

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ УКРАИНЫ
"КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
по курсу „Технологические процессы для станков с ЧПУ”
для русскоговорящих студентов,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров
6.0902 – инженерная механика

Составители: В. А. Пасечник
В. Н. Кореньков
Ю. В. Лашина

Утверждено Методическим советом НТУУ „КПИ”

Киев
„Политехника”
2008

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу „Технологические процессы для станков с ЧПУ” для русскоговорящих студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 6.0902 – инженерная механика / Составители В. А. Пасечник, В.Н. Кореньков, Ю.В. Лашина. – К.: „Политехника”, 2008. – ___ с.

Учебно-методическое издание

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по курсу „Технологические процессы для станков с ЧПУ”
для русскоговорящих студентов,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров
6.0902 – инженерная механика

Составители	Пасечник Виталий Анатольевич Кореньков Владимир Николаевич Лашина Юлия Викторовна
Ответственный редактор	Ю.В. Петраков
Рецензент	В.М. Гейчук (НТУУ „КПИ”)
Компьютерная верстка	В.А. Пасечник
Темплан 2008 г., поз. _____	

Содержание

Меры безопасности при выполнении лабораторных работ	4
Лабораторная работа 1. LEON XX - система числового программного управления технологическим оборудованием.....	5
Цель работы	5
1.1. Теоретические сведения	5
1.2. Порядок выполнения работы	9
1.3. Задания для выполнения работы	13
Контрольные вопросы	14
Лабораторная работа 2. Типовые переходы обработки основных поверхностей на токарных станках с ЧПУ	15
Цель работы	15
2.1. Теоретические сведения	15
2.2. Порядок выполнения работы	24
2.3. Задания для выполнения работы	25
Контрольные вопросы	27
Лабораторная работа 3. Типовые переходы обработки основных поверхностей на фрезерных станках с ЧПУ	28
Цель и основные задачи работы	28
3.1. Теоретические сведения	28
3.2. Порядок выполнения работы	34
3.3. Задания для выполнения работы	36
Контрольные вопросы	36

Меры безопасности при выполнении лабораторных работ

Система LEON XX на базе персонального компьютера является электрическим прибором, питание которого осуществляется от сети 220 В с заземлением и требует соблюдения всех правил безопасности при работе с электроприборами.

Никогда не присоединяйте или отключайте шаговые двигатели под напряжением, когда тумблер питания приводов находится в положении ВКЛ. Всегда переводите тумблер питания приводов в положение ВЫКЛ, перед подключением или отключением двигателей. Переходные процессы во время подключения/отключения двигателей, могут привести к повреждению двигателей или контроллеров.

Перед включением компьютера и загрузкой системы ЧПУ, убедитесь, что тумблер питания приводов в положении ВЫКЛ. Только после полной загрузки системы ЧПУ, можно перевести тумблер питания приводов в положение ВКЛ.

Не переводите тумблер питания приводов в положение ВЫКЛ, пока система ЧПУ работает. Система ЧПУ контролирует распределение нагрузки при одновременном движении по нескольким осям, без нее от перегрузки могут выйти из строя двигатели привода или блок питания приводов.

Если в процессе отработки программы Вы заметили, что перемещение элементов станка может привести к столкновению, необходимо немедленно остановить движение, для чего следует выбрать один из следующих вариантов остановки программы:

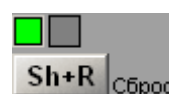
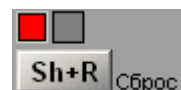
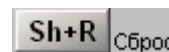
1. Нажать кнопку аварийной остановки станка.

Тем самым Вы переведете тумблер питания станка в положение ВЫКЛ. Возобновление работы в этом случае возможно только с начала программы.



2. Кликнуть мышкой на кнопке «Sh+R» или нажать на клавиатуре комбинацию клавиш «Shifr+R».

При этом индикатор над кнопкой начнет мигать красным цветом. После выявления и устранения причин возможной нештатной ситуации можно повторно кликнуть мышкой на кнопке «Sh + R» или нажать на клавиатуре комбинацию клавиш «Shift + R». При этом индикатор над кнопкой начнет светиться зеленым цветом. Система и станок готовы к продолжению работы по программе или в ручном режиме.



Лабораторная работа 1. LEON XX - система числового программного управления технологическим оборудованием

Цель работы

Ознакомление с технологическими возможностями и техническими характеристиками токарного станка с ЧПУ SM-300E и фрезерного станка с ЧПУ FP-25, оснащенных системой ЧПУ LEON XX на базе персонального компьютера.

1.1. Теоретические сведения

Для выполнения работы используется следующее оборудование:

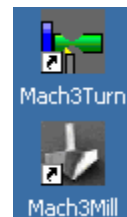
- Система ЧПУ LEON XX на базе персонального компьютера;
- Токарный станок с ЧПУ SM-300E;
- Фрезерный станок с ЧПУ FP-25.

1.1.1. Краткие сведения о системе ЧПУ LEON XX

Система управления LEON XX предназначена для управления в реальном масштабе времени фрезерными, токарными, специальными станками, измерительными машинами, столами раскроя листовых материалов, роботами и другими автоматическими устройствами. Она позволяет управлять шаговыми двигателями, серводвигателями, реле и другими электронными устройствами с количеством независимыми координат – до 6.

Запуск системы

Для вызова системы управления токарным станком необходимо на рабочем столе дважды кликнуть мышкой на ярлыке системы “Mach3Turn”.



Для вызова системы управления фрезерным станком необходимо на рабочем столе дважды кликнуть мышкой на ярлыке системы “Mach3Mill”.

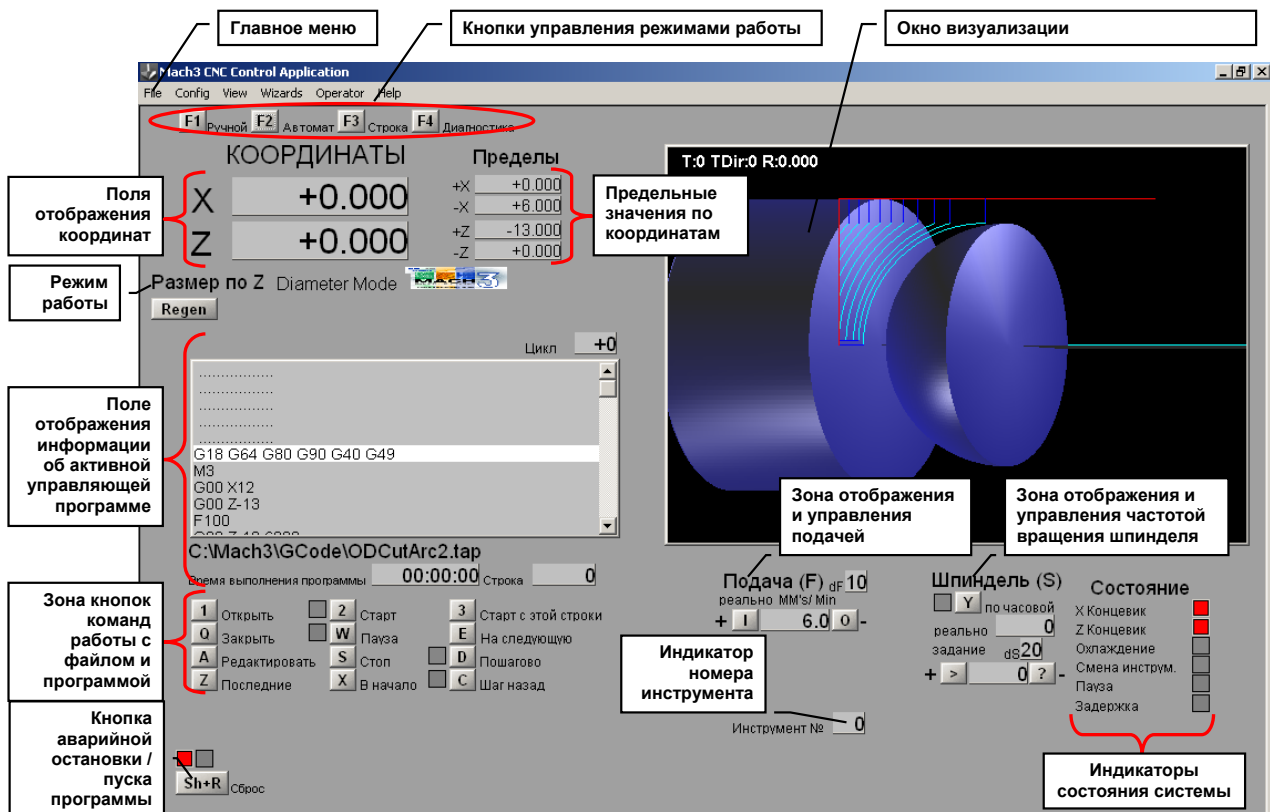
Интерфейс системы

Оба варианта системы имеют схожий интерфейс.

Главное меню (англоязычное) позволяет выполнить основные действия с файлами, настроить систему и вызвать встроенную САМ-систему подготовки управляющих программ.

Кнопки управления режимами работы системы позволяют настроить систему на работу в одном из следующих режимов:

- **F1 Ручной.** Позволяет непрерывно или по шагам управлять оборудованием. Данный режим используется для ознакомления с системой и настройки, например, для настройки нулевых точек.
- **F2 Автомат.** Режим работы оборудования по программе. Является основным рабочим режимом управления технологическим оборудованием (включая варианты непрерывной и пошаговой отработки программы).
- **F3 Строка.** Позволяет управлять станком вводя с клавиатуры строку в формате управляющей программы с возможностью последующей записи набранных строк в файл. Данный режим удобен для обучения, когда последовательно вводится, отрабатывается и редактируется каждый кадр управляющей программы, а после завершения, фрагмент сохраняется.
- **F4 Диагностика.** Позволяет путем сравнения требуемой величины перемещения и реальной (измеренной, например, с помощью индикатора) настроить коэффициенты передачи по каждой оси.



*Интерфейс системы ЧПУ LEON XX
(Mash3Turn в режиме «Автомат»)*

Окно визуализации в процессе отработки программы отображает конечный результат всей программы, траекторию перемещения и текущее положение инструмента. Данное окно отображается только в режимах «Автомат» и «Строка».

Поля отображения координат во всех режимах позволяет просмотреть и внести новые значения. Количество (от 2 до 6) и содержание координат зависит от настройки системы в соответствии с управляемыми координатами технологического оборудования. Для токарного станка с ЧПУ SM-300E будут отображаться координаты (X,Z), для фрезерного станка с ЧПУ FP-25 – координаты (X,Y,Z).

Предельные значения координат отображают предельно допустимые перемещения по каждой координате. Установить новые ограничения перемещений можно командой ...

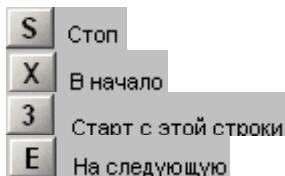
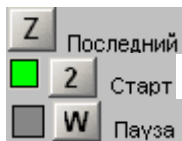
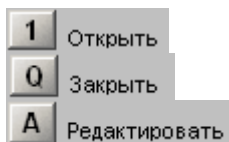
Режим работы (только для токарного варианта системы). Данное поле показывает, на какой из двух режимов работы настроена система:

- «Diameter mode» – для задания координат поперечного сечения тела вращения используются значения диаметра;
- «Radius mode» – при задании координат необходимо указывать значения радиуса.

Для изменения режима работы следует вызвать команду главного меню «Config / Ports & Pins» и в появившемся окне диалога на закладке «Turn Options» активировать требуемую опцию («Radius» или «Diameter»).

Поле отображения информации об активной управляющей программе (только в режиме «Автомат»). Позволяет видеть полное имя и полный путь к файлу управляющей программы, просматривать весь текст управляющей программы и видеть, какой из кадров этой программы в данный момент времени обрабатывается системой, анализировать информацию о времени работы по программе.

Зона кнопок команд работы с файлом и программой позволяет выполнять следующие действия:



- открыть и активизировать файл управляющей программы;
- закрыть активный файл управляющей программы;
- открыть активный файл управляющей программы в отдельном окне для редактирования;
- выбрать файл управляющей программы из архива;
- начать/продолжить выполнение активной программы;
- приостановить выполнение активной программы (продолжение возможно при нажатии на кнопку «2 – Старт»)
- остановить выполнение программы;
- установить программу на начало;
- указать строку программы, с которой начнется ее выполнение;
- перевести указатель активной строки на следующую строку, без отработки команды;
- выполнять программу пошагово. После каждого нажатия клавиши «2 – Старт», обрабатывается только следующая строка программы и выполнение программы приостанавливается;
- перевести указатель активной строки на предыдущую строку, без отработки команды.

Кнопка аварийной остановки/пуска программы индицирует состояние системы (красный индикатор – аварийный останов, зеленый индикатор – нормальная работа) и позволяет переключаться между этими двумя состояниями.

Зона отображения и управления подачей показывает заданную и реальную подачу, а также позволяет корректировать значение подачи во время работы по программе.

Увеличить фактическую подачу можно нажатием кнопки

Уменьшить фактическую подачу можно нажатием кнопки

Зона отображения и управления (только для оборудования, где такая возможность предусмотрена) **частотой вращения шпинделя** показывает заданную и реальную частоту вращения шпинделя, а также позволяет корректировать значение частоты вращения шпинделя во время работы по программе.

Увеличить фактическую частоту вращения шпинделя можно нажатием кнопки

Уменьшить фактическую частоту вращения шпинделя можно нажатием кнопки

Индикатор номера инструмента отображает номер инструмента, который при отработке данного кадра управляющей программы находится в работе.

Индикаторы состояния системы позволяют видеть:

- состояние конечных выключателей (если станок оснащен) по каждой координате;
- активность/пассивность системы подачи смазывающе-охлаждающей жидкости в зону обработки;
- замену инструмента;
- паузу или временную задержку в работе по программе.

Завершение работы с системой

Для завершения работы с системой следует:

1. Дождаться завершения либо принудительно завершить работу системы по программе;
2. Перевести выключатель питания приводов оборудования в положение ВЫКЛ;
3. Нажатием на кнопке «X» в правом верхнем углу окна завершить работу.

1.1.2. Краткие сведения о токарном станке с ЧПУ SM-300E



1.1.3. Краткие сведения о фрезерном станке с ЧПУ FP-25

1.2. Порядок выполнения работы

1.2.1. Ознакомление с токарным станком с ЧПУ SM 300E под управлением системы ЧПУ LEON XX

Для станка с ЧПУ SM 300E в отключенном состоянии замеряйте максимальный диаметр обточки над станиной, над суппортом, длину направляющих. Измерьте диаметр сквозного отверстия в шпинделе. Запишите полученные данные в протокол (табл. 1.1).



Запустите систему ЧПУ LEON XX и включите токарный станок с ЧПУ SM 300E.


Работа с системой ЧПУ LEON XX в режиме «Ручной»

Переключите систему ЧПУ LEON XX в режим «Ручной».

Убедитесь, что элементы станка находятся на безопасном расстоянии друг от друга и при начале движения исключается возможность их столкновения.

Определите имена и положительные значения управляемых координат токарного станка с ЧПУ SM 300E. Для этого, нажимая клавиши «↑», «↓», «←», «→», наблюдайте за изменением значения координат в поле отображения координат системы LEON XX и за движением рабочих органов станка. В протоколе лабораторной работы (рис. 1.1) нарисуйте схему станка с ЧПУ SM 300E и нанесите систему координат.

Определите дискретность приводов по каждой координате. Для этого переведите систему ЧПУ LEON XX в режим «Пошагово» (кнопка  Режим или клавиша «:» на клавиатуре) и убедитесь, что индикатор «Шаговый» светится желтым цветом. Установите минимальную дискретность перемещений «0.0001» в поле «Шаг». Сделать это можно, нажимая кнопку  или введя требуемое значение непосредственно с клавиатуры с подтверждением ввода нажатием клавиши «Enter». При минимальной дискретности перемещений станок будет обрабатывать не все команды перемещения, задаваемые нажатием на клавиши «↑», «↓», «←», «→», а только в том случае, когда сумма поданных сигналов будет соответствовать дискретности привода по координате. Подсчитайте количество нажатий на одну клавишу, умножьте на минимальное перемещение, указанное в поле «Шаг» и Вы получите дискретность привода. Например, при установленном шаге 0.0002 мм, привод срабатывает после 5-и нажатий на клавишу «→». Дискретность привода по соответствующей координате составляет 0.001 мм. Проверить правильность расчетов можно путем ввода фактического значения дискретности в поле «Шаг», в этом случае привод должен реагировать на каждое нажатие клавиши единичным перемещением без пропусков и без двойных срабатываний. Фактические значения дискретности по каждой координате для станка с ЧПУ SM 300E запишите в протокол (табл. 1.1).

Определите габариты рабочей зоны станка. Для этого переведите систему ЧПУ LEON XX в режим «Непрерывный» (кнопка  Режим или клавиша «:» на клавиатуре) и убедитесь, что индикатор «Непрерывный» светится желтым цветом. Переведите суппорт в крайнее левое положение (следите за отсутствием столкновений элементов станка!!!) и запишите показание индикатора по соответствующей координате. Переведите, соблюдая меры предосторожности, суппорт в крайнее правое положение и запишите следующее показание индикатора. Разница показаний и есть величина рабочей зоны по анализируемой координате. Повторите указанные действия с перемещением суппорта вперед и назад. Запишите результаты в таблицу протокола (табл. 1.1).

Определите предельные значения подач по каждой из координат. Для этого перейдите в режим непрерывного управления, нажмите клавишу на клавиатуре для перемещения вдоль требуемой координаты и в поле «Подача» системы ЧПУ LEON XX наблюдайте реальное значение. Запишите результаты в протокол (табл. 1.1).

Определите способ переключения ступеней и направления вращения шпинделя, регулирования и фактические значения частот вращения шпинделя для станка с ЧПУ SM 300E. Установите направление вращения шпинделя, соответствующее условиям резания.

Переключите рычаг в положение «N», вращайте регулятор и в поле «Шпиндель» системы ЧПУ LEON XX наблюдайте реальное значение частоты вращения шпинделя. Переключите рычаг в положение «V», вращайте регулятор и в поле «Шпиндель» системы ЧПУ LEON XX наблюдайте реальное значение частоты вращения шпинделя. Запишите результаты в протокол (табл. 1.1).

Работа с системой ЧПУ LEON XX в режиме «Автомат»

Внимание. Выполнение этой части работы проводится при отключенном шпинделе, без инструментов и заготовки. Убедитесь, что от суппорта до неподвижных элементов станка имеется не менее 50 мм в продольном и не менее 20 мм в поперечном направлениях.

Переключите систему ЧПУ LEON XX в режим «Автомат».

Нажмите кнопку «1 – Открыть» и выберите файл с тестовой управляющей программой «tok_1_1.txt». Просмотрите в поле отображения управляющей программы текст. Проанализируйте изображение в окне визуализации. Нажмите кнопку «D – Пошагово» и активизируйте опцию отработки программы по шагам. Многократно нажимая кнопку «2 – Старт» выполните программу по шагам, записывая в протокол (табл. 1.2) на каждом шаге координаты опорных точек траектории перемещения инструмента и значение подачи. Сделайте выводы о назначении слов «Gxx» и «Fxx» кадров управляющей программы. Зарисуйте в протокол (рис. 1.2) траекторию движения инструмента, выделяя участки движения на рабочей подаче и движения с ускоренной подачей.

Нажмите кнопку «D – Пошагово» и деактивируйте опцию отработки программы по шагам. Нажмите кнопку «2 – Старт» и выполните всю программу в автоматическом цикле. Время работы станка по программе запишите в протокол.

Работа с системой ЧПУ LEON XX в режиме «Строка»

Внимание. Выполнение этой части работы проводится при отключенном шпинделе, без инструментов и заготовки. Убедитесь, что от суппорта до неподвижных элементов станка имеется не менее 50 мм в продольном и не менее 20 мм в поперечном направлениях.

Переключите систему ЧПУ LEON XX в режим «Строка».

Нажмите кнопку «T – Начать обучение» (индикатор слева от кнопки должен светиться зеленым цветом).

Введите с клавиатуры последовательность кадров управляющей программы, нажимая после ввода каждого из них клавишу «Enter».

```
G90 G00 X20 Z10
X11 Z0
G01 X-1 F60
G00 X-5 Z2
G01 Z-10
X-10 Z-15 F30
G00 X20 Z10
```

Наблюдайте на станке и в поле отображения системы ЧПУ LEON XX за перемещениями элементов станка. Результаты наблюдений заносите протокол (табл. 1.3). После завершения ввода всех кадров нажмите клавишу «G – Закончить обучение». Загрузите строки в буфер обмена информацией – клавиша «B – Загрузить/Отредактировать». Переключите систему ЧПУ в режим «Автомат» и сохраните текст программы в файле.

Зарисуйте в протокол (рис. 1.3) траекторию движения инструмента, выделяя участки движения на рабочей подаче и движения с ускоренной подачей.

Выполните программу сначала в пошаговом, а затем в непрерывном режимах. Время работы станка по программе запишите в протокол.

Работа с системой ЧПУ LEON XX в режиме «Диагностика»

Работа с системой ЧПУ LEON XX в режиме «Диагностика» будет рассмотрена в лабораторной работе № 5.

1.2.2. Ознакомление с фрезерным станком с ЧПУ FP-25 под управлением системы ЧПУ LEON XX

Для станка с ЧПУ FP-25 в отключенном состоянии замеряйте размеры рабочей поверхности стола, расстояние от торца шпинделя (в крайнем верхнем положении) до стола. Запишите полученные данные в протокол (табл. 1.4).



Запустите систему ЧПУ LEON XX и включите токарный станок с ЧПУ FP-25.


Работа с системой ЧПУ LEON XX в режиме «Ручной»

Переключите систему ЧПУ LEON XX в режим «Ручной».

Убедитесь, что элементы станка находятся на безопасном расстоянии друг от друга и при начале движения исключается возможность их столкновения.

Определите имена и положительные значения управляемых координат токарного станка с ЧПУ FP-25. Для этого, нажимая клавиши «↑», «↓», «←», «→», «PgUp», «PgDn» наблюдайте за изменением значения координат в поле отображения координат системы LEON XX и за движением рабочих органов станка. В протоколе лабораторной работы (рис. 1.4) нарисуйте схему станка с ЧПУ FP-25 и нанесите систему координат.

Определите дискретность приводов по каждой координате. Для этого переведите систему ЧПУ LEON XX в режим «Пошагово» (кнопка  Режим или клавиша «:» на клавиатуре) и убедитесь, что индикатор «Шаговый» светится желтым цветом. Установите минимальную дискретность перемещений «0.0001» в поле «Шаг». Сделать это можно, нажимая кнопку  или введя требуемое значение непосредственно с клавиатуры с подтверждением ввода нажатием клавиши «Enter». При минимальной дискретности перемещений станок будет обрабатывать не все команды перемещения, задаваемые нажатием на клавиши «↑», «↓», «←», «→», «PgUp», «PgDn», а только в том случае, когда сумма поданных сигналов будет соответствовать дискретности привода по координате. Подсчитайте количество нажатий на одну клавишу, умножьте на минимальное перемещение, указанное в поле «Шаг» и Вы получите дискретность привода. Например, при установленном шаге 0.0002 мм, привод срабатывает после 5-и нажатий на клавишу «→». Дискретность привода по соответствующей координате составляет 0.001 мм. Проверить правильность расчетов можно путем ввода фактического значения дискретности в поле «Шаг», в этом случае привод должен реагировать на каждое нажатие клавиши единичным перемещением без пропусков и без двойных срабатываний. Фактические значения дискретности по каждой координате для станка с ЧПУ FP-25 запишите в протокол (табл. 1.4).

Определите габариты рабочей зоны станка. Для этого переведите систему ЧПУ LEON XX в режим «Непрерывный» (кнопка  Режим или клавиша «:» на клавиатуре) и убедитесь, что индикатор «Непрерывный» светится желтым цветом. Переведите суппорт в крайнее левое положение (следите за отсутствием столкновений элементов станка!!!) и запишите показание индикатора по соответствующей координате. Переведите, соблюдая меры предосторожности, суппорт в крайнее правое положение и запишите следующее показание индикатора. Разница показаний и есть величина рабочей зоны по анализируемой координате. Повторите указанные действия с перемещением суппорта вперед и назад, вверх и вниз. Запишите результаты в протокол (табл. 1.4).

Определите предельные значения подач по каждой из координат. Для этого перейдите в режим непрерывного управления, нажмите клавишу на клавиатуре для перемещения вдоль требуемой координаты и в поле «Подача» системы ЧПУ LEON XX наблюдайте реальное значение. Запишите результаты в протокол (табл. 1.4).

Определите способ переключения ступеней и направления вращения шпинделя, регулирования и возможные значения частот вращения шпинделя для станка с ЧПУ FP-25. Запишите результаты в протокол (табл. 1.4).

Работа с системой ЧПУ LEON XX в режиме «Автомат»

Внимание. Выполнение этой части работы проводится при отключенном шпинделе, без инструментов и заготовки. Убедитесь, что от рабочего стола до неподвижных элементов станка имеется не менее 50 мм.

Переключите систему ЧПУ LEON XX в режим «Автомат».

Нажмите кнопку «1 – Открыть» и выберите файл с тестовой управляющей программой «*frez_1_1.txt*». Просмотрите в поле отображения управляющей программы текст. Проанализируйте изображение в окне визуализации. Нажмите кнопку «D – Пошагово» и активизируйте опцию отработки программы по шагам. Многократно нажимая кнопку «2 – Старт» выполните программу по шагам, записывая на каждом шаге в протокол (табл. 1.5) координаты опорных точек траектории перемещения инструмента и значение подачи. Сделайте выводы о назначении слов «Gxx» и «Fxx» кадров управляющей программы. Зарисуйте в протокол траекторию движения инструмента, выделяя участки движения на рабочей подаче и движения с ускоренной подачей.

Нажмите кнопку «D – Пошагово» и деактивируйте опцию отработки программы по шагам. Нажмите кнопку «2 – Старт» и выполните всю программу в автоматическом цикле. Время работы станка по программе запишите в протокол.

Работа с системой ЧПУ LEON XX в режиме «Строка»

Внимание. Выполнение этой части работы проводится при отключенном шпинделе, без инструментов и заготовки. Убедитесь, что от рабочего стола до неподвижных элементов станка имеется не менее 50 мм.

Переключите систему ЧПУ LEON XX в режим «Строка».

Нажмите кнопку «T – Начать обучение» (индикатор слева от кнопки должен светиться зеленым цветом).

Введите с клавиатуры последовательность кадров управляющей программы, нажимая после ввода каждого из них клавишу «Enter».

```
G90 G00 X100 Y80 Z100
X60 Y50 Z20
G01 Y-10 F30
G00 X45
G01 Y50 F30
G00 X30 Z25
G01 Y-10 F30
G00 X15
G01 Y50 F30
G00 X0
G01 Y-10 F30
G00 X100 Y80 Z100
```

Наблюдайте на станке и в поле отображения системы ЧПУ LEON XX за перемещениями элементов станка. Результаты наблюдений заносите в протокол (табл. 1.6). После завершения ввода всех кадров нажмите клавишу «G – Закончить обучение». Загрузите строки в буфер обмена информацией – клавиша «B – Загрузить/Отредактировать». Переключите систему ЧПУ в режим «Автомат» и сохраните текст программы в файле.

Зарисуйте в протокол траекторию движения инструмента, выделяя участки движения на рабочей подаче и движения с ускоренной подачей.

Выполните программу сначала в пошаговом, а затем в непрерывном режимах. Время работы станка по программе запишите в протокол.

1.2.3. Обработка тестовой детали на токарном станке с ЧПУ SM 300E

Подготовка исходных данных

В соответствии с индивидуальным заданием (п.п. 1.3) подготовьте эскиз детали и траекторию движения инструмента. Перенесите подготовленные данные в протокол (рис. 1.7). Рассчитайте и занесите в протокол (табл. 1.7) координаты опорных точек.

Назначьте по согласованию с руководителем и занесите в протокол (табл. 1.7) значения подач и частот вращения на каждом участке. Подготовьте и запишите в файл управляющую программу.

Проверка управляющей программы без заготовки и инструмента

Загрузите файл в систему ЧПУ LEON XX и в режиме «Автомат» проверьте корректность отображения траектории. Активизировав опцию «Пошагово», выполните программу по шагам. Исправьте выявленные ошибки.

Обработка тестовой детали

Установите заготовку и инструмент. Осуществите привязку нуля. Соблюдая меры безопасности выполните обработку пробной детали. Измерьте полученные размеры. В случае получения годной детали сфотографируйте ее и снимите со станка, иначе – внесите изменения в программу либо скорректируйте координаты на стойке ЧПУ. Запишите в протокол время выполнения программы, наклейте фотографию обработанной детали.

1.2.4. Обработка тестовой детали на фрезерном станке с ЧПУ FP-25

Подготовка исходных данных

В соответствии с индивидуальным заданием (п.п. 1.3) подготовьте эскиз детали и траекторию движения инструмента. Перенесите подготовленные данные в протокол (рис. 1.9). Рассчитайте и занесите в протокол (табл. 1.8) координаты опорных точек.

Назначьте по согласованию с руководителем и занесите в протокол (табл. 1.8) значения подач и частот вращения на каждом участке. Подготовьте и запишите в файл управляющую программу.

Проверка управляющей программы без заготовки и инструмента

Загрузите файл в систему ЧПУ LEON XX и в режиме «Автомат» проверьте корректность отображения траектории. Активизировав опцию «Пошагово», выполните программу по шагам. Исправьте выявленные ошибки.

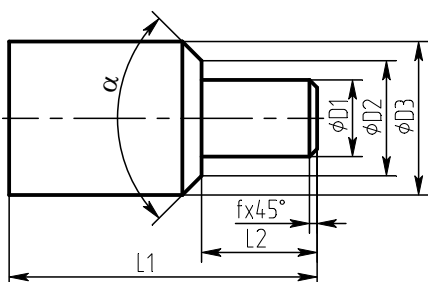
Обработка тестовой детали

Установите заготовку и инструмент. Осуществите привязку нуля. Соблюдая меры безопасности выполните обработку пробной детали. Измерьте полученные размеры. В случае получения годной детали сфотографируйте ее и снимите со станка, иначе – внесите изменения в программу либо скорректируйте координаты на стойке ЧПУ. Запишите в протокол время выполнения программы, наклейте фотографию обработанной детали.

1.3. Задания для выполнения работы

Таблица 1.1

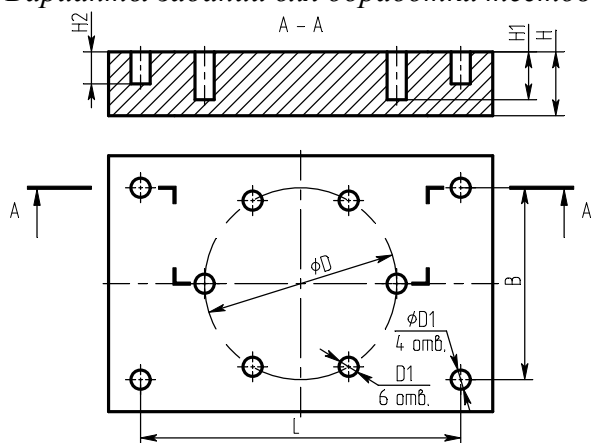
Варианты заданий для обработки тестовой детали на токарном станке с ЧПУ SM 300E



Вариант	D1	D2	D3	L1	L2	f	α
1	5	7	10	30	15	2	60
2	5	7	12	30	20	2	90
3	6	10	12	30	15	2	120
4	6	10	14	26	15	2	60
5	8	9	12	26	10	1	90
6	8	12	14	26	16	1	120
7	5	7	10	22	10	1	60
8	5	7	12	22	16	1	90
9	6	10	14	18	10	1	120
10	6	8	10	18	8	1	60

Таблица 1.2

Варианты заданий для обработки тестовой детали на фрезерном станке с ЧПУ FP-25



Вариант	L	B	D	D1	H	H1	H2
1	30	20	20	4	20	8	10
2	40	24	20	6	20	10	8
3	30	24	24	4	20	4	6
4	40	30	24	6	20	6	4
5	30	30	30	4	20	8	6
6	40	36	30	6	20	10	8
7	30	36	32	4	20	4	10
8	40	32	32	6	20	6	8
9	30	32	36	4	20	8	6
10	40	20	36	6	20	10	4

Контрольные вопросы

1. Какие меры безопасности следует соблюдать при выполнении лабораторной работы?
2. Каковы Ваши действия при возникновении или возможности возникновения нештатной ситуации (например, возможности соударения различных элементов станка)?
3. Каким образом следует вводить станок и систему ЧПУ LEON XX в работу?
4. Какие режимы работы системы ЧПУ LEON XX Вы знаете? Кратко охарактеризуйте их назначение.
5. Как изменить настройку предельных перемещений по управляемым координатам?
6. Что означают режимы «Diameter mode» и «Radius mode» при токарной обработке? Как можно переключиться между этими режимами?
7. Охарактеризуйте действия кнопок команд работы с файлом и программой в режиме «Автомат».
8. Как можно управлять фактической подачей в различных режимах работы системы?
9. Как можно управлять фактической частотой вращения шпинделя в различных режимах работы системы?
10. Назовите основные элементы токарного станка с ЧПУ SM 300E.
11. Назовите основные элементы фрезерного станка с ЧПУ FP-25.
12. Как в режиме «Ручной» переключаться и изменять параметры перемещений?
13. Как экспериментально определить дискретность приводов станка с ЧПУ?
14. Как экспериментально определить габариты рабочей зоны токарного станка с ЧПУ?
15. Как регулируется подача и частота вращения шпинделя на токарном станке с ЧПУ SM 300E?
16. Что означают слова «G__» и «F__» кадров управляющей программы?
17. Как в режиме «Строка» реализуется обучение станка с записью программы?

Номер кадра «N» указывать обязательно только в том случае, если в программе осуществляется переход на данный кадр. В остальных случаях номер кадра указывать не обязательно.

Подготовительные функции «G» определяют режим и условия работы станка и устройства ЧПУ. Они кодируются от «G00» до «G99», за каждой из которых закреплено определенное значение. В пределах одного кадра не допускается употребление слов подготовительная функция, принадлежащих одной группе (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Группы подготовительных функций

Группа	Функции группы
Модальные группы подготовительных функций	
1 – перемещения	G00, G01, G02, G03, G38.2, G80, G82, G84, G85, G86, G87, G88, G89
2 – выбора плоскости	G17, G18, G19
3 – режима расстояний	G90, G91
5 – режима подачи	G93, G94
6 – единиц величин	G20, G21
7 – коррекции радиуса	G40, G41, G42
8 – вылета инструмента	G43, G49
10 – режима возврата из цикла	G98, G99
12 – выбора системы координат	G54, G55, G56, G57, G58, G59, G59xxx
13 – управления перемещением	G61, G61.1, G64
Не модальная группа подготовительных функций	
0	G04, G10, G28, G30, G53, G92, G92.1, G92.2, G92.3

Размерные перемещения в кадрах указывают в абсолютных значениях (функция «G90») или в приращениях (функция «G91»). *Линейные перемещения* можно задавать в миллиметрах (функция «G21») или в дюймах (функция «G20»). *Угловые перемещения* определяют в градусах или радианах, а для некоторых элементов станка, например, для поворотных столов, угловые величины определяют в десятичных долях оборота.

Параметры интерполяции или шаг резьбы определяют либо с какими отклонениями от теоретического контура допускается реальное перемещение, либо с каким шагом нарезается резьба.

Функция подачи определяет скорость подачи (далее – подача), которую кодируют числом. Единицы для задания подачи определяют одной из подготовительных функций: если значение подачи указывается только для определенной оси, то выражение для «F» должно следовать непосредственно за словом *размерное перемещение* вдоль данной оси; если же подача указывается как результирующее значение для двух или более осей – она должна следовать за последним в кадре словом *размерное перемещение*

- G93 – функция обратная времени. Например, «G93 F2» – означает, что перемещение нужно выполнить за полминуты;
- G94 – скорость движения задается в мм/мин;
- G95 – скорость линейного перемещения на один оборот шпинделя.

Функция главного движения определяет скорость главного движения. Данная функция используется, если привод главного движения имеет средства управления.

Вспомогательные функции «M» определяют технологические команды и условия обработки. Такие функции определяют остановки в программе направления вращения шпинделя, управление подачей смазывающе-охлаждающей жидкости, зажимом/разжимом заготовки и тому подобное. Вспомогательные функции кодируются от «M00» до «M99», за каждой из которых закреплено определенное значение. В пределах одного кадра не допускается употребление слов вспомогательная функция, принадлежащих одной группе (табл. 2.2).

Группы вспомогательных функций

Группа	Функции группы
Модальные группы вспомогательных функций	
4 – остановки	M00, M01, M02, M03
6 – смены инструмента	M06
7 – вращения шпинделя	M03, M04, M05
8 – охлаждения	M07, M08, M09
9 – ручной коррекции	M48, M49

Функция инструмента «Т» задает номер (позицию) инструмента в магазине или револьверной головке.

Значения

Значения в словах могут задаваться:

- в явном виде – в виде чисел;
- в виде параметров – значений хранящихся в отдельном файле;
- в виде выражений – значений вычисляемых перед выполнением команды.

Число

Числа определяют значения команд или перемещений по координатам и состоят из:

- не обязательного знака «+» или «-»;
- цифр от 0 до 9;
- не обязательной точки, отделяющей целую и дробную части действительного числа.

Параметр

Параметр – это знак «#» перед целым числом из диапазона 1-5399. Это число – номер параметра в файле.

Знак «#» имеет преимущество перед другими операторами. Например, «#1+2» означает, что числовое значение будет равно значению параметра 1, увеличенному на 2, а не параметру 3. Чтобы указать на параметр 3 нужно записать «#[1+2]». Если знак «#» повторяется дважды (##2), это означает, что число находится в параметре, номер которого указан в параметре 2.

Выражения и операции

Выражение – это набор символов, начинающийся левой квадратной скобкой «[» и оканчивающийся правой квадратной скобкой «]». Внутри квадратных скобок могут находиться числа, параметры, математические действия и др. Результатом вычисления выражения является число, которое используется интерпретатором при выполнении программы.

Пример выражения:

$$[1 + \text{acos}[0] - [\#3 ** [4.0/2]]]$$

Операции могут встречаться только внутри квадратных скобок. Всего допускается использовать девять операций, имеющих 3 уровня приоритета (табл. 2.3).

Если операторы встречаются в выражении подряд, например,

$$[2.0 / 3 * 1.5 - 5.5 / 11.0]$$

то сначала выполняются операторы первого уровня, затем второго и только потом третьего. Если подряд встречаются несколько операторов одного уровня, то выполняются они слева направо. Порядок действий в выражении можно регулировать скобками.

Таблица 2.3

Математические и логические операции

Уровень	Операция	Описание	Пример	
			Запись	Результат
1	**	возведение в степень	3**2	9
2	*	умножить	3*2	6
	/	разделить	3/2	1.5
	mod	остаток от деления нацело	3 mod 2	1
3	+	сложить	3+2	5
	-	вычесть	3-2	1
	or	логическое «ИЛИ»	(2<3) or (3<4)	true
	xor	логическое «исключающее ИЛИ»	(2<3) xor (3<4)	false
	and	логическое «И»	(2<3) and (3<4)	true

Функции

Функции выполняют определенные действия с аргументами и возвращают в точку своего вызова результата. Можно использовать функции, представленные в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Математические и тригонометрические функции

Функция	Математическая запись	Описание	Пример	
			Запись	Результат
ABS[x]	$\sin(x)$	модуль	ABS[-2.8]	2.8
ACOS[x]	$\arccos(x)$	арккосинус	ACOS[0.5]	60
ASIN[x]	$\arcsin(x)$	арксинус	ASIN[0.5]	30
ATAN[x]	$\text{arctg}(x)$	арктангенс	ATAN[1]	45
COS[x]	$\cos(x)$	косинус	COS[45]	0.71
EXP[x]	e^x	экспонента	EXP[1]	2.72
FIX[x]	-	округление к меньшему	FIX[2.8]	2
			FIX[-2.8]	-3
FUP[x]	-	округление к большему	FUP[2.8]	3
			FUP[-2.8]	-2
LN[x]	$\ln(x)$	натуральный логарифм	LN[2]	0.69
ROUND[x]	-	округление до ближайшего целого	ROUND[2.8]	3
			ROUND[2.2]	2
SIN[x]	$\sin(x)$	синус	SIN[45]	0.71
SQRT[x]	\sqrt{x}	квадратный корень	SQRT[9]	3
TAN[x]	$\text{tg}(x)$	тангенс	TAN[45]	1

Примечание. Аргумент функций, COS, SIN и TAN записывается в градусах. Значения, возвращаемые функциями ACOS, ASIN и ATAN – тоже в градусах.

2.1.2. Основные команды управляющих программ

Команды задания расстояний

Команда G90 активизирует отсчёт перемещений от начала текущей системы координат. Команда G91 активизирует отсчёт перемещений от текущего положения через приращения по соответствующим координатам.

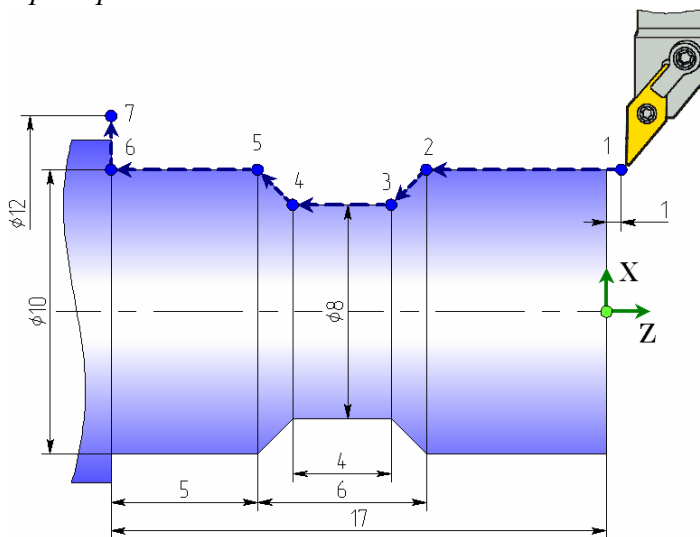
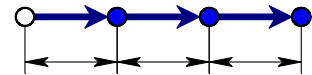
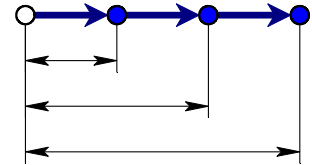
Формат:

G90 – команда вводит в действие абсолютную систему отсчёта, в которой все размеры должны быть указаны от начальной точки текущей системы координат.

Формат:

G91 – команда вводит в действие систему отсчёта в приращениях, при которой координаты каждой последующей точки перемещения инструмента определяются относительно координат предыдущей точки.

Пример:



```
G90 G01
X5 Z-6 (точка 2)
X4 Z-7 (точка 3)
Z-11 (точка 4)
X5 Z-12 (точка 5)
Z-17 (точка 6)
X6 (точка 7)
...
```

```
...
G91 G01
Z-7 (точка 2)
X-1 Z-1 (точка 3)
Z-4 (точка 4)
X1 Z-1 (точка 5)
Z-5 (точка 6)
X1 (точка 7)
```

Команда быстрого позиционирования

По этой команде происходит позиционирование инструмента из текущей позиции (точка 1) в точку с координатами $\langle X, Y, Z \rangle$ (точка 2) без обработки и с максимальной скоростью перемещения.

Формат:

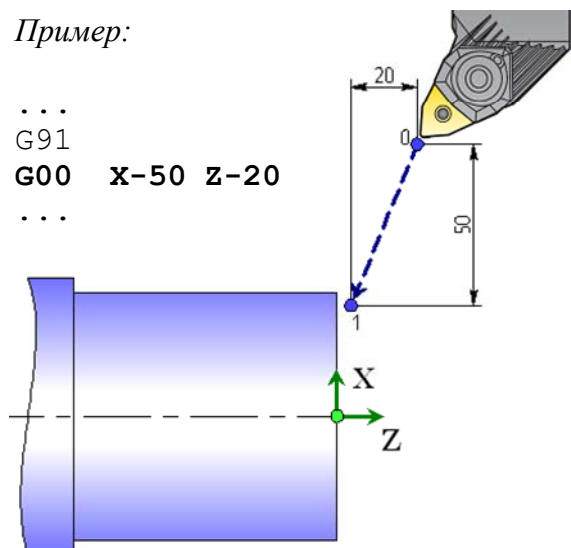
G00 X__ Y__ Z__

Примечания:

- команда не предназначена для процесса резания;
- перемещения по осям могут быть нескордированы;
- ранее заданная рабочая подача не отменяется;
- максимальное значение подачи в системе ЧПУ LEON XX устанавливается командой меню «Config / Motor tuning»;
- фактическая подача может отличаться от заданной.

Пример:

```
...
G91
G00 X-50 Z-20
...
```



Команда линейной интерполяции

При линейной интерполяции движение инструмента происходит по прямой линии с заданной постоянной скоростью из текущего положения (точка 1) в точку с координатами $\langle X, Y, Z \rangle$ (точка 2).

Формат:

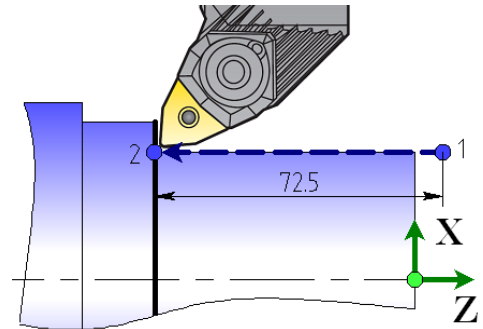
G01 X__ Y__ Z__

Примечание:

- если значение подачи явно не указано в управляющей программе, то принимается значение, равное максимальному (т.е., ускоренной подаче)

Пример:

```
...
G91 F200
G01 Z-72.5
...
```



Команды круговой интерполяции

Команда G02 используется для программирования движения по дуге окружности от текущей точки по направлению часовой стрелки, а команда G03 – против часовой стрелки. Для указания плоскости круговой интерполяции, коррекции положения вершины инструмента и пр. используются команды: G17 – задание плоскости XY; G18 – задание плоскости XZ; G19 – задание плоскости YZ.

Команды G02, G03 бывают:

- с указанием радиуса и конечной точки,
- с указанием конечной точки и смещения центра относительно текущей точки.

Формат:

G02 X__ Z__ R__

или

G02 X__ Z__ I__ K__

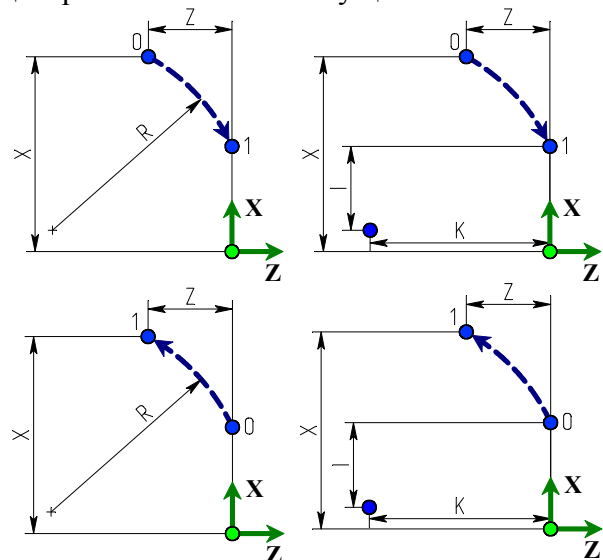
G03 X__ Z__ R__

или

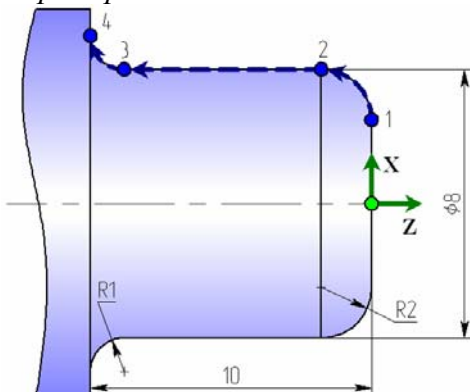
G03 X__ Z__ I__ K__

Примечания:

- форматы для плоскости обработки XZ (активизируется функцией G18);
- если радиус R положителен, то дуга будет $0^\circ \div 180^\circ$, иначе $180^\circ \div 359,999^\circ$



Пример:

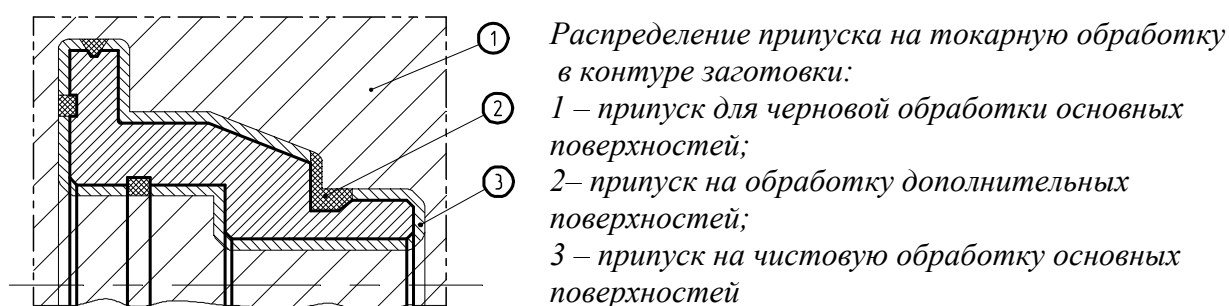


```
...
G91
G18
G00 X2 Z0 (точка 1)
G03 X4 Z-2 R2 (точка 2)
G01 Z-9 (точка 3)
G02 X9 Z-10 R1 (точка 4)
...
```

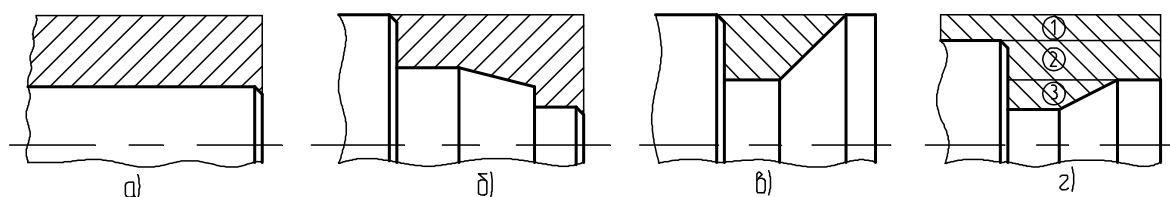
2.1.3. Типовые переходы обработки основных поверхностей

Определения элементов припуска

После назначения припусков на чистовую обработку основных поверхностей детали общий припуск на обработку, которая выполняется на токарном станке с ЧПУ, разбивают на несколько промежуточных. С помощью линий, эквидистантных к основным элементам контура и отдаленных от каждого из них на расстояние чистового припуска строят *черновой контур детали*. В местах расположения дополнительных элементов определяют припуски (2) на обработку дополнительных поверхностей (между черновым контуром детали и контурами дополнительных поверхностей – канавок, резьбы и тому подобное). Между контуром заготовки и черновым контуром детали формируется припуск (1) на черновую обработку. Между черновым и чистовым контуром детали, с учетом припусков под последующую обработку, формируется припуск на чистовую обработку (3). Припуски на черновую и чистовую обработку разбивают на зоны в соответствии с переходами.



Каждая зона токарной обработки на станках с ЧПУ, как правило, отвечает одному технологическому переходу и формируется в зависимости от конфигурации черного или чистового контура детали и технологических возможностей режущего инструмента, который выполняет данный переход. Для резцов такие технологические возможности определяются основным и вспомогательным углом в плане. В зависимости от конфигурации участка черного или чистового контура детали, который формируется технологическим переходом, зоны обработки делят на *открытые, полуоткрытые, закрытые и комбинированные*.



Зоны токарной обработки:

а – открытая; б – полуоткрытая; в – закрытая; г – комбинированная

Открытая зона формируется при снятии припуска на цилиндрической, и в некоторых случаях, конической поверхности. При выборе резца для этой зоны никакие ограничения на главный и дополнительный углы в плане не налагаются.

Полуоткрытая зона предусматривает наличие с левой стороны торцевой или конической с большим углом наклона поверхности, которые налагают ограничение на главный угол в плане.

Закрытые зоны встречаются преимущественно при обработке дополнительных поверхностей и налагают ограничение, как на главный, так и на дополнительный углы резца в плане. Особый вид закрытой зоны составляют закрытые зоны на торцевых поверхностях (канавки), которые налагают ограничение и на сечение резца (он должен закругляться в соответствии с радиусом, на котором ведется обработка).

Комбинированная зона является совокупностью нескольких зон, описанных выше.

Типовые схемы переходов при черновой токарной обработке основных поверхностей

Таблица 2.5

Типовые схемы переходов при черновой токарной обработке основных поверхностей

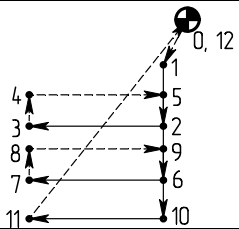
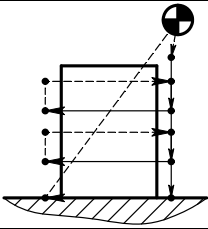
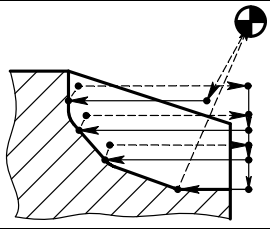
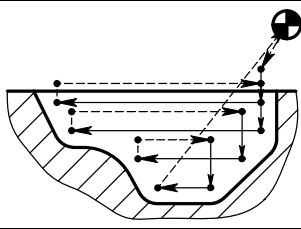
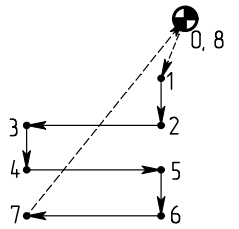
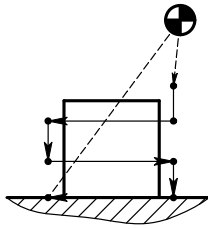
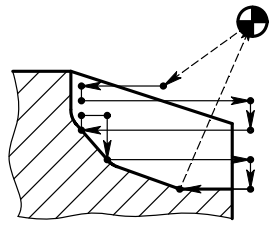
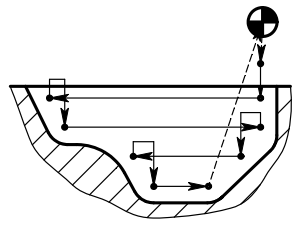
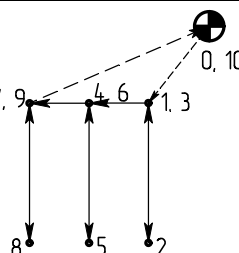
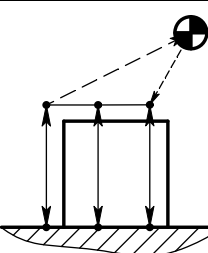
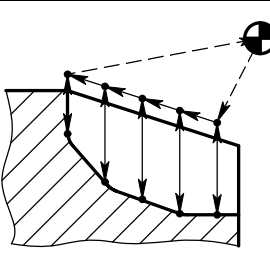
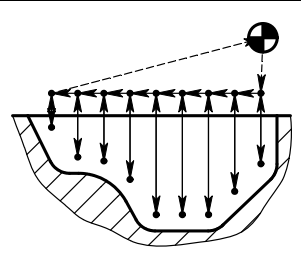
Схема перехода	Реализация перехода для зон обработки		
	Открытая	Полуоткрытая	Закрытая
Петля			
			
Виток (зигзаг)			
			
Спуск			
			

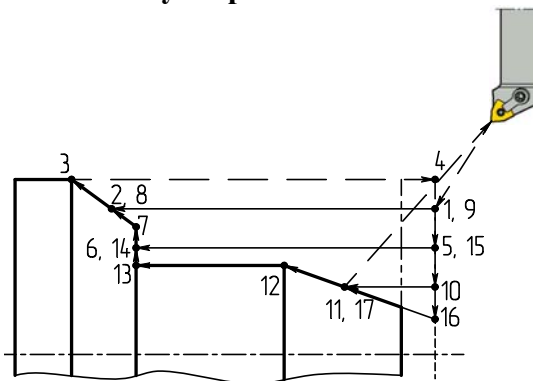
Схема «петля» предусматривает рабочие ходы в одном направлении. По окончании каждого из них инструмент отводится на небольшое расстояние (около 0,5 мм) от обработанной поверхности и возвращается во время вспомогательного хода назад. Такую схему чаще всего применяют при обработке открытых и полуоткрытых зон.

Схема «виток» («зигзаг») предусматривает работу инструмента на прямой и обратной подаче. Обратите внимание, что при прямом и обратном движении передний и задний угол резца в плане меняются.

Схема «спуск» предусматривает сьем припуска при радиальном перемещении резца. Чаще всего такую схему используют при черновых проходах для закрытых зон.

Типовые схемы переходов при черновой обработке полуоткрытых зон

Черновая схема с подбором отличается тем, что после прямолинейного рабочего хода инструмент движется вдоль чернового контура детали (вплоть до уровня предыдущего прохода), срезая при этом оставшийся материал. Как следствие, для следующей обработки остается равномерный припуск по всему контуру. Для увеличения стойкости инструмента при использовании этой схемы назначают две подачи: 1) основную, действующая при движении на продольной подаче; 2) подачу подбора, действующую при срезании гребешков, при перемещении вдоль контура детали.



2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Подготовка индивидуального задания

Начертите в среде САД и распечатайте эскиз индивидуального варианта детали. Нанесите все необходимые размеры, проставьте шероховатости поверхностей.

Наклейте эскиз в журнал выполнения лабораторных работ (рис. 2.1).

2.2.2. Проектирование технологии обработки

Сформируйте зоны припусков на обработку, для чего:

- после определения величины припуска на чистовую обработку вычертите черновой контур детали;
- выделите зону припуска для черновой обработки;
- начертите эскиз зон припусков в журнале лабораторных работ (рис. 2.2)

2.2.3. Проектирование траектории движения инструмента

Для полуоткрытой зоны согласуйте с преподавателем и запишите в журнал выполнения лабораторных работ схему снятия чернового припуска (*с подбором, с зачистным проходом, эквидистантная, контурная*). Назначьте и запишите в протокол глубину резания черновой обработки.

В соответствии с принятыми решениями начертите траекторию движения инструмента, пронумеровав ее узловые точки. Наклейте в журнал для выполнения лабораторных работ разработанную схему (рис. 2.3).

Занесите в таблицу 2.1 протокола координаты всех точек траектории с указанием режима обработки соответствующих участков траектории.

2.2.4. Подготовка и тестирование файла управляющей программы

В соответствии с правилами записи управляющих программ для системы ЧПУ LEON XX подготовьте в любом текстовом редакторе «Блокнот» и запишите в файл управляющую программу для черновой обработки индивидуального варианта детали. Переименуйте файл, присвоив ему расширение «*.nc». Вызовите программу симуляции обработки *CNC-Simulator*. Настройте параметры инструмента и заготовки. Проверьте работу управляющей программы. После исправления всех замеченных ошибок сделайте копию экрана, распечатайте ее и вклейте в журнал для выполнения лабораторных работ (рис. 2.4). Распечатайте и вклейте в журнал для выполнения лабораторных работ текст управляющей программы.

2.2.5. Настройка станка и обработка детали

Скопируйте на компьютер, управляющий станком с ЧПУ мод. SM-300E файл управляющей программы. Включите станок и систему ЧПУ LEON XX. В режиме «Автомат» откройте файл управляющей программы и убедитесь в том, что отображаемая в окне визуализации траектория и деталь соответствуют индивидуальному заданию.

Соблюдая меры безопасности, выполните программу **в пошаговом режиме без установки инструмента и заготовки**.

Выполните привязку нуля по координатам «Z» и «X».

Обработайте пробную деталь. Для этого переключитесь в режим «Автомат». Установите рассчитанную заранее частоту вращения заготовки. Запустите программу на выполнение и обработайте пробную деталь.

Внимание! В случае если в процессе обработки пробной детали вы замечаете возможность столкновения движущихся частей станка, немедленно прекратите обработку нажатием на клавиатуру комбинации клавиш «Shift+R» либо кнопки «Смон» на станке.

В случае успешной обработки зафиксируйте и занесите в протокол время обработки детали по программе, сфотографируйте фотоаппаратом или мобильным телефоном обработанную деталь. В последующем распечатайте фотографию и вклейте ее в протокол (рис. 2.6).

Поверните резцедержатель в позицию отрезного резца. В режиме «Ручной» подведите инструмент так, чтобы обеспечить отрезку обработанной детали. Отрежьте деталь от заготовки.

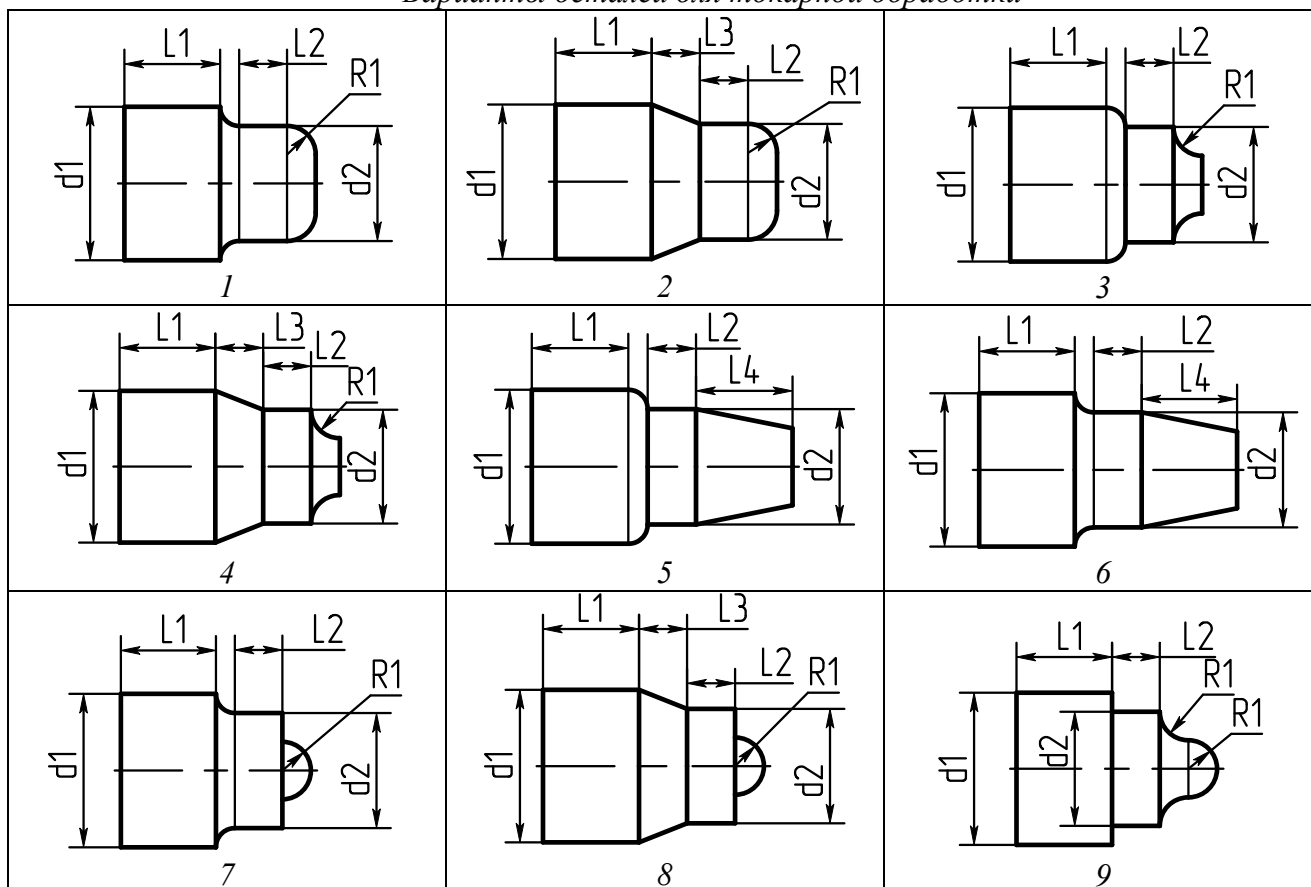
Обменяйтесь в пределах бригады временем обработки одной и той же детали по разным схемам, запишите результаты в протокол. Постройте сравнительную диаграмму производительности для разных схем (рис. 2.7). Сделайте выводы о преимуществах и недостатках разных схем.

2.3. Задания для выполнения работы

Вариант детали представлен в табл. 2.6, а вариант размеров – в табл. 2.7. Недостающие размеры определить самостоятельно, исходя из условия целостности геометрии детали.

Таблица 2.6

Варианты деталей для токарной обработки



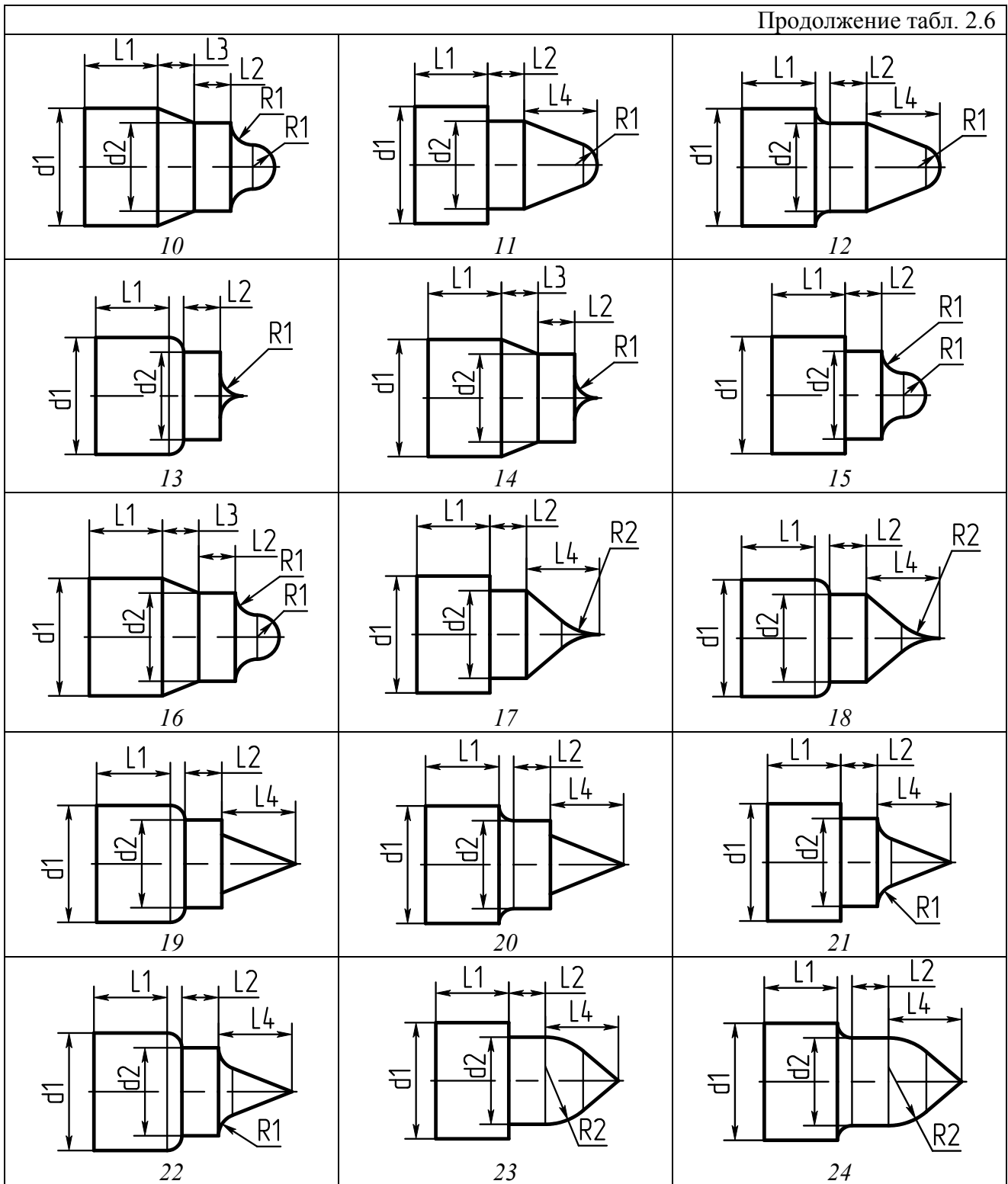


Таблица 2.7

Варианты размеров

Вариант	L1	L2	L3	L4	d1	d2	d3	R1	R2
1	10	4	3	5	14	12	8	3	4
2	8	6	3	5	12	10	8	2,5	4
3	6	8	3	5	12	8	6	2	3
4	4	10	3	5	10	6	4	1,5	3

Контрольные вопросы

1. Какие символы указывают на начало/окончание управляющей программы?
2. Что означает принцип модальности в записи кадров программы?
3. Охарактеризуйте структуру кадров управляющей программы?
4. Какие слова могут быть записаны в кадрах управляющих программ?
5. В каких единицах могут задаваться линейные и угловые величины?
6. Объясните назначение подготовительных и вспомогательных функций.
7. Как могут задаваться значения в словах?
8. Как записываются параметры в управляющих программах?
9. Как записываются выражения в управляющих программах?
10. Расскажите о математических и логических операциях, использование которых допустимо в управляющих программах.
11. Расскажите о математических и тригонометрических функциях, использование которых допустимо в управляющих программах.
12. Для чего существуют и что реализуют подготовительные функции задания расстояний?
13. Поясните специфику действия подготовительных функций быстрого позиционирования и линейной интерполяции.
14. Расскажите об особенностях использования круговой интерполяции с указанием радиуса и конечной точки.
15. Расскажите об особенностях использования круговой интерполяции с указанием конечной точки и смещения центра относительно текущей точки.
16. В каком порядке рекомендуется назначать припуски на токарную обработку?
17. Какие зоны токарной обработки вы знаете и в чем их специфика?
18. Охарактеризуйте типовые схемы переходов при черновой обработке основных поверхностей.
19. Охарактеризуйте типовые схемы переходов при черновой обработке полуоткрытых зон.
20. Для чего предназначен и как работает симулятор обработки на станке с ЧПУ CNC Simulator?

Лабораторная работа 3. Типовые переходы обработки основных поверхностей на фрезерных станках с ЧПУ

Цель и основные задачи работы

Ознакомление с типовыми переходами обработки основных поверхностей на токарном станке с ЧПУ мод. SM 300E, структурой и содержанием кадров управляющих программ, реализующих такие переходы.

3.1. Теоретические сведения

3.1.1. Особенности использования функций в управляющих программах для фрезерных станков с ЧПУ

Кроме рассмотренных ранее функций линейной и круговой интерполяции, позволяющих реализовывать обработку элементов фрезерованием, в системах ЧПУ имеются дополнительные функции, позволяющие ускорить процесс программирования обработки отверстий.

G98 и G99 – установка высоты возврата инструмента

Данные команды служат для модификации циклов G81–G86 и управляют режимом подъема инструмента. Возможны два варианта возврата инструмента по высоте :

1. возврат инструмента на высоту, указанную в параметре R (команда G99),
2. возврат инструмента на высоту, с которой начат цикл сверления (если эта точка ниже указанной в параметре R, возврат будет в точку R), (команда G98)

G80 – отмена цикла сверления

Отменяет циклы сверления, обычно устанавливается в первой строке каждой новой программы и в конце цикла сверления.

G81– цикл простого сверления

Команда предназначена для выполнения простого цикла сверления.

Формат:

G81 X__ Y__ Z__ R__ L__ F__

где

X, Y, Z – координаты положения конечной точки сверления;

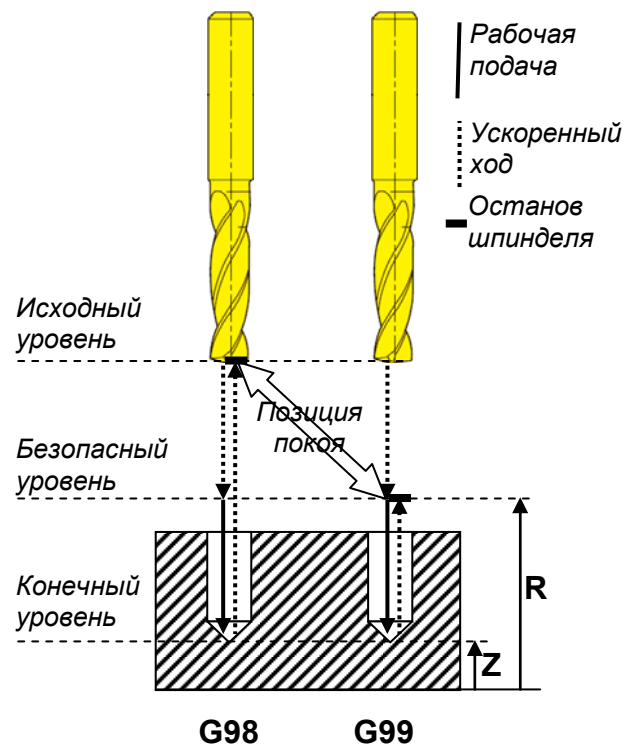
R – безопасный уровень;

L – количество повторений цикла;

F – значение рабочей подачи.

Действие команды:

1. перемещение на ускоренной подаче инструмента в плоскости XY при неизменной координате Z;
2. перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до значения координаты R;
3. перемещение на рабочей подаче вдоль оси Z до значения координаты Z;
4. перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до значения координаты R (для G99) или на исходный уровень (для G98).



Примечание:

- Значение количества повторений ($L > 1$) имеет смысл только в случае работы в относительных координатах (G91). В этом случае будет обрабатываться L отверстий, отстоящих друг от друга на расстоянии (X, Y).

Пример:

...
X0 Y0 Z30
G90 G17

G81 G98 X20 Y25 Z-5 R2

...

Схема движения по точкам:

(0,0,30)

-----► (20,25,30) -----► (20,25,2) ———► (20,25,-5)
-----► (20,25,30)

Пример:

...
X0 Y0 Z30
G91 G17

G81 G99 X0 Y25 Z-5 R2 L2

...

Схема движения по точкам:

(0,0,30)

-----► (0,25,30) -----► (0,25,2) ———► (0,25,-5) -----►
(0,25,2) -----► (0,50,2) ———► (0,50,-5) -----► (0,50,2)

G82 – цикл сверления с задержкой в нижней точке

Команда предназначена для выполнения цикла сверления с остановкой в нижней точке. Используется при центрировании, цековании, подрезании и пр., с задержкой в нижней точке цикла. Такая остановка необходима для окончательного формирования торцевой либо конической поверхности, прилегающей к отверстию.

Формат:

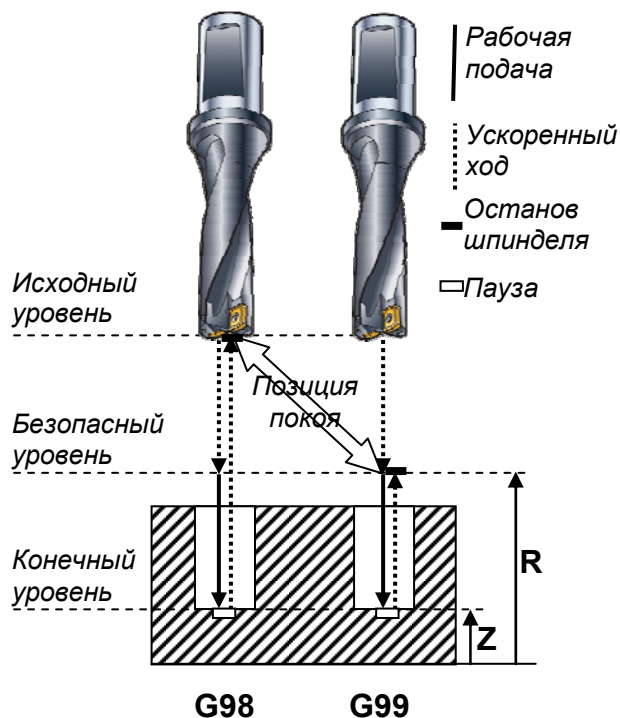
G82 X_ Y_ Z_ R_ L_ P_ F_

где

- X, Y, Z – координаты положения конечной точки сверления;
- R – безопасный уровень;
- L – количество повторений цикла;
- P – время задержки в нижней точке, с;
- F – значение рабочей подачи.

Действие команды:

Порядок реализации цикла G82 аналогичен циклу G81. Отличием является наличие в нижней точке цикла паузы, длительность которой определяется значением параметра P.



Пример:

...
X0 Y0 Z30
G90 G17

G82 G98 X20 Y25 Z-12 R3 P1.5

...

X30 Y15

...

Схема движения по точкам:

(0,0,30)

-----► (20,25,30) -----► (20,25,3) ———► (20,25,-12)
(пауза 1,5 сек) -----► (20,25,30)
-----► (30,15,30) -----► (30,15,3) ———► (30,15,-12)
(пауза 1,5 сек) -----► (30,15,30)

G83 – цикл глубокого сверления

Команда предназначена для выполнения глубокого сверления с периодическим выводом сверла для дробления и выброса стружки.

Формат:

G83 X__ Y__ Z__ R__ L__ Q__ F__

где

X, Y, Z – координаты положения конечной точки сверления;

R – безопасный уровень;

L – количество повторений цикла;

Q – шага резания;

F – значение рабочей подачи.

Действие команды:

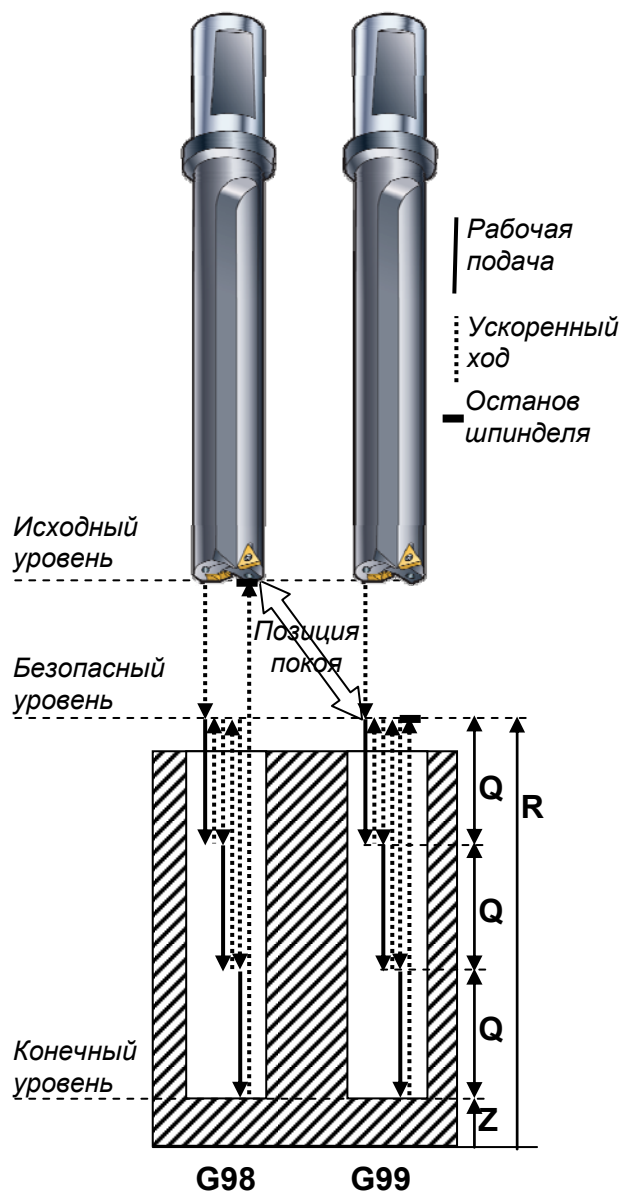
1. перемещение на ускоренной подаче инструмента в плоскости XY при неизменной координате Z;

2. перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до значения координаты R;

3. перемещение на рабочей подаче вдоль оси Z до значения координаты $R - Q \cdot i$; (где i – номер шага резания. Общее количество шагов определяется как результат целочисленного деления разницы безопасного (R) и конечного (Z) уровней на величину шага резания (Q));

4. перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до безопасного уровня;

5. если не достигнут конечный уровень – возврат к п. 3, иначе – перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до значения координаты R (для G99) или на исходный уровень (для G98).



Пример:

```
...
X0 Y0 Z30
G90 G17
G83 G98 X20 Y25 Z-12 R3 Q5
...
```

Схема движения по точкам:

```
(0,0,30)
-----> (20,25,30) -----> (20,25,3) -----> (20,25,-2)
-----> (20,25,3) -----> (20,25,-7) -----> (20,25,3)
-----> (20,25,-12) -----> (20,25,30)
```

Пример:

```
...
X0 Y0 Z30
G90 G17
G83 G99 X20 Y25 Z-12 R3 Q6
...
```

Схема движения по точкам:

```
(0,0,30)
-----> (20,25,30) -----> (20,25,3) -----> (20,25,-3)
-----> (20,25,3) -----> (20,25,-9) -----> (20,25,3)
-----> (20,25,-12) -----> (20,25,30)
```

G84/G74 – цикл нарезания резьбы

Команда G74 предназначена для нарезания левой, а команда G84 – правой резьбы метчиком с использованием специального компенсирующего устройства.

Формат:

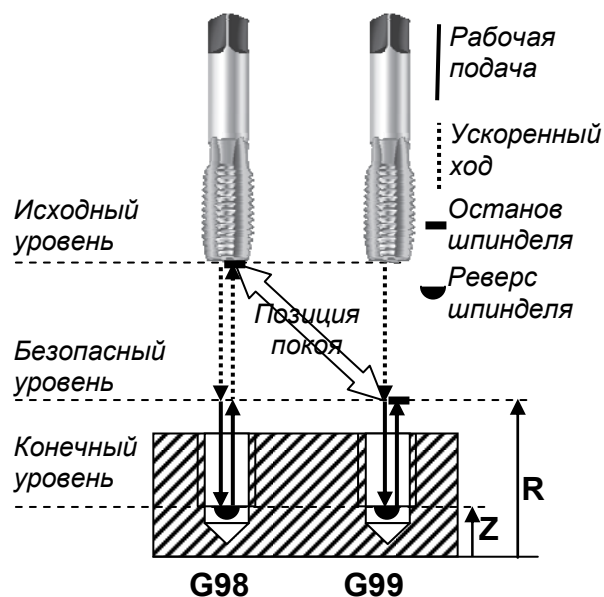
G84/G74 X__ Y__ Z__ R__ L__ F__

где

- X, Y, Z – координаты положения конечной точки нарезания резьбы;
- R – безопасный уровень;
- L – количество повторений цикла;
- F – значение рабочей подачи.

Действие команды:

1. перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до значения координаты R;
2. перемещение на рабочей подаче вдоль оси Z до конечного уровня;
3. остановка и реверс шпинделя;
4. перемещение на рабочей подаче вдоль оси Z до безопасного уровня;
5. при активной функции G98 – возврат на исходный уровень.



Примечания:

1. Подача в мм/об должна точно соответствовать шагу резьбы. Минутная подача рассчитывается по формуле $f_{\text{мм/мин}} = f_{\text{мм/об}} \cdot n_{\text{об/мин}}$
2. Вызову цикла обязательно должна предшествовать команда M04 включения вращения шпинделя против часовой стрелки (для цикла G84) или команда M03 включения вращения шпинделя по часовой стрелке (для цикла G74).

Пример:

```
...
X0 Y0 Z30
G90 G17 M04
G84 G98 X20 Y25 Z-12 R3 F120
...
```

Схема движения по точкам:

```
(0,0,30)
└─┘
-----▶ (20,25,30) -----▶ (20,25,3) ───▶ (20,25,-12)
└─┘ ───▶ (20,25,3) -----▶ (20,25,30)
```

Пример:

```
...
X0 Y0 Z30
G91 G17 M04
G84 G99 X20 Z-12 R3 L5 F120
...
```

Схема движения по точкам:

```
(0,0,30)
└─┘
-----▶ (20,0,30) -----▶ (20,0,3) ───▶ (20,0,-12) └─┘
──▶ (20,0,3) └─┘ -----▶ (40,0,3) ───▶ (40,0,-12)
└─┘ ───▶ (40,0,3) └─┘ -----▶ (60,0,3) ───▶
(60,0,-12) └─┘ ───▶ (60,0,3) └─┘ -----▶ (80,0,3)
──▶ (80,0,-12) └─┘ ───▶ (80,0,3) └─┘ -----▶
(100,0,3) ───▶ (100,0,-12) └─┘ ───▶ (100,0,3)
```

G85 – цикл зенкерования/развертывания

Команда предусматривает ввод в отверстие и вывод инструмента из отверстия на рабочей подаче, и предназначена для реализации переходов зенкерования и развертывания.

Формат:

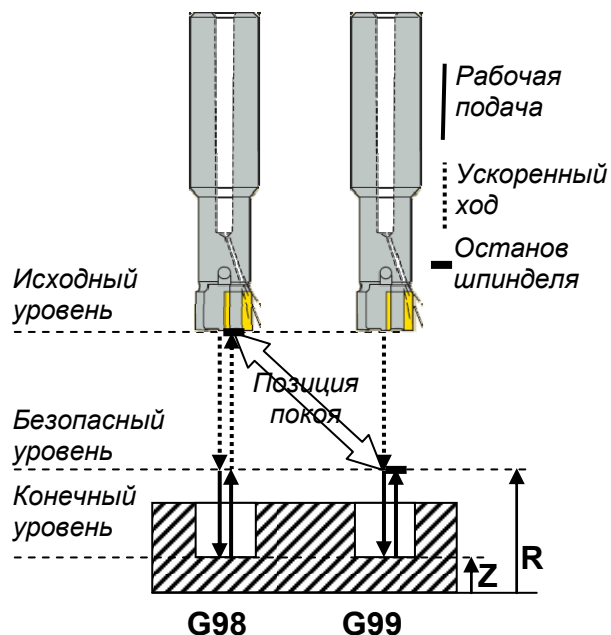
G85 X__ Y__ Z__ R__ L__ F__

где

- X, Y, Z – координаты положения конечной точки нарезания резьбы;
- R – безопасный уровень;
- L – количество повторений цикла;
- F – значение рабочей подачи.

Действие команды:

1. перемещение на ускоренной подаче в плоскости XY при неизменной координате Z;
2. перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до значения координаты R;
3. перемещение на рабочей подаче вдоль оси Z до значения координаты Z;
4. перемещение на рабочей подаче вдоль оси Z до значения координаты R;
5. для G98 – перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z на исходный уровень.



Пример:

Схема движения по точкам:

Пример:

Схема движения по точкам:

G86 – цикл растачивания с задержкой и остановкой в нижней точке

Команда предназначена для растачивания отверстий.

Формат:

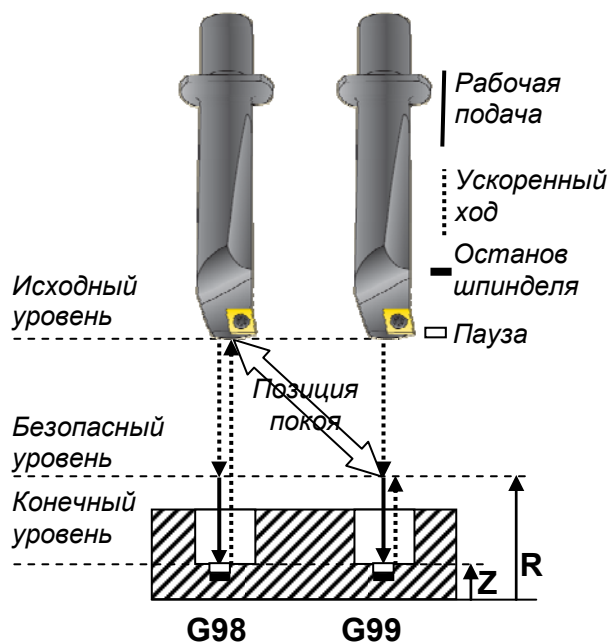
G86 X__ Y__ Z__ R__ L__ P__ F__

где

- X, Y, Z – координаты положения конечной точки нарезания резьбы;
- R – безопасный уровень;
- L – количество повторений цикла;
- P – время задержки в нижней точке, с;
- F – значение рабочей подачи.

Действие команды:

1. перемещение на ускоренной подаче в плоскости XY при неизменной координате Z;
2. перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до значения координаты R;
3. перемещение на рабочей подаче вдоль оси Z до значения координаты Z;
4. задержка на P-секунд при вращающемся шпинделе



5. остановка вращения шпинделя
6. перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z до значения координаты R;
7. для G98 – перемещение на ускоренной подаче вдоль оси Z на исходный уровень

Примечание.

Перед выполнением команды должен быть включен шпиндель. Если он будет стоять – это вызовет ошибку.

Пример:

Схема движения по точкам:

Пример:

Схема движения по точкам:

3.1.2. Типовые схемы обработки основных поверхностей на фрезерных станках с ЧПУ

В зависимости от расположения обрабатываемых поверхностей относительно других элементов деталей, граничащих с ними, различают открытые, полузакрытые и закрытые поверхности (зоны). *Открытая* поверхность дает возможность подводить и отводить инструмент на уровне обрабатываемой поверхности с любой стороны. *Полузакрытая* поверхность дает возможность подводить и отводить инструмент на уровне обрабатываемой поверхности только с определенных сторон. Закрытая поверхность ограничена со всех сторон стенками, поэтому ввод инструмента в зону обработки возможен только сверху. Некоторые открытые, полузакрытые и закрытые поверхности отображены на рис. 3.1.

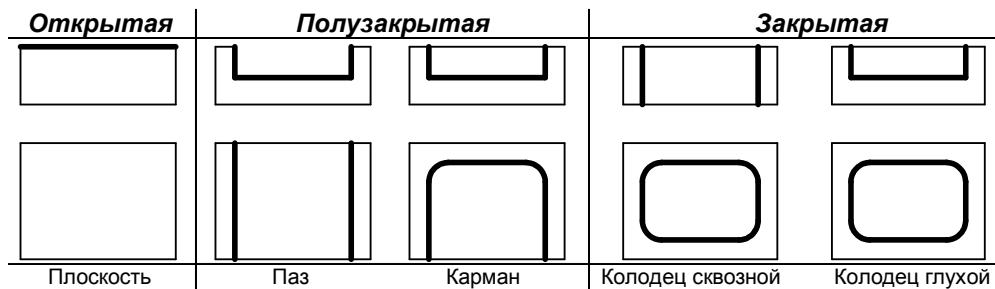
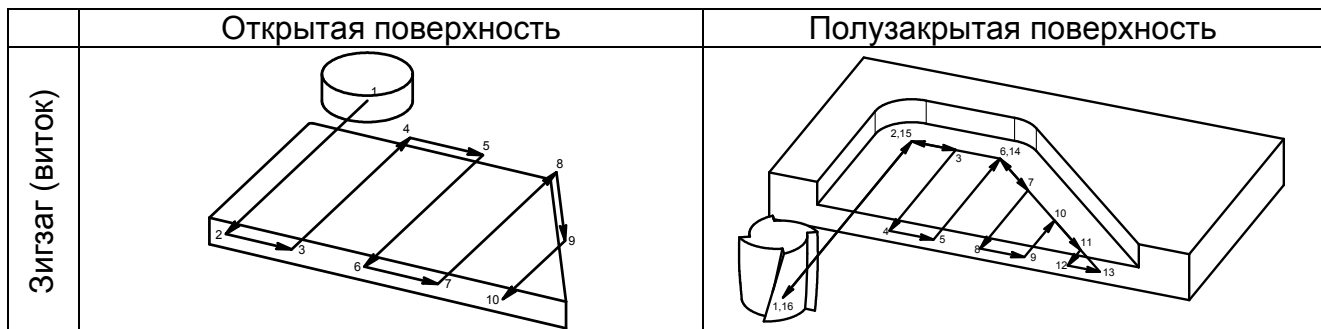


Рис. 3.1. Виды поверхностей при фрезерной обработке

Для обработки открытых и полузакрытых поверхностей используют схемы *петля* (*стрижка*), *зигзаг* (*виток*) и *спираль*. Петля может быть правая (по часовой стрелке) или левая (против часовой стрелки), а также от периферии к центру (чаще используется для открытых поверхностей) и от центра к периферии (чаще используется для закрытых и полузакрытых поверхностей). Реализация указанных схем для обработки открытых и полузакрытых поверхностей показана на рис. 3.2.



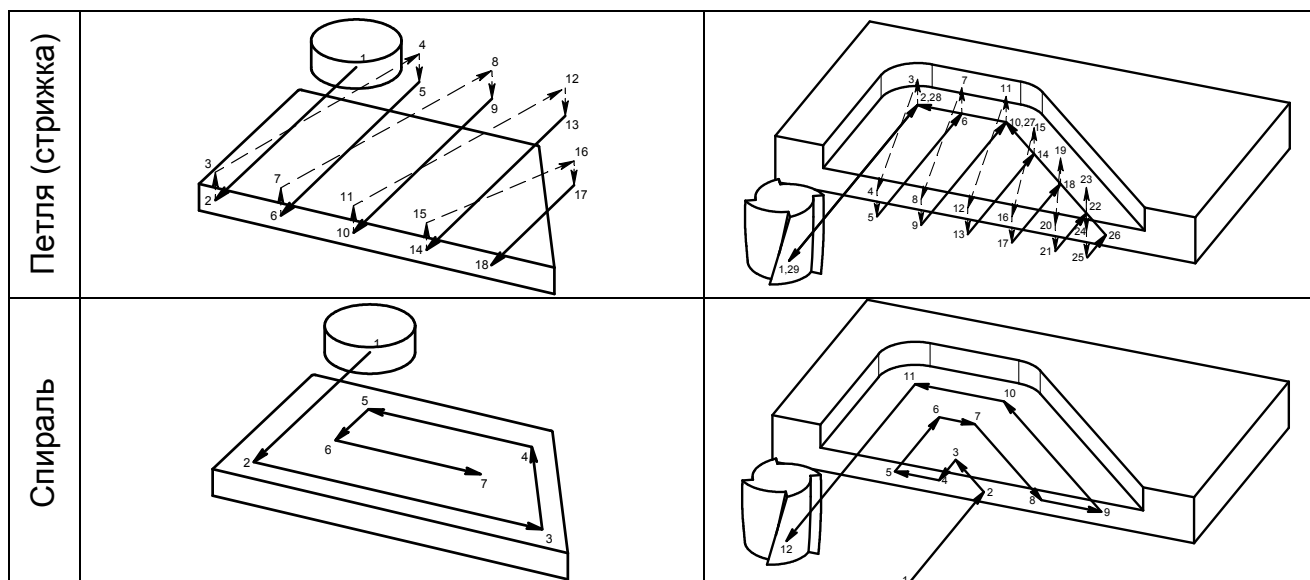


Рис. 3.2. Типовые схемы обработки открытых и полужакрытых поверхностей

3.2. Порядок выполнения работы

3.2.1. Подготовка индивидуального задания

Начертите в среде CAD и распечатайте эскиз индивидуального варианта детали. Нанесите все необходимые размеры, проставьте шероховатости поверхностей.

Наклейте эскиз в журнал выполнения лабораторных работ (рис. 3.1).

3.2.2. Проектирование технологии обработки

Сформируйте последовательность переходов обработки элементов детали.

Для каждого перехода выберите инструмент и определите технологические параметры обработки. Результаты занесите в табл. 3.1 журнала для лабораторных работ.

3.2.3. Проектирование траектории движения инструмента

Для поверхности «А» индивидуального задания согласуйте с преподавателем и запишите в журнал выполнения лабораторных работ схему снятия припуска (*петля, зигзаг, спираль*). Назначьте и запишите в протокол расстояние между проходами. В соответствии с принятыми решениями начертите траекторию движения инструмента при обработке поверхности «А», пронумеровав ее опорные точки. Наклейте в журнал для выполнения лабораторных работ разработанную схему (рис. 3.3). Занесите в таблицу 3.2 протокола координаты всех точек траектории с указанием режима обработки соответствующих участков траектории.

Для поверхности «В» индивидуального задания согласуйте с преподавателем и запишите в журнал выполнения лабораторных работ схему снятия припуска (*петля, зигзаг, спираль*). Назначьте и запишите в протокол расстояние между проходами. В соответствии с принятыми решениями начертите траекторию движения инструмента при обработке поверхности «В», пронумеровав ее опорные точки. Наклейте в журнал для выполнения лабораторных работ разработанную схему (рис. 3.4). Занесите в таблицу 3.3 протокола координаты всех точек траектории с указанием режима обработки соответствующих участков траектории.

Начертите траекторию движения инструмента при обработке отверстия под резьбу, пронумеровав ее опорные точки. Наклейте в журнал для выполнения лабораторных работ разработанную схему (рис. 3.5). Занесите в таблицу 3.4 протокола координаты всех точек траектории с указанием режима обработки соответствующих участков траектории.

Начертите траекторию движения инструмента при обработке отверстия зенковкой, пронумеровав ее опорные точки. Наклейте в журнал для выполнения лабораторных работ разработанную схему (рис. 3.6). Занесите в таблицу 3.5 протокола координаты всех точек траектории с указанием режима обработки соответствующих участков траектории.

Начертите траекторию движения инструмента при обработке фаски, пронумеровав ее опорные точки. Наклейте в журнал для выполнения лабораторных работ разработанную схему (рис. 3.7). Занесите в таблицу 3.6 протокола координаты всех точек траектории с указанием режима обработки соответствующих участков траектории.

Начертите траекторию движения инструмента при нарезании резьбы, пронумеровав ее опорные точки. Наклейте в журнал для выполнения лабораторных работ разработанную схему (рис. 3.8). Занесите в таблицу 3.7 протокола координаты всех точек траектории с указанием режима обработки соответствующих участков траектории.

3.2.4. Подготовка и тестирование файла управляющей программы

В соответствии с правилами записи управляющих программ для системы ЧПУ LEON XX подготовьте в любом текстовом редакторе «Блокнот» и запишите в файл управляющую программу для черновой обработки индивидуального варианта детали. Переименуйте файл, присвоив ему расширение «*.nc». Вызовите программу симуляции обработки *CNC-Simulator*. Настройте параметры инструмента и заготовки. Проверьте работу управляющей программы. После исправления всех замеченных ошибок сделайте копию экрана, распечатайте ее и вклейте в журнал для выполнения лабораторных работ (рис. 3.9). Распечатайте и вклейте в журнал для выполнения лабораторных работ текст управляющей программы.

3.2.5. Настройка станка и обработка детали

Скопируйте на компьютер, управляющий станком с ЧПУ мод. SM-300E файл управляющей программы. Включите станок и систему ЧПУ LEON XX. В режиме «Автомат» откройте файл управляющей программы и убедитесь в том, что отображаемая в окне визуализации траектория и деталь соответствуют индивидуальному заданию.

Соблюдая меры безопасности, выполните программу **в пошаговом режиме без установки инструмента и заготовки**.

Выполните привязку нуля по координатам «X», «Y» и «Z».

Обработайте пробную деталь. Для этого переключитесь в режим «Автомат». Установите рассчитанную заранее частоту вращения заготовки. Запустите программу на выполнение и обработайте пробную деталь.

Внимание! В случае если в процессе обработки пробной детали вы замечаете возможность столкновения движущихся частей станка, немедленно прекратите обработку нажатием на клавиатуре комбинации клавиш «Shift+R» либо кнопки «Стоп» на станке.

В случае успешной обработки зафиксируйте и занесите в протокол время обработки детали по программе, сфотографируйте фотоаппаратом или мобильным телефоном обработанную деталь. В последующем распечатайте фотографию и вклейте ее в протокол (рис. 3.11).

Обменяйтесь в пределах бригады временем обработки одной и той же детали по разным схемам, запишите результаты в протокол. Постройте сравнительную диаграмму производительности для разных схем (рис. 3.12). Сделайте выводы о преимуществах и недостатках разных схем.

3.3. Задания для выполнения работы

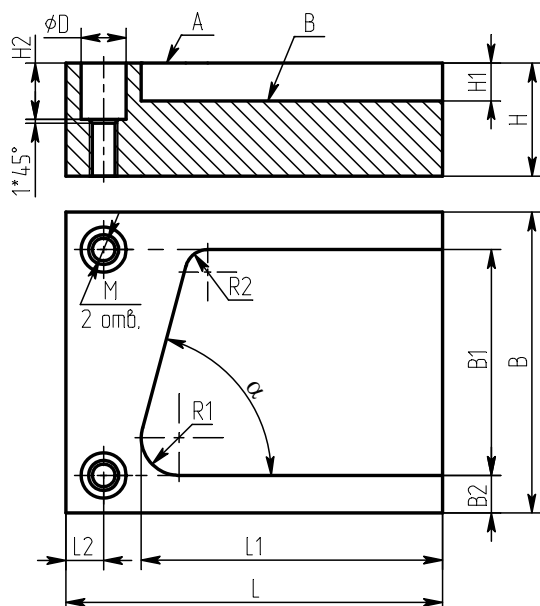


Рис. 3.

Таблица 3. . Геометрические параметры обрабатываемой детали

Вариант	L	L1	L2	B	B1	B2	H	H1	H2	R1	R2	D	M	α
1	120	110	5	60	50	5	30	16	20	20	6	8	4	45
2	120	100	10	75	55	10	28	12	20	16	8	12	6	60
3	120	90	15	80	60	10	24	10	16	12	10	16	8	75
4	120	100	10	100	90	5	20	10	16	10	12	12	6	80
5	120	110	5	120	100	10	18	8	12	8	16	8	4	75
6	100	90	5	60	40	10	30	16	12	20	6	8	4	45
7	100	80	10	70	50	10	28	12	16	16	8	12	6	60
8	100	70	15	80	70	5	24	10	16	12	10	16	8	75
9	100	80	10	100	80	10	20	10	12	10	12	12	6	80
10	100	90	5	120	110	5	18	8	12	8	16	8	4	75
11	80	70	5	60	52	4	30	16	10	20	6	8	4	45
12	80	60	10	75	65	5	28	12	10	16	8	12	6	60
13	80	50	15	80	64	8	24	10	12	12	10	16	8	75
14	80	60	10	100	88	6	20	10	12	10	12	12	6	80
15	80	70	5	120	96	12	18	8	10	8	16	8	4	75
16	60	50	5	60	48	6	30	16	16	20	6	8	4	60
17	60	48	6	70	58	6	28	12	12	16	8	8	4	70
18	60	40	10	80	68	6	24	10	10	12	10	12	6	75
19	60	48	6	100	84	8	20	10	12	10	12	8	4	80
20	60	50	5	120	104	8	18	8	12	8	16	8	4	85

Таблица 3. . Технологические схемы обработки поверхностей

Вариант	Поверхность А	Поверхность В	Вариант	Поверхность А	Поверхность В
1	Зигзаг	Стрижка	4	Зигзаг	Спираль
2	Стрижка	Спираль	5	Стрижка	Зигзаг
3	Спираль	Зигзаг	6	Спираль	Стрижка

Контрольные вопросы