часа).

Техническое обеспечение. Токарный обрабатывающий центр HAAS ST20Y.

Содержание работы. Разработка программы многоцелевой токарной обработки деталей типа «вал», включающей обработку поверхностей сверлением и фрезерованием, ознакомление с особенностями и возможностями токарной многоцелевой обработки.

2.1 Особенности программирования токарной многоцелевой обработки

2.1.1 Особенности программирования оси Y.

Ось Y перемещает инструменты перпендикулярно осевой линии шпинделя. Это перемещение достигается сложным движением шариковых винтов осей X и Z (рисунок 2.1). Перемещения по оси Y в программе задаются посредством указания адреса Y.

Револьверная головка токарного обрабатывающего центра снабжена приводными позициями, в которых возможно вести обработку вращающимся



инструментом (сверлами, фрезами и т. п.). Технологические возможности такого оборудования показаны на рисунке 2.2.

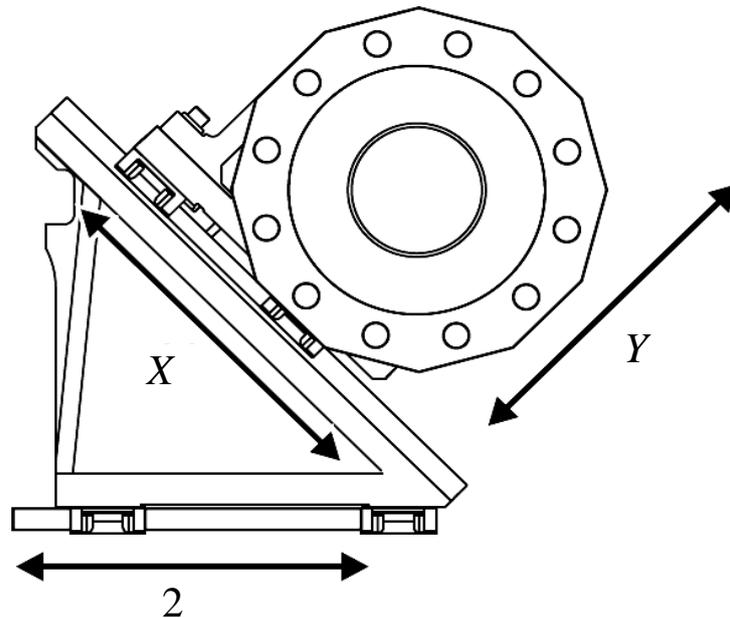


Рисунок 2.1 – Схема формирования перемещения инструмента по оси Y

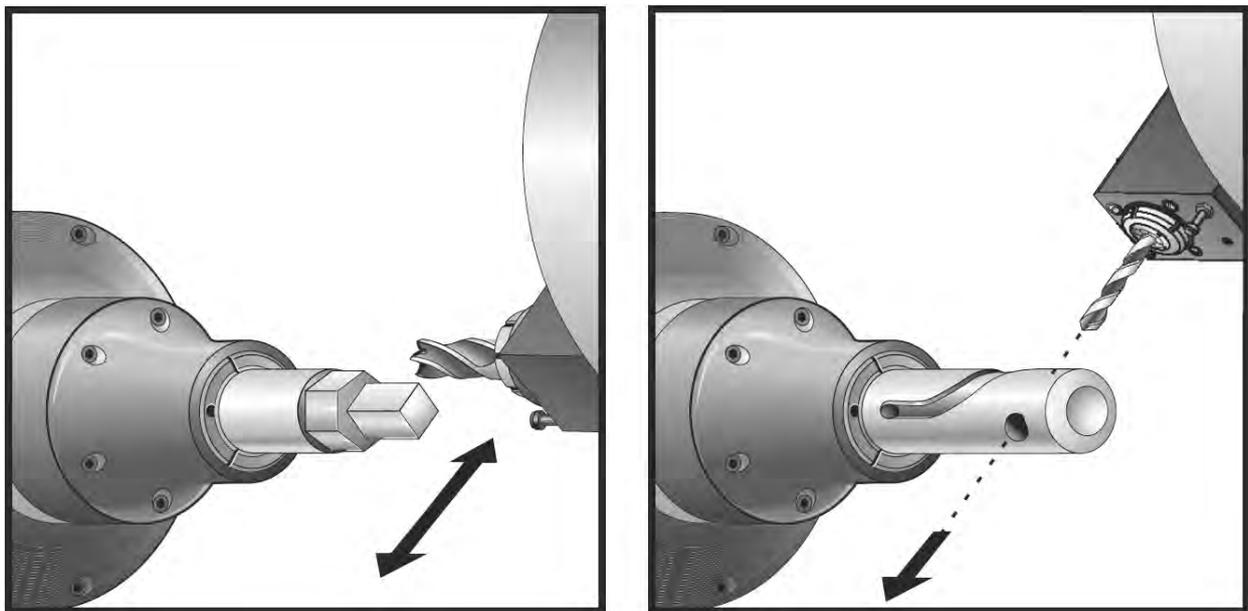


Рисунок 2.2 – Пример эскизов обработки с приводным инструментом

2.1.2 Особенности программирования обработки вращающимся инструментом.

Для наилучшей точности фрезерования перед началом обработки используйте M-коды зажима шпинделя (M14 – основной шпиндель /M114 – протившпиндель). Шпиндель автоматически разжимается при подаче команды с новой скоростью вращения главного шпинделя или нажатии клавиши [RESET] (сброс).

Максимальная скорость привода приводного инструмента – 6000 об/мин.

Для управления вращением приводного инструмента следует использовать команды: M133/M134/M135 – Вперед/Реверс/Останов (опция). Адрес P, указанный перед одной из данных команд, будет задавать частоту вращения приводного инструмента.

2.1.3 Преобразование декартовых координат в полярные (G112).

Программирование с переводом декартовых координат в полярные переводит команды позиционирования X, Y во вращательные движения оси C и линейные перемещения оси X. Программирование с переводом декартовых координат в полярные значительно уменьшает объем программного кода, необходимого для подачи команд сложных перемещений при выполнении обработки на торцевой поверхности. Обычно задание прямой линии требует многих точек для определения траектории, однако при декартовом программировании нужны только конечные точки. Эта функция позволяет программировать торцевую обработку в декартовой системе координат.

Функция преобразования декартовых координат в полярные G112 позволяет пользователю программировать последующие блоки в декартовых координатах XY, которые система управления автоматически преобразует в полярные координаты XC. Пока она активна, плоскость G17 XY используется для линейных проходов G01 по XY, а G02 и G03 – для кругового перемещения. Команды позиционирования X, Y преобразуются во вращательные перемещения оси C и линейные перемещения оси X.

2.1.4 Программирование угловой ориентации шпинделя.

Зачастую при выполнении многоцелевой токарной обработки требуется сориентировать вокруг оси вращения заготовку определенным образом. Для обеспечения требуемого углового положения следует использовать функцию M19 – Ориентация шпинделя.

Код M19 ориентирует шпиндель в нулевое положение. Адрес P или R можно использовать для ориентации шпинделя в конкретное положение (в градусах). При использовании P угол следует задавать с округлением до ближайшего целого градуса, а R – до ближайшей сотой градуса. Визуально текущий угол поворота шпинделя можно контролировать на экране в разделе: Текущие команды – Нагрузка на инструмент.

Вторая возможность ориентации шпинделя – это использование в тексте программы адреса C для указания углового положения шпинделя. При этом варианте программирования следует учитывать, что:

- M154 включает ось C, а M155 выключает ось C;
- токарный станок автоматически выключает тормоз шпинделя, если подана команда о движении оси C, а после снова включает его, если коды M по-прежнему активны;
- возможно относительное перемещение оси C с помощью адресного кода H (в таком случае указывается приращение углового размера в градусах).



Варианты заданий. Возможные варианты заданий для исполнения приведены на рисунках 2.3–2.7.

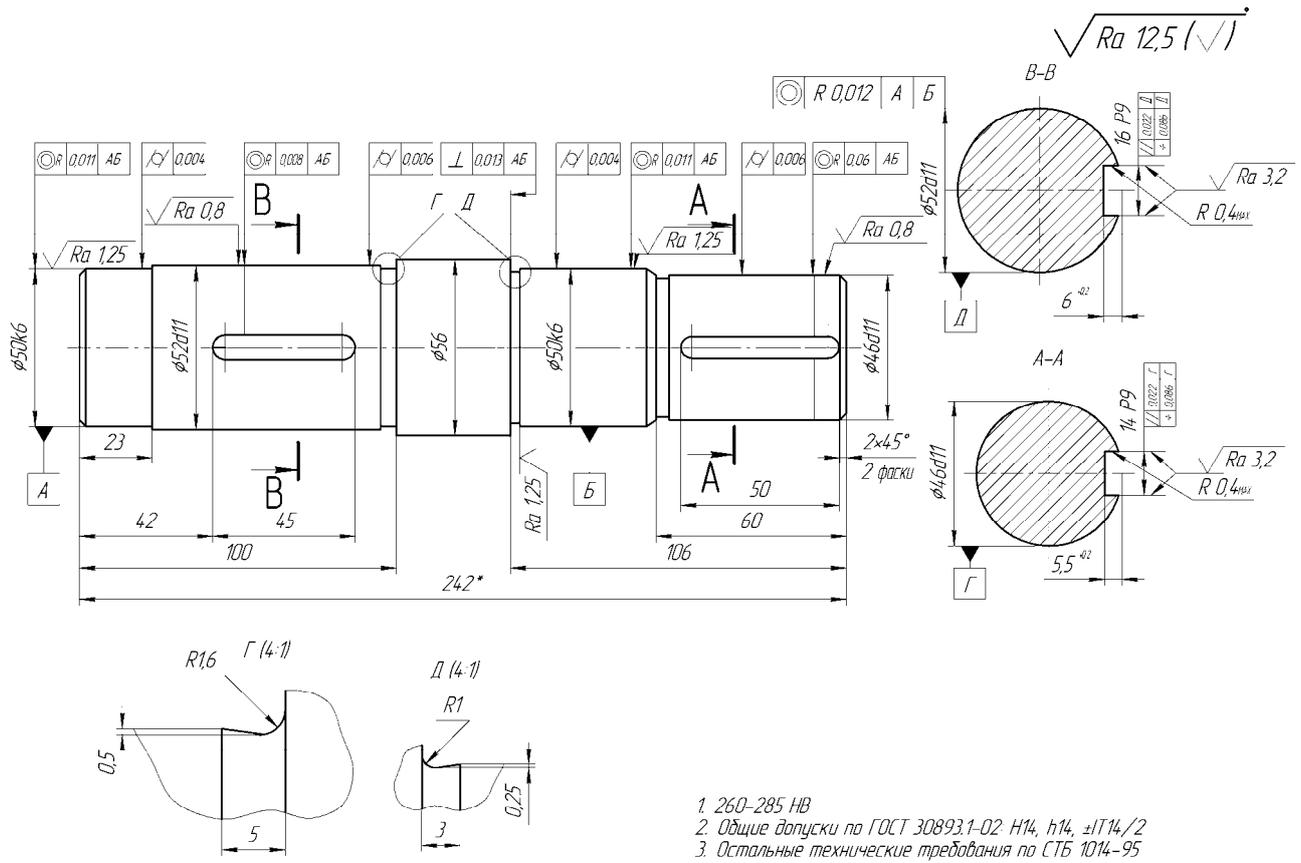


Рисунок 2.3 – Вал промежуточный (материал – сталь 45)

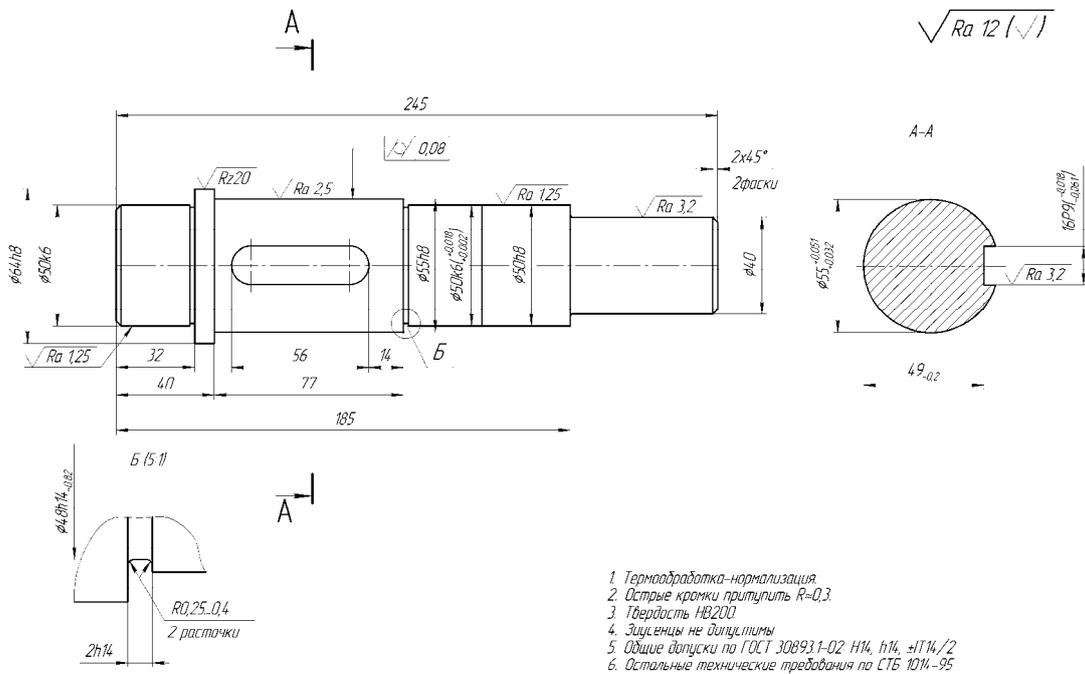


Рисунок 2.4 – Вал (материал – сталь 45)



$\sqrt{Ra\ 6,3(\checkmark)}$

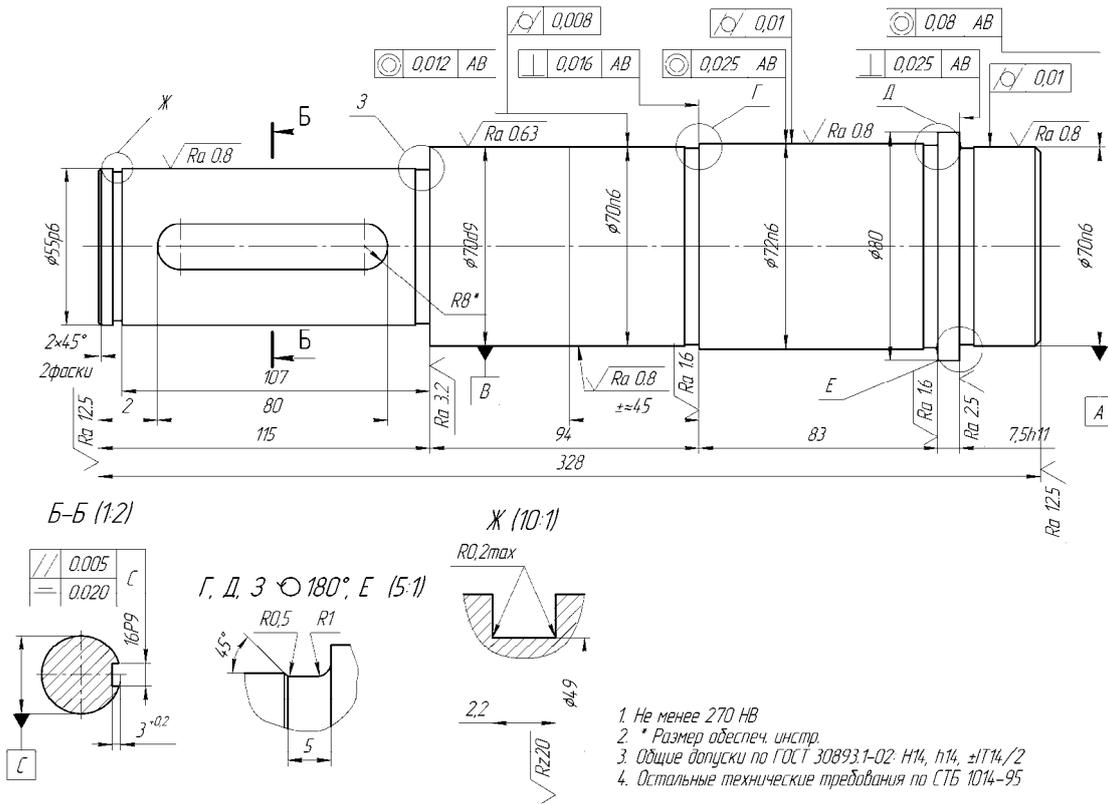
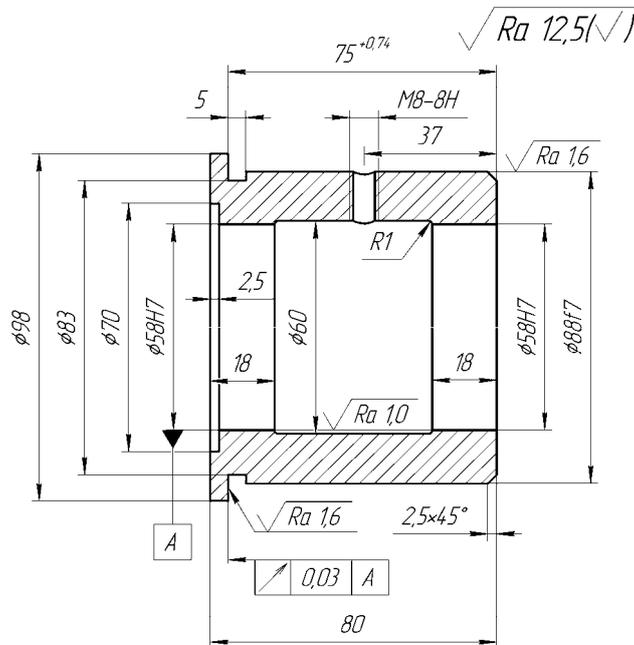


Рисунок 2.5 – Вал (материал – сталь 45)

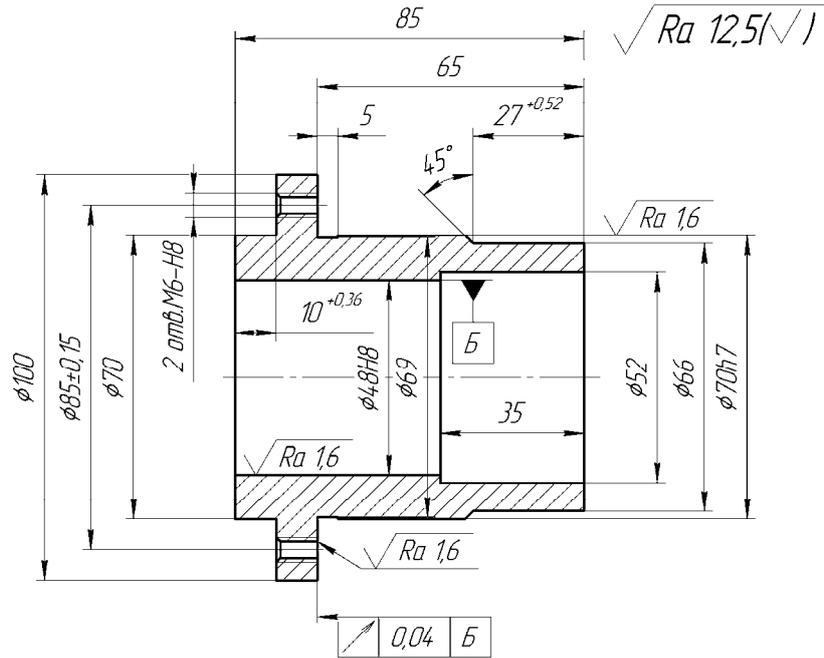


1. 177..229 HB
2. Общие допуски по ГОСТ 30893-02: h14, H14, ±IT14/2
3. Остальные требования по СТБ 1014-95

Рисунок 2.6 – Стакан (материал – сталь 45)

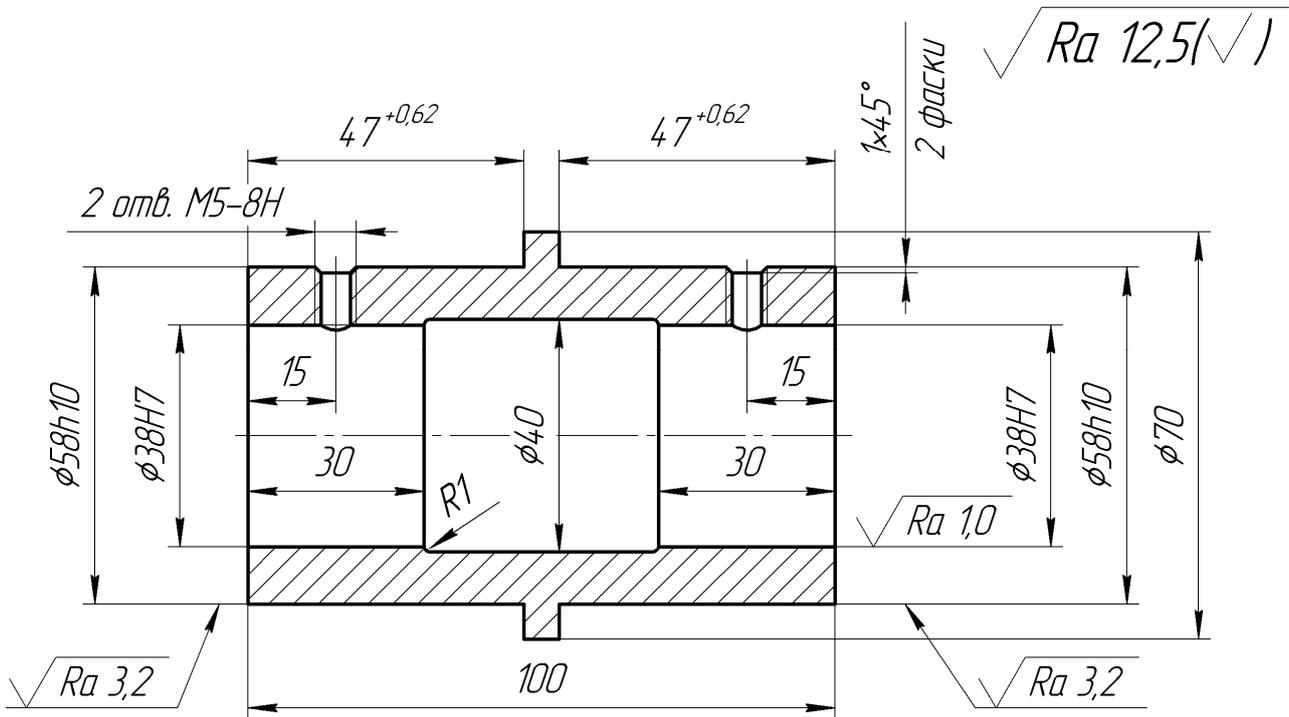


a)



1. 177..229 HB
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-02: h14, H14, $\pm IT14/2$
3. Остальные требования по СТБ 1014-95

б)



1. 177..229 HB
2. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-02: h14, H14, $\pm IT14/2$
3. Остальные требования по СТБ 1014-95

Рисунок 2.7 – Возможные варианты заданий

Порядок выполнения работы

1 Изучить теоретические особенности управления, наладки и программирования токарного обрабатывающего центра в соответствии с настоящими рекомендациями.

2 Осуществить разработку текста управляющей программы в соответствии с чертежом детали.

3 Осуществить наладку станка на обработку: выполнить ввод текста управляющей программы в СЧПУ станка; выполнить привязку необходимого режущего инструмента.

4 Выполнить пробный прогон программы, устранить выявленные недостатки.

5 Закрыть дверь рабочей зоны.

6 Запустить управляющую программу.

7 После завершения обработки проверить размеры детали.

8 Оформить отчет по лабораторной работе, представить его преподавателю для проверки и защиты.

3 Лабораторная работа № 3. Программирование и настройка фрезерного центра Super Mini Mill на обработку призматической детали, отработка программы

Цель лабораторной работы: ознакомление с основными узлами и элементами фрезерного станка с ЧПУ; приобретение практических навыков управления фрезерным станком с ЧПУ, разработки и отладки управляющих программ для деталей типа «корпус» (работа рассчитана на 4 академических часа).

Техническое обеспечение. Фрезерный обрабатывающий центр Super Mini Mill.

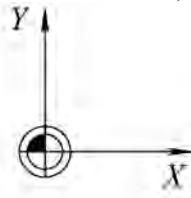
Содержание работы. Разработка программы фрезерной обработки деталей типа «корпус», ознакомление с особенностями СЧПУ HAAS, с особенностями наладки фрезерных станков с ЧПУ на работу по управляющей программе.

3.1 Привязка инструмента на фрезерном станке

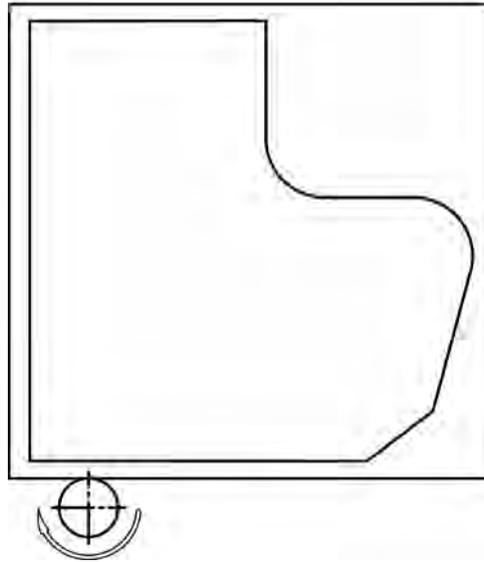
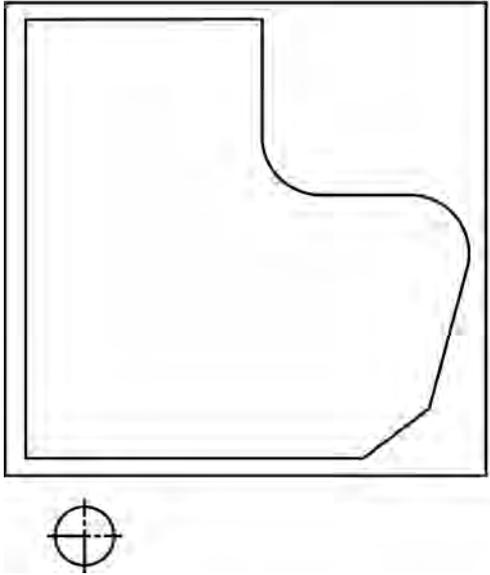
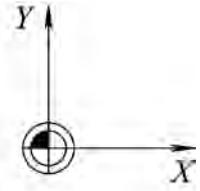
В качестве первого привязываемого инструмента на фрезерном станке с ЧПУ можно выбрать концевую фрезу. Для привязки в режиме ручного управления перемещением рабочих органов станка выполняют сначала быстрый подвод фрезы к детали, оставляя между фрезой и деталью небольшой зазор по одной из осей, например по оси Y . При этом фреза должна иметь возможность, перемещаясь по выбранной оси, коснуться технологической базы детали (рисунок 3.1, *a*).



a)



б)



в)

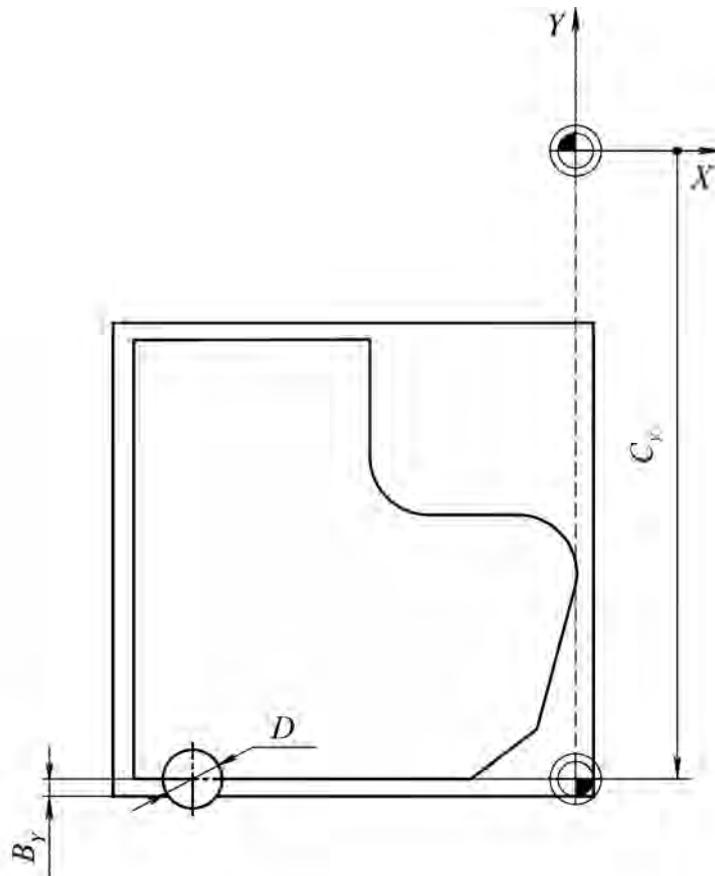


Рисунок 3.1 – Основные этапы привязки концевой фрезы по оси Y

Далее включают шпиндель и с предельно малой величиной толчковой подачи подводят фрезу по оси Y к технологической базе детали, пока не начнется резание (рисунок 3.1, б).

Затем отводят фрезу от детали по оси Z на небольшое расстояние и останавливают шпиндель. После этого перемещают фрезу точно по оси Y на расстояние

$$\frac{D}{2} + B_Y, \quad (3.1)$$

где B_Y – заданное на чертеже детали расстояние между конструкторскими базами;

D – диаметр фрезы.

При этом считывают и записывают в СЧПУ величину C_Y коррекции нуля детали по оси Y и таким образом устанавливают промежуточное начало отсчета рабочей системы координат (рисунок 3.1, в).

Аналогичным образом устанавливают новое промежуточное начало отсчета рабочей системы координат, сместив предыдущее по оси X в требуемую точку детали и записав в СЧПУ величину C_X коррекции нуля детали по оси X .

Коррекцию нуля детали, описанную ранее, выполняют только одним – обычно первым привязываемым инструментом.

Далее выполняют т. н. коррекцию длины каждого инструмента, установленного на станке и задействованного в обработке детали.

Инструмент в режиме ручного управления перемещением рабочих органов станка по оси Z быстро подводится к торцу детали и останавливается на небольшом расстоянии от него (рисунок 3.2, а). Затем с предельно малой величиной толчковой подачи инструмент доводится до касания с торцом детали (рисунок 3.2, б). При этом между фрезой и деталью должен быть тонкий лист бумаги. Фреза должна плотно прижимать этот лист так, чтобы последний можно было вытянуть. После этого считывают и записывают в СЧПУ величину C_Z коррекции длины L_Z инструмента и в итоге окончательно фиксируют положение нуля детали (рисунок 3.2, в). Коррекция длины инструмента лишь условно смещает нуль детали по оси Z . При этом в СЧПУ следует записать нулевую коррекцию нуля детали по оси Z . Коррекцию длины всех задействованных в обработке детали и установленных на станке инструментов нужно осуществлять относительно одного и того же торца детали.

После выполнения привязки инструмента можно программно задавать координаты X_{T2} , Y_{T2} , Z_{T2} новой базовой точки инструмента в системе координат детали. При этом в системе координат станка по-прежнему задаются координаты точки фиксации нуля инструмента (рисунок 3.2, г):

$$X_{T1} = X_{T2} + C_X; \quad (3.2)$$

$$Y_{T1} = Y_{T2} + C_Y; \quad (3.3)$$

$$Z_{T1} = Z_{T2} + C_Z. \quad (3.4)$$



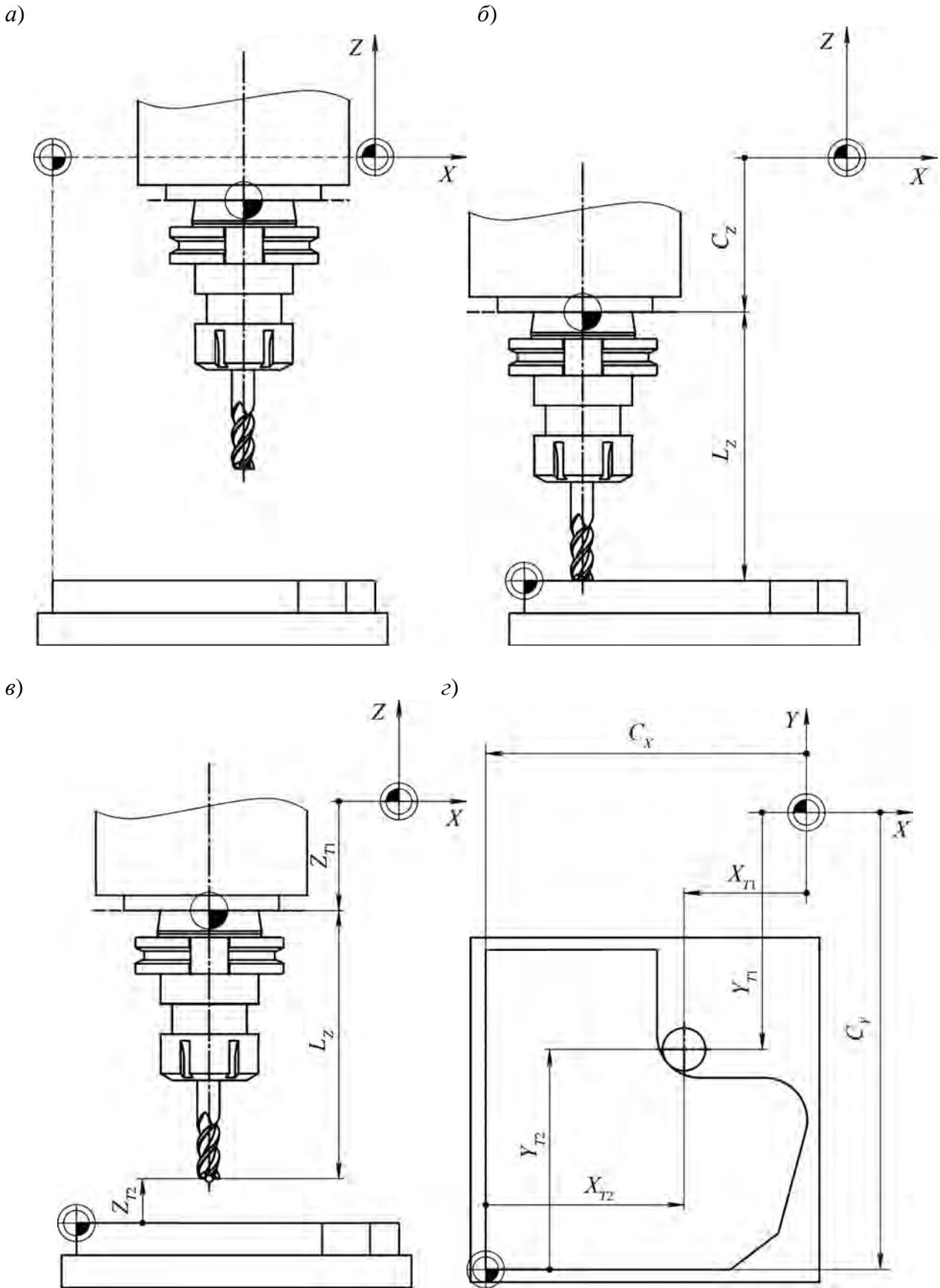


Рисунок 3.2 – Последовательность привязки инструмента по оси Z

3.2 Программирование фрезерной обработки

Ускоренное позиционирование:

G0	Ускоренное позиционирование
X	Координата по оси X
Y	Координата по оси Y
Z	Координата по оси Z

Код модальный. Перемещение будет осуществляться только по заданным осям. Если адрес X, Y или Z не указан, то будет использована соответствующая координата исходного положения инструмента. Линейное ускоренное перемещение по осям осуществляется с одной и той же скоростью.

G90	Абсолютное позиционирование
G91	Относительное позиционирование

Это модальные коды. При абсолютном позиционировании все слова, обозначающие координаты, задают координаты в системе координат детали. Когда используется код относительного позиционирования, каждое слово, обозначающее координату, задает величину перемещения.

Для смены инструмента используют функцию инструмента T. В программе после адреса T следует номер инструмента.

Функция M6 смены инструмента должна записываться или в одном блоке с T, или в одном из следующих блоков.

При выполнении функции M6 останавливаются шпиндель и подача СОЖ, инструмент перемещается по оси Z в позицию смены. После выполнения функции M6 нуль инструмента по оси Z находится в нуле станка, шпиндель остается неподвижным.

После привязки инструмента в программе используют особые коды, которые указывают на величины коррекции нуля детали по каждой из осей и коррекцию длины инструмента.

G54-G59	Рабочая система координат № 1–6
---------	---------------------------------

Эти G-коды позволяют выбрать одну из шести систем координат детали. Коды модальные. Все последующие перемещения инструмента по осям будут осуществляться относительно выбранной системы координат детали.

G43-G44	Коррекция длины инструмента
H	Код коррекции

Эти модальные коды назначают коррекцию длины инструмента в положительном и отрицательном направлениях соответственно. В регистре H хранится код – целое число, соответствующий величине коррекции. Если установлена специальная настройка, данный код должен соответствовать номеру



инструмента, указанного в последней функции T программы. Если указать H0, то коррекция длины инструмента будет отменена.

Отмена коррекции длины инструмента также соответствует модальной функции G49.

При совместной активности одного из кодов G54-G59 и одного из кодов G43, G44, а также при коррекции нуля детали по оси Z, равной нулю, условно начало отсчета рабочей системы координат находится на торце детали, а фактически на одном уровне по оси Z с началом отсчета системы координат станка.

G28	Возврат в нуль станка
X	Координата по оси X
Y	Координата по оси Y
Z	Координата по оси Z

Код немодальный. Данная функция соответствует в общем случае двойному перемещению.

Сначала инструмент ускоренно перемещается в текущей системе координат. Будут задействованы только заданные оси.

Затем инструмент ускоренно перемещается так, что его нуль совмещается с нулем станка. Если оси заданы, но не все, то не будет выполнено перемещение по неуказанным осям. Если не задано никаких осей или заданы все оси, то инструмент выполняет эту часть перемещения по всем осям.

Координаты по заданным осям сохраняются в СЧПУ и используются функцией G29.

Происходит отмена коррекции длины инструмента (модально).

Для возврата в нуль станка может быть использована следующая немодальная функция.

G53 Выбор системы координат станка

Она отменяет коррекцию нуля детали.

Линейная интерполяция на фрезерном станке:

G1	Линейная интерполяция
X	Координата по оси X
Y	Координата по оси Y
Z	Координата по оси Z
F	Скорость интерполирования в миллиметрах (дюймах) в минуту
,R	Радиус скругления
,C	Величина фаски

Код модальный. Только заданные оси будут задействованы. Если адрес X, Y или Z не указан, то будет использована соответствующая координата исходного положения инструмента. Этот код задает перемещение инструмента с рабочей скоростью подачи. Подача может осуществляться как по одной, так и



одновременно по нескольким осям. Скорость подачи по линейным осям контролируется таким образом, чтобы суммарная скорость соответствовала заданной. При использовании в блоке с функцией G1 параметров ,R или ,C должен использоваться еще один блок с линейной интерполяцией, который следует помещать непосредственно за блоком с параметрами ,R или ,C. В этом случае между этими двумя блоками будет автоматически вставлен блок скругления или скашивания фаской угла, образованного линейными перемещениями, запрограммированными в указанных двух блоках.

Пример – Деталь предварительно обработана так, что оставлен припуск на чистовую обработку контура (рисунок 3.3).

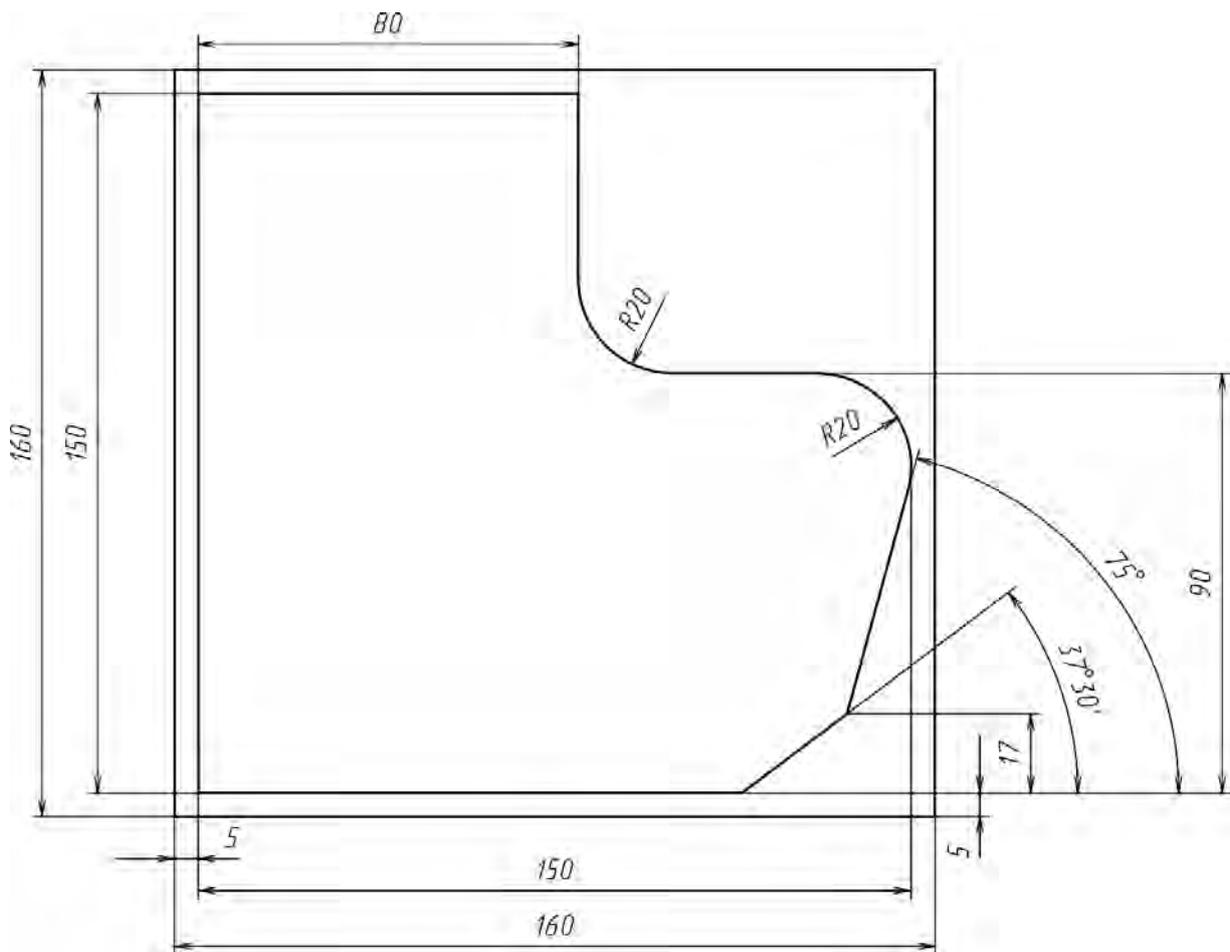


Рисунок 3.3 – Эскиз обрабатываемой заготовки

Разбиваем контур детали на дуги окружности и прямолинейные отрезки. Определяем координаты конечных точек P_1, P_2, \dots этих дуг и отрезков относительно конструкторской базы. Выбираем диаметр фрезы, которой будем обходить контур детали. Находим эквидистанту контура детали – траекторию движения центра фрезы. Данную эквидистанту определяем точками T_1, T_2, \dots , соответствующими точкам P_1, P_2, \dots (рисунок 3.4).

Для эквидистанты определяем координаты центров  дуг и углов , которые скругляются этими дугами. Определяем радиусы R дуг эквидистанты. Анализируем возможность автоматической вставки блоков обработки фасок

детали. Если такая возможность есть, определяем координаты углов эквидистанты, которые скашиваются фасками, а также размеры C фасок (C – это расстояние от угла до начала и конца фаски).

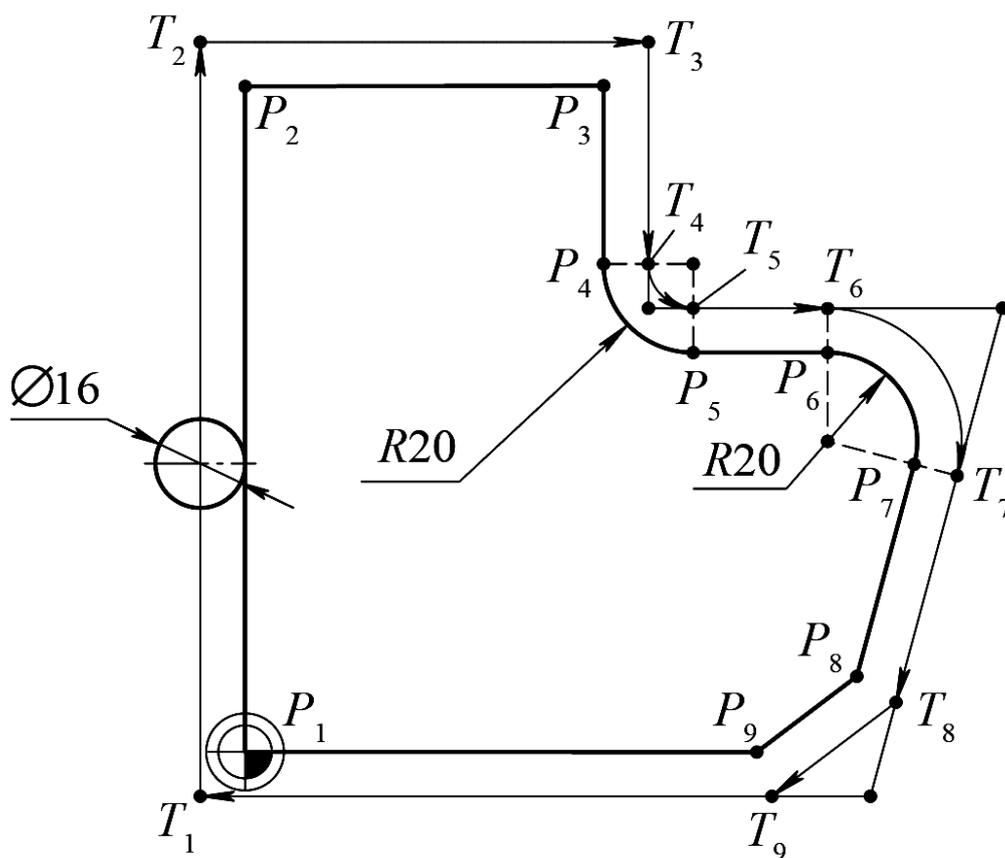


Рисунок 3.4 – Эскиз траектории фрезы

Найденные параметры заносим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Таблица опорных точек

Точка	X	Y
<i>Параметры контура детали</i>		
P_1	0	0
P_2	0	150
P_3	80	150
P_4	80	110
P_5	100	90
P_6	130	90
P_7	149,319	64,824
P_8	136,504	17
P_9	114,349	0

Окончание таблицы 3.1

Точка	X	Y
<i>Параметры эквидистанты для диаметра фрезы 16 мм</i>		
T_1	-8	-8
T_2	-8	158
T_3	88	158
T_4	88	110
 T_4T_5R12	88	98
 T_4T_5R12	100	110
T_5	100	98
T_6	130	98
 T_6T_7R28	166,49	98
 T_6T_7R28	130	70
T_7	157,046	62,753
T_8	143,529	12,306
 $T_8T_9C21,023$	138,088	-8
T_9	117,065	-8

Текст программ обработки оформляем в виде таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Пример управляющей программы

Содержание программы	Комментарий
%	Указатель программы
O00001	Имя программы
T1 M6	Выбрать инструмент. Сменить инструмент
G90 G54 G0 X-8 Y-16	Абсолютное позиционирование. Установить нуль детали. Ускоренно переместить фрезу параллельно плоскости XY, позиционируя фрезу на небольшом расстоянии от детали в плоскости обрабатываемого контура
S1500 M3	Установить частоту вращения шпинделя. Включить вращение шпинделя по часовой стрелке
G43 H1 Z3 M8	Установить коррекцию длины инструмента. Ускоренно переместить фрезу по оси Z с позиционированием ее на небольшом расстоянии от торца обрабатываемого контура. Включить подачу СОЖ
G1 Z-3 F150	Переместить фрезу по оси Z со скоростью подачи на ширину фрезерования
Y158	Перемещение центра фрезы в точку T_2
X88	Перемещение центра фрезы в точку T_3
Y98 ,R12	Перемещение центра фрезы в точку  T_4T_5 . Для последующей автоматической вставки блока обработки скругления записываем ,R12
X166.49 ,R28	Перемещение центра фрезы в точку  T_6T_7 . Для последующей автоматической вставки блока обработки скругления записываем ,R28

Таблица 3.3 – Размеры элементов контура детали

Номер варианта	Элемент А	Элемент В	Элемент С	Элемент D
1	3x45°	R3	R4	6x3
2	R3	3x45°	6x3	R4
3	R4	6x3	3x45°	R3
4	6x3	R4	R3	3x45°
5	7x4	R5	4x45°	R2
6	4x45°	7x4	R5	R6
7	R5	R6	7x4	4x45°

Примечание – Радиус внутренних дуг принять равным радиусу концевой фрезы

Порядок выполнения работы

1 Изучить теоретические особенности управления, наладки и программирования токарного обрабатывающего центра в соответствии с настоящими рекомендациями.

2 Осуществить разработку текста управляющей программы в соответствии с чертежом детали.

3 Осуществить наладку станка на обработку: выполнить ввод текста управляющей программы в СЧПУ станка; выполнить привязку необходимого режущего инструмента:

- установить тиски по индикатору, установить в шпиндель фрезу, закрепить в тисках деталь;
- подготовить станок к работе;
- привязать инструмент;
- отвести фрезу от торца детали.

4 Выполнить пробный прогон программы, устранить выявленные недостатки:

- нажать  – будет выбран режим списка нумерованных программ;
- используя клавиши курсора, выбрать вкладку ПАМЯТЬ. Нажать  – будет выведен список нумерованных программ, хранящихся в памяти станка с ЧПУ;
- используя клавиши курсора, выделить сохраненную программу. Нажать  – выделенная программа станет активной;
- нажать CYCLE START – будет запущена программа в графическом режиме;
- при необходимости редактировать программу. При этом возврат в режим редактирования осуществлять нажатием . Запускать программу в графическом режиме, пока не будут достигнуты желаемые результаты;
- нажать  – будет выбран режим активной программы;
- нажать  – будет выбран режим пробного прогона программы;
- нажать  – будет выбран режим покадрового выполнения программы;



– нажимать CYCLE START, пока не будут выполнены все блоки программы.

5 Закрыть дверь рабочей зоны.

6 Запустить управляющую программу.

7 После завершения обработки проверить размеры детали.

8 Оформить отчет по лабораторной работе, представить его преподавателю для проверки и защиты.

4 Лабораторная работа № 4. Программирование и настройка фрезерного центра Super Mini Mill на 4-координатную обработку деталей, отработка программы

Цель лабораторной работы: приобретение практических навыков управления многоцелевым фрезерным станком с ЧПУ, разработки и отладки управляющих программ для многоцелевой 4-координатной обработки деталей, особенностей программирования обработки отверстий (работа рассчитана на 4 академических часа).

Техническое обеспечение. Фрезерный обрабатывающий центр Super Mini Mill.

Содержание работы. Разработка программы 4-координатной обработки деталей, включающей обработку поверхностей сверлением, и ознакомление с особенностями и возможностями фрезерной многоцелевой обработки.

Особенности программирования четвертой оси. Перемещение по четвертой оси программируется с информационным словом В, которое должно программироваться в градусах.

4.1 Основные циклы обработки отверстий на фрезерном станке с ЧПУ

Для обработки отверстий на фрезерном станке с ЧПУ используются стандартные циклы.

G82	Стандартный цикл сверления центровых отверстий
X	Координата центра отверстия по оси X
Y	Координата центра отверстия по оси Y
Z	Уровень окончательного погружения инструмента
R	R-уровень
P	Пауза по достижении дна отверстия, с
F	Скорость подачи

Последовательность обработки отверстия с использованием цикла G82 включает следующие этапы (рисунок 4.1):



- 1) ускоренное перемещение по осям X и Y до центра отверстия;
- 2) ускоренное перемещение по оси Z до R -уровня;
- 3) перемещение со скоростью подачи по оси Z до дна отверстия;
- 4) останов подачи на время паузы;
- 5) ускоренный отвод инструмента по оси Z до начального уровня или до R -уровня.

G81	Стандартный цикл сверления
X	Координата центра отверстия по оси X
Y	Координата центра отверстия по оси Y
Z	Уровень окончательного погружения инструмента
R	R -уровень
F	Скорость подачи

В цикле G81, в отличие от цикла G82, отсутствует п. 4 (рисунок 4.1).

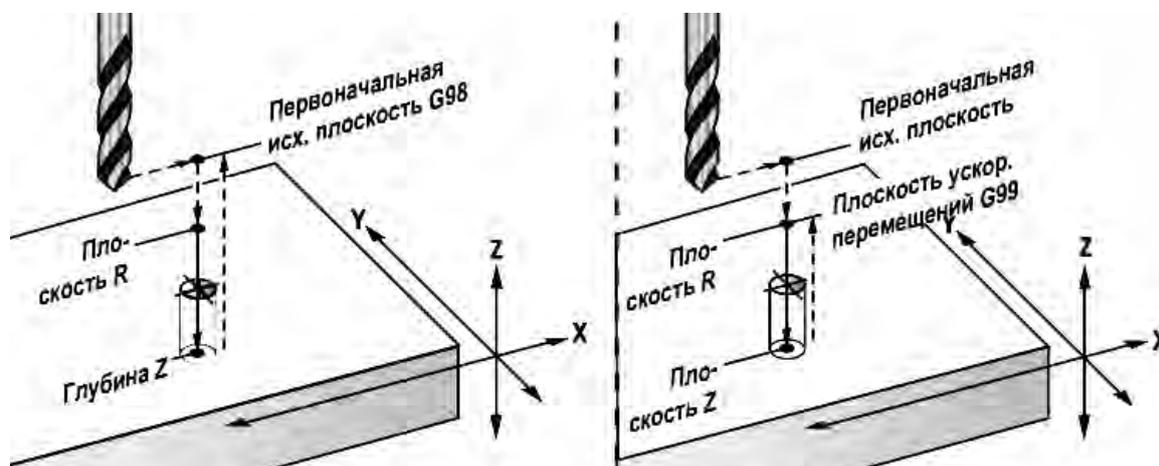


Рисунок 4.1 – Схема движений инструмента при обработке отверстия по циклам G81, G82

G83	Стандартный цикл сверления глубоких отверстий (рисунок 4.2)
X	Координата центра отверстия по оси X
Y	Координата центра отверстия по оси Y
Z	Уровень окончательного погружения инструмента
I	Глубина погружения инструмента при первом проходе
J	Величина уменьшения глубины погружения
K	Минимальная глубина погружения
Q	Глубина погружения
R	R -уровень
P	Пауза в конце последнего прохода, с
F	Скорость подачи

Задание I, J, K нельзя совмещать с заданием Q. Настройка 22 определяет расстояние от дна отверстия до инструмента перед каждым проходом; настройка 52 – дополнительное расстояние отвода инструмента относительно R -уровня.

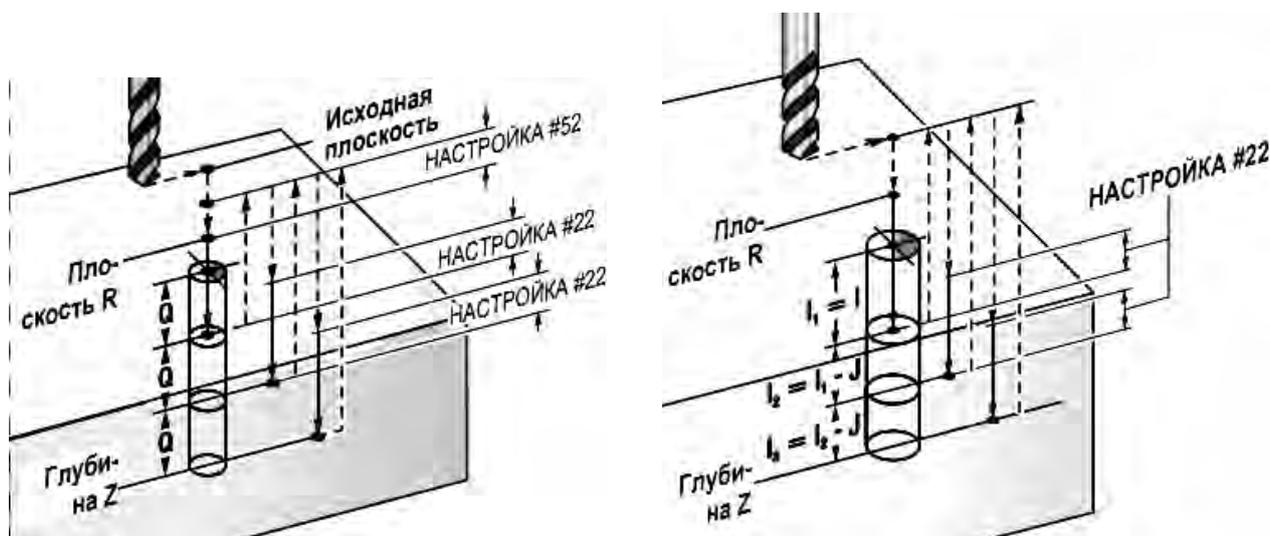


Рисунок 4.2 – Схема движений инструмента при обработке отверстия по циклу G83

- G85 Стандартный цикл растачивания
 X Координата центра отверстия по оси X
 Y Координата центра отверстия по оси Y
 Z Уровень окончательного погружения инструмента
 R R-уровень
 F Скорость подачи

Цикл G85 применяется также для развертывания.

- G89 Стандартный цикл растачивания с остановом и отводом
 X Координата центра отверстия по оси X
 Y Координата центра отверстия по оси Y
 Z Уровень окончательного погружения инструмента
 R R-уровень
 P Пауза по достижении дна отверстия, с
 F Скорость подачи

Цикл G89 применяется также для развертывания.

- G84 Стандартный цикл нарезания резьбы
 G74 Реверсивный цикл нарезания резьбы
 X Координата центра отверстия по оси X
 Y Координата центра отверстия по оси Y
 Z Уровень окончательного погружения инструмента
 R R-уровень
 J Коэффициент скорости отвода
 F Скорость подачи

Перемножение коэффициента скорости отвода J на скорость погружения метчика дает скорость отвода метчика, которая также регулируется настройкой 130.

Код G84 соответствует коду M3, т. е. вращению шпинделя по часовой стрелке. Код G74 соответствует вращению шпинделя против часовой стрелки, что устанавливается кодом M4.

Коды G74, G76, G81, G82, G83, G84, G85, G89 модальные. Их отмена осуществляется по команде G80, или G0, или G1.

Команды G98 и G99 устанавливают способы выполнения стандартных циклов. В случае активности кода G98 отвод инструмента после выполнения прохода будет осуществляться на начальный уровень; в случае активности кода G99 – на R-уровень.

Для некоторых циклов используется пауза P. Однажды заданная, данная пауза будет актуальна и для последующих циклов, в которых она предусмотрена.

Если в коде цикла не заданы координаты X/Y, то соответствующие координаты центра отверстия будут определяться исходя из текущего положения режущего инструмента. Задание в коде цикла Z, R и F обязательно.

4.1.1 Обработка группы отверстий при помощи стандартных циклов.

Между блоком с кодом цикла и блоком с кодом отмены цикла могут быть указаны адреса X и Y центра отверстий, которые необходимо обработать при помощи указанного цикла. Перемещение инструмента от центра одного отверстия к центру другого осуществляется ускоренно.

Пример фрагмента программы для центрования пяти отверстий. Первое отверстие центруется в исходном положении сверла.

```
G82 Z-4 R3 P1 F15
X45.5 Y62
Y137
X14 Y185
X29
G80
```

Если блоки в теле цикла или сам блок с кодом цикла содержат адрес L, то число, записанное по данному адресу, интерпретируется как количество отверстий, которые необходимо обработать. Адрес L комбинируется с кодом G91.

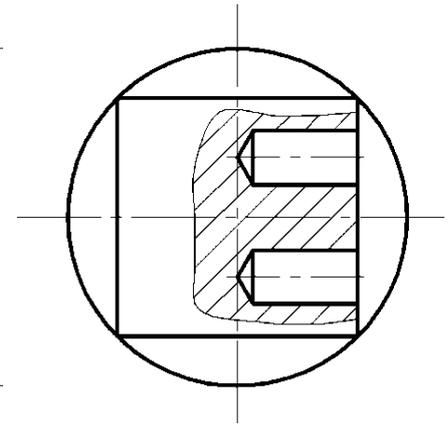
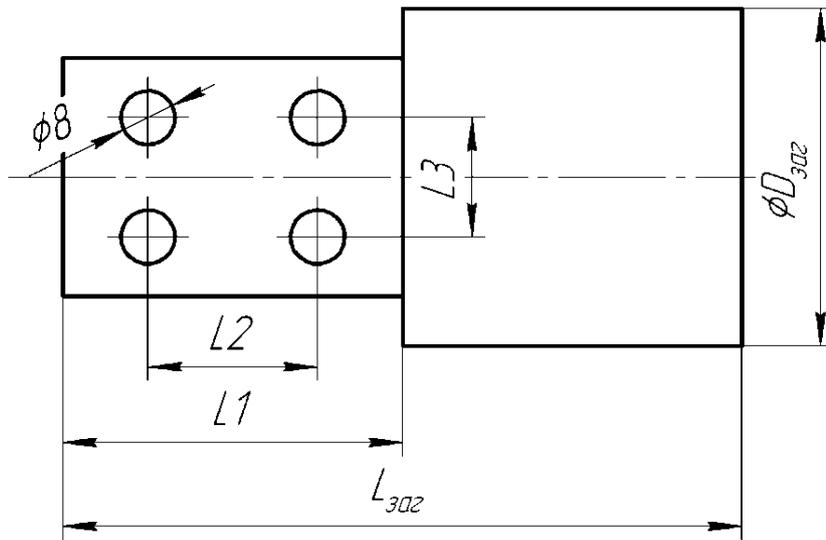
Пример фрагмента программы центрования двух рядов по три отверстия.

```
G82 X50 Y50 Z-4 R3 P1 F15
G91 X50 L2
G90 X50 Y100
G91 X50 L2
G80
```

Варианты заданий. Возможные варианты заданий для исполнения приведены на рисунке 4.3, размеры можно взять из таблицы 4.1.



Исполнение 1



Исполнение 2

Исполнение 3

Исполнение 4

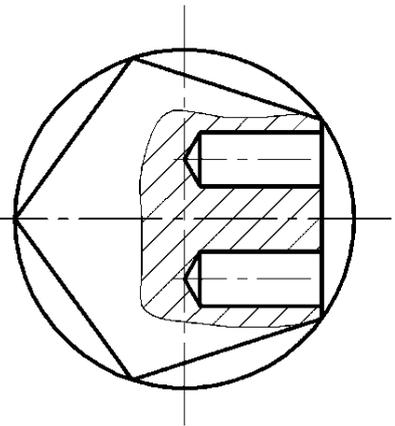
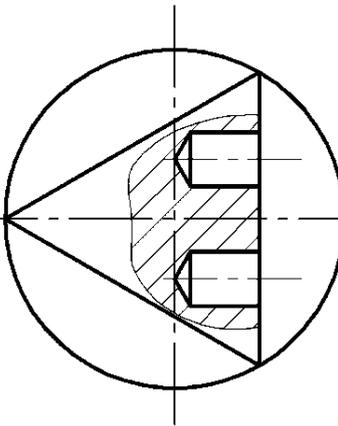
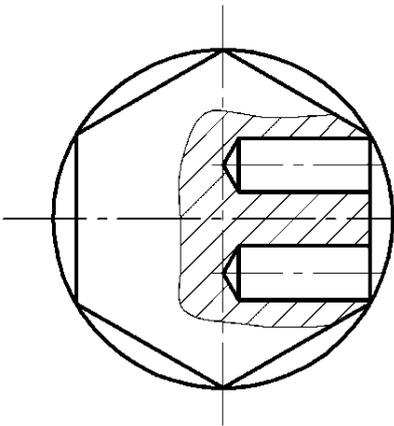


Рисунок 4.3 – Варианты заданий для выполнения

Таблица 4.1 – Размеры детали

Вариант	L1	L2	L3	Тип отверстия	Исполнение
1	$L_{заг}/2$	$L_{заг}/4$	10	Гладкое	1
2	$L_{заг}/2+5$	$L_{заг}/4$	11	С резьбой	2
3	$L_{заг}/2-5$	$L_{заг}/4$	12	Под развертку	3
4	$L_{заг}/2+10$	$L_{заг}/4-2$	13	Гладкое	4
5	$L_{заг}/2-10$	$L_{заг}/4-3$	10	С резьбой	1
6	$L_{заг}/2$	$L_{заг}/5$	11	Гладкое	2
7	$L_{заг}/2+5$	$L_{заг}/5$	12	С резьбой	3
8	$L_{заг}/2-5$	$L_{заг}/5$	13	Под развертку	4

Порядок выполнения работы

1 Изучить теоретические особенности управления, наладки и программирования фрезерного обрабатывающего центра в соответствии с настоящими рекомендациями.

2 Осуществить разработку текста управляющей программы в соответствии с чертежом детали.

3 Осуществить наладку станка на обработку: выполнить ввод текста управляющей программы в СЧПУ станка; выполнить привязку необходимого режущего инструмента.

4 Выполнить пробный прогон программы, устранить выявленные недостатки.

5 Закрыть дверь рабочей зоны.

6 Запустить управляющую программу.

7 После завершения обработки проверить размеры детали.

8 Оформить отчет по лабораторной работе, представить его преподавателю для проверки и защиты.

Список литературы

1 **Жолобов, А. А.** Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ : учебное пособие / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек, А. М. Федоренко. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 339 с.

2 Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ / В. И. Аверченков [и др.]. – Брянск : БГТУ, 2010. – 212 с.

3 Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве : учебное пособие / В. И. Аверченков [и др.]. – Брянск : БГТУ, 2010. – Ч. 1. – 303 с.

4 Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие / Ю. А. Бондаренко [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2011. – 292 с.

