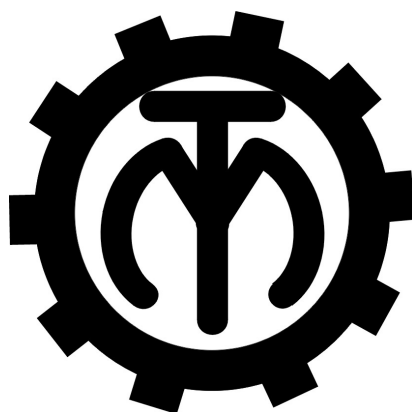


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ И СБОРКИ МАШИН

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных  
процессов обработки материалов»  
очной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 621.7  
ББК 34.44  
Т38

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «16» марта 2022 г.,  
протокол № 10

Составители: канд. техн. наук, проф. А. А. Жолобов;  
канд. техн. наук, доц. А. М. Федоренко;  
ст. преподаватель М. А. Рабыко;  
ст. преподаватель В. В. Афаневич

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

В методических рекомендациях изложены перечень и содержание лабораторных работ по дисциплине «Технологические процессы обработки материалов и сборки машин». Даны рекомендации по их выполнению.

Учебно-методическое издание

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ И СБОРКИ МАШИН

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. А. Подошевко
Компьютерная верстка	М. М. Дударева

Подписано в печать 23.05.2022 . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,55. Уч.-изд. л. 2,81 .Тираж 36 экз. Заказ № 281.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ..	4
1 Общие положения.....	6
2 Лабораторная работа № 1. Особенности эксплуатации токарного станка 16К20Ф3 с устройством ЧПУ NC-201 в ручном режиме, определение затрат времени.....	6
3 Лабораторная работа № 2. Построение схемы и циклограммы сборки.....	15
4 Лабораторная работа № 3. Особенности закрепления заготовок на токарном станке, определение затрат времени.....	19
5 Лабораторная работа № 4. Сверление по разметке.....	25
6 Лабораторная работа № 5. Обработка карманов корпусных деталей.....	33
7 Лабораторная работа № 6. Обработка шпоночных пазов.....	40
Список литературы.....	44

# **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 прохождение подписью.

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

3 Студентам следует быть внимательными и дисциплинированными, точно выполнять указания преподавателя.

4 Пребывание студентов 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 безопасен.

## ***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 безопасен.

5 Запрещается во время работы станка снимать ограждения и предохранительные устройства, а также держать их открытыми. Во время работы не ка-

саться 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 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, при 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 Общие положения

Целью лабораторных работ является развитие навыков студентов разработки и проектирования основных этапов производства изделий машиностроения начиная от технологического контроля чертежа изделия и заканчивая построением структуры технологической операции.

На каждом занятии студент получает информацию о особенностях разработки и проектирования определенного этапа, индивидуальное задание для выполнения задания.

Все расчеты и эскизы выполняются в отдельной ученической тетради.

Отчет по каждому занятию должен включать следующее:

- цель лабораторной работы;
- исходные данные (в соответствии со своим вариантом);
- расчеты и их результаты, выполненные в последовательности и записанные в форме, определенной настоящими методическими рекомендациями;
- графическое отражение результатов работы;
- выводы.

## 2 Лабораторная работа № 1. Особенности эксплуатации токарного станка 16К20Ф3 с устройством ЧПУ NC-201 в ручном режиме, определение затрат времени

*Цель лабораторной работы* – приобретение практических навыков эксплуатации станка с ЧПУ NC-201 в ручном и командном режимах, ознакомление с основными органами управления станком, системой координат станка, технологическими возможностями (работа рассчитана на 2 академических часа).

### 2.1 Общие сведения об оборудовании

Характеристика оборудования: станок – 16К20Ф3 с NC-201. На станке имеется автоматическая смена инструмента (револьверная головка на шесть позиций), три диапазона скоростей вращения шпинделя. При программировании следует учитывать, что переключение скоростей осуществляется вручную.


УЧПУ NC-201 используют как комплектующее изделие при создании комплексов «устройство – объект управления», например, технологических комплексов, установок, высокоавтоматизированных станков и обрабатывающих центров таких групп, как фрезерно-сверлильно-расточные, токарно-карусельно-револьверные, газоплазменные, лазерные, деревообрабатывающие и т. д.

## 2.2 Пульт оператора NC-201

### 2.2.1 Общие сведения.

Пульт оператора (ПО) обеспечивает выполнение всех функций управления и контроля в системе «оператор – УЧПУ – станок».

ПО включает модуль дисплея и модуль клавиатуры. В качестве элементов управления используются кнопки, клавиши и переключатели, в качестве элементов контроля – дисплей и светодиоды.

Лицевая панель ПО представлена на рисунке 2.1. Она состоит из трёх секций. В центральной секции расположен жидкокристаллический дисплей TFT 10.4". Справа от дисплея расположена вертикальная секция алфавитно-цифрового наборного поля. Внизу под дисплеем расположена горизонтальная секция, в которой размещены функциональная клавиатура «F1»–«F8», «+X», «-X», «+Z», «-Z», , клавиши «Прокрутка» и «Переход», пять программируемых клавиш, станочная консоль с элементами управления и индикации.

На станочной консоли установлены:

- светодиоды «AC», «DC», «ER»;
- сетевой выключатель УЧПУ (замок с ключом);
- кнопка «аварийный останов»;
- кнопка «пуск»;
- кнопка «стоп»;
- переключатель корректор подачи «F»;
- переключатель корректор скорости вращения шпинделя «S»;
- переключатель режимов работы со станком.

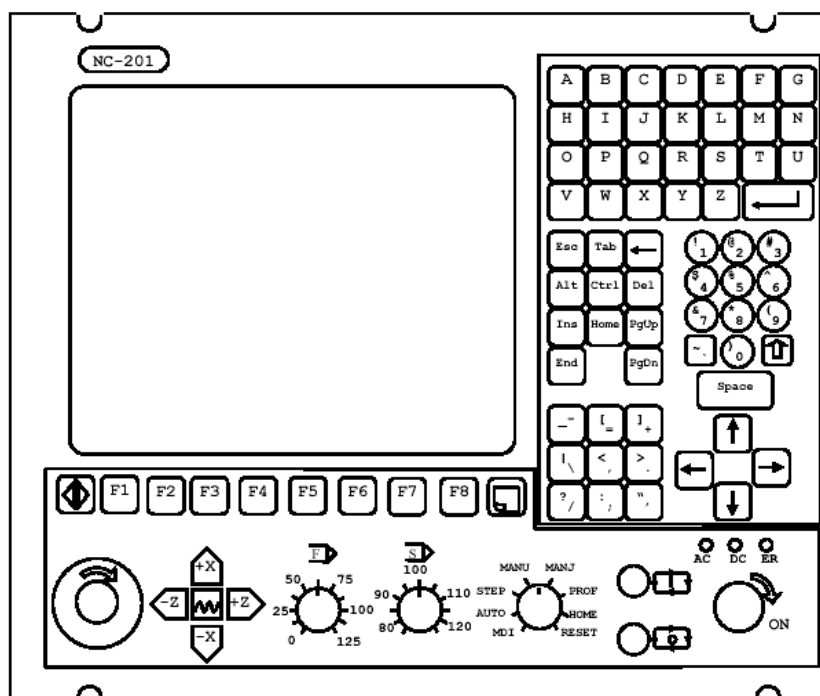


Рисунок 2.1 – Лицевая панель пульта оператора

### 2.2.2 Элементы пульта оператора.

#### Элементы станочной консоли.

**АС** – индикатор подачи сетевого питания (зелёного цвета):

– индикатор горит – сетевое питание подано на УЧПУ / сетевое питание исправно;

– индикатор не горит – сетевое питание отсутствует/сетевое питание неисправно.

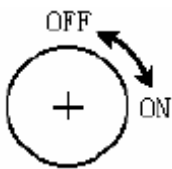
– **ДС** – индикатор исправности вторичного питания (зелёного цвета):

– индикатор горит – вторичное питание исправно;

– индикатор не горит – вторичное питание неисправно.

**ЕР** – индикатор ошибки в работе УЧПУ (красного цвета). Индикатор загорается, если в работе УЧПУ системой «**watch dog**» выявлена ошибка.

#### Кнопки и клавиши станочной консоли.



**Сетевой выключатель** (замок с ключом). Используется для включения/выключения (ON/OFF) питания УЧПУ.

Кнопка «**аварийный останов**» (кнопка-грибок красного цвета). Отключает управляющее напряжение со станка. Для подготовки повторного включения станка после аварийного отключения необходимо повернуть кнопку до щелчка в направлении, указанном на кнопке.



**Пуск** (кнопка зелёного цвета с индикацией). В режиме «**управление станком**»:

– управляет выполнением программы и движением осей в режимах «**ручной ввод кадра**», «**ручные перемещения**», «**автоматический возврат на профиль**», «**выход в ноль**»;

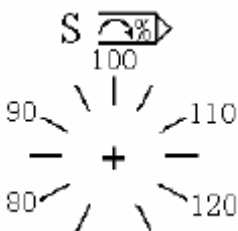
– выполняет движения в режимах «**ручные перемещения**» и «**автоматический возврат на профиль**» при нажатой кнопке «**стоп**»;

– выполняет общий сброс системы, если в УЧПУ установлен режим «**СБРОС**» («**RESET**») (выбор режимов работы выполняется со станочной панели).



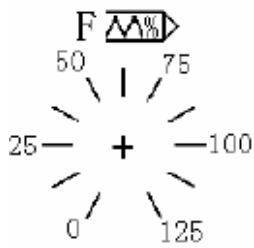
**Стоп** (кнопка красного цвета с индикацией). Останавливает движение с управляемым замедлением. Для того чтобы возобновить цикл, необходимо снова нажать кнопку «**Стоп**» и «**Пуск**». Не действует при нарезании резьбы.

#### Переключатели станочной консоли.



Переключатель – **корректор скорости вращения шпинделя «S»**. В режиме «**управление станком**» позволяет изменять скорость вращения шпинделя.





Переключатель – **корректор подачи**. В режиме «**управление станком**» позволяет изменять величину рабочей подачи.



Переключатель **режимов работы станка**. В режиме «**управление станком**» позволяет задать режим работы станка. Активизация переключателя задаётся инструкцией.

Переключателем можно задать следующие режимы работы станка:


- «**MDI**» – режим «**ручной ввод кадра**»: при нажатии кнопки «**пуск**» выполняется отработка кадра, набранного в строке ввода/редактирования;
- «**AUTO**» – режим «**автоматический**»: при нажатии кнопки «**пуск**» выполняется отработка всей управляющей программы кадр за кадром;
- «**STEP**» – режим «**кадр**»: при нажатии кнопки «**пуск**» выполняется отработка одного кадра управляющей программы;
- «**MANU**» – режим «**безразмерные ручные перемещения**»: с нажатием кнопки «**пуск**» ось, выбранная с клавиатуры нажатием клавиши «**сдвиг на строку вперед**» или «**сдвиг на строку назад**», начинает двигаться со скоростью и в направлении, выбираемыми переключателем корректора подач «**JOG**». При отпускании кнопки «**пуск**» ось останавливается;
- «**MANJ**» – режим «**фиксированные ручные перемещения**»: с нажатием кнопки «**пуск**» выбранная ось смещается на величину перемещения, введенную с клавиатуры при помощи кода **JOG** (например, **JOG = 50**). Скорость и направление выбираются переключателем корректора подач «**JOG**»;
- «**PROF**» – режим «**автоматический возврат на профиль**»: при нажатии кнопки «**пуск**» выполняется возврат в отправную точку на профиле после ручного перемещения от профиля. Возврат осуществляется с выбором оси при использовании кода **RAP = 0** или автоматически ось за осью в обратном порядке, выполненным при их отводе, с использованием кода **RAP = 1**. Скорость и направление выбираются переключателем корректора подач «**JOG**». Движение начинается с нажатием клавиши «**пуск**»;
- «**HOME**» – режим «**выход в ноль**»: при нажатии кнопки «**пуск**» осуществляется выход в исходную позицию оси (в позицию микровыключателя абсолютного нуля оси), выбранной с клавиатуры клавишами «**сдвиг на строку вперед**» или «**сдвиг на строку назад**»;
- «**RESET**» – режим «**сброс**»: при нажатии кнопки «**пуск**» обнуляется информация, находящаяся в динамическом буфере. Осуществляется выбор нулевой начальной точки для всех осей, и выбранная управляющая программа

устанавливается на первый кадр. Сбрасываются текущие М-, S-, T-функции. Корректора инструментов и начальных точек, занесённые в соответствующие файлы, не стираются.

*Функциональная клавиатура.*




**Прокрутка.** Выполняет переход между видеостраницами #1 и #7 и переход из видео страницы #6 в видеостраницу #7. Обеспечивает прокрутку меню в редакторе УЧПУ.

Функции станочного пульта реализуются программно. Для этого используются функциональные клавиши «F1» – «F8», «+X», «-X», «+Z», «-Z», .

Функциональные клавиши «+X», «-X», «+Z», «-Z» предназначены для активизации перемещения и его направления в режимах:

- «Безразмерные ручные перемещения» («MANU»);
- «Фиксированные ручные перемещения» («MANJ»);
- «Автоматический возврат на профиль» («PROF»);
- «Выход в ноль» («HOME»).

Перемещения выполняются только по одной выбранной оси, выделенной на экране зеленым курсором.

Функциональная клавиша  при её удерживании устанавливает максимальную скорость ручных перемещений в режимах «безразмерные ручные перемещения» («MANU»), «фиксированные ручные перемещения» («MANJ»), «автоматический возврат на профиль» («PROF»), «выход в ноль» («HOME»).

Клавиша «F1» позволяет включать/выключать станок. Когда станок выключен (состояние «станок выключен»), на клавише «F1» мигает надпись «Включить станок». При нажатии этой клавиши включается станок, мигание клавиши прекращается и на ней появляется постоянная надпись «Выкл. станок» (состояние «станок включен»).

### ***2.3 Выполнение основных операций на станке с ЧПУ***

*Включение УЧПУ.*

Для включения УЧПУ выполнить следующие действия:

- 1) повернуть основной выключатель электрического шкафа до позиции «**ВКЛЮЧЕНО**»;
- 2) повернуть до щелчка кнопку «**АВАРИЙНЫЙ ОСТАНОВ**» по направлению, указанному на кнопке;
- 3) повернуть ключ в замке сетевого выключателя в позицию «**ON**» (по направлению стрелки), при этом будет подано напряжение в УЧПУ. После появления на экране видеостраницы #1 система готова к включению управляющего напряжения на вспомогательные механизмы станка.

*Выключение УЧПУ*

- 1 Выключите станок.

2 Выключите УЧПУ, повернув ключ в направлении, противоположном направлению стрелки. При выключении УЧПУ вся информация, которая была накоплена в ходе обработки, в том числе и информация о положении осей, аннулируется.

3 Управляющая программа, корректора инструментов и абсолютные начальные точки, занесенные в память при работе УЧПУ, сохраняются там и при выключении системы.

**Внимание!** Для предотвращения сбоев в работе УЧПУ повторное включение разрешается только через 2–3 с после выключения.

*Примечание* – При нажатии на кнопку «аварийный останов» снимается только управляющее напряжение со станка.

#### *Перезапуск программы.*

При выключенном станке (индикация сигнала **MUSP** желтым цветом) и одновременном нажатии на клавиши «**Ctrl**»+«**Alt**»+«**Del**» происходит быстрый перезапуск программы.

#### *Работа УЧПУ в режиме «Команда».*

Работа УЧПУ в режиме «команда» выполняется или с помощью меню или обычным вводом команд с клавиатуры.

#### *Установка осей на ноль.*

При включении УЧПУ после полного выключения комплекса «металло-режущий станок – УЧПУ» необходимо провести установку осей на ноль. Каждая ось станка имеет абсолютный ноль, который находится на одном из концов хода. Установка проводится на точках абсолютного нуля.

Для установки осей в указанное положение необходимо выполнить следующие операции:

- 1) установить видеокادر #1 или #7 в режиме «управление станком»;
- 2) установить режим работы «НОМЕ» («выход в ноль»);
- 3) выбрать ось, установив зелёный курсор на данную ось клавишами «сдвиг на строку вперед» или «сдвиг на строку назад»;
- 4) установить нужное направление и необходимую скорость переключателем корректора подач «JOG»;
- 5) нажать и удерживать нажатой кнопку «пуск» при **RAP = 0** или нажать и отпустить кнопку «пуск», при **RAP = 1**.

После выполнения этих действий выбранная ось будет выведена в позицию абсолютного нуля станка. Повторить эти операции для других осей.

#### *Ручное перемещение осей*

##### *Безразмерные ручные перемещения.*

Для выполнения безразмерных ручных перемещений осей необходимо:

- 1) установить режим «MANU» («безразмерные ручные перемещения»);

2) выбрать ось для движения, установив цветовой маркер на выбранной оси с помощью клавиш «сдвиг на строку вперед» или «сдвиг на строку назад» (ось на экране должна быть выделена цветовым маркером);

3) установить переключателем корректора подач «**JOG**» требуемую скорость и направление движения, нажать кнопку «**пуск**»; выбранная ось будет двигаться в направлении и со скоростью установленными переключателем корректора подач «**JOG**» до тех пор, пока нажата кнопка «**ПУСК**».

#### *Фиксированные перемещения.*

Для выполнения фиксированных перемещений осей необходимо:

- 1) установить режим «**MANJ**» («**фиксированные ручные перемещения**»);
- 2) выбрать ось для движения, установив цветовой маркер на выбранной оси с помощью клавиш «сдвиг на строку вперед» или «сдвиг на строку назад»;
- 3) ввести с клавиатуры размер перемещения **JOG** в миллиметрах; Например: **JOG = 0,55** – нажать клавишу «**ENTER**»;
- 4) установить переключателем корректора подач «**JOG**» скорость и направление движения и нажать кнопку «**пуск**»; при отпускании кнопки перемещение прекращается и на экране индицируется остаток пути (**D**). Новое нажатие на клавишу «**пуск**» обрабатывает перемещение «**JOG**» заново.

#### *Электронный штурвал.*

При ручных перемещениях осей можно использовать электронный штурвал. Режим задаётся командой **VOL**:

- 1) **VOL = 1** приводит в действие указанный режим;
- 2) **VOL = 0** прекращает действие режима.

Дискретность перемещения задается выбором режима работы:

- 1) «**MANU**» («**безразмерные ручные перемещения**») – 1 мм на оборот штурвала;
- 2) «**MANJ**» («**фиксированные ручные перемещения**») – 0,1 мм на оборот штурвала.

Для выполнения движения необходимо:

- установить один из режимов работы «**MANU**» («**безразмерные ручные перемещения**») или «**MANJ**» («**фиксированные ручные перемещения**»);
- выбрать ось (на экране она должна быть выделена курсором зеленого цвета);
- вращать колесо штурвала; сигнал **SOMU** должен быть активен (выделен желтым цветом).

*Примечание* – Команда **VOL** может быть отключена. В этом случае активизация работы штурвала, выбор оси для движения и цены одного деления шкалы штурвала выполняется со станочного пульта.

#### *Введение с клавиатуры функций и данных и их выполнение.*

Для ввода с клавиатуры функций и данных необходимо выполнить следующие действия:

- 1) установить режим работы «**ручной ввод кадра**» («**MDI**»);
- 2) ввести с клавиатуры информацию кадра для выполнения, например: **G1 X20 Y10.3 F500**; кадр записывается на видеостраницах **#1, #6, #7** во 2-й строчке;
- 3) нажать клавишу «**пуск**».

## 2.4 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить назначение клавиш и органов управления станком.
- 2 Получить у преподавателя личный вариант.
- 3 Ознакомиться с порядком проведения измерений, выучить последовательность действий.
- 4 Предварительно оформить отчет по лабораторной работе.
- 5 По команде преподавателя выполнить измерения соответствующей составляющей нормы времени, заполнить таблицу 2.1.
- 6 Обработать результаты измерений.
- 7 Окончательно оформить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

Таблица 2.1 – Результаты измерений составляющих затрат времени

Составляющая	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$
Значение, с						

### Типовые варианты.

Вариант 1: измерение времени включения и загрузки СЧПУ.

Вариант 2: измерение времени привязки осей.

Вариант 3: измерение времени позиционирования револьверной головки в позицию  $T_1$ .

Вариант 4: измерение времени отработки программы.

Вариант 5: ручное перемещение в исходную точку.

Вариант 6: измерение времени на смену заготовки.

### Пример типового отчета

Межгосударственное образовательное учреждение  
высшего образования

«Белорусско-Российский университет»

Кафедра «Технология машиностроения»

Отчет по лабораторной работе № 1

«Особенности эксплуатации токарного станка 16К20Ф3 с устройством ЧПУ  
НС-201 в ручном режиме, определение затрат времени»

Вариант №\_\_

Выполнил: студент гр. \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

Могилев 202\_

1 Цель лабораторной работы – \_\_\_\_\_.

2 Используемое оборудование: станок с ЧПУ 16К20Ф3 NC-201; секундомер – (указать марку и цену деления).

3 Последовательность действий по выполнению элемента операций с графическим указанием клавиш и описанием их назначения, расположенные в порядке их использования.

4 Результаты измерений: \_\_\_\_\_.

Время \_\_\_\_\_ составило \_\_\_ с.

5 Расчет норм времени и его составляющих:

$$T_o = \quad ;$$

$$T_v = \quad ;$$

$$T_{пз} = \quad ;$$

$$T_{шт} = \quad ;$$

$$T_{шк} = \quad .$$

Формулы составляющих определить самостоятельно

6 Определить в процентах долю затрат времени измеренной составляющей, приходящейся в расчете на одну деталь, смену, партию заготовок из  $N = 350$  шт.

7 Построить циклограмму работы станка при обработке партии деталей при  $N = 2$  шт. (пример на рисунке 2.3).

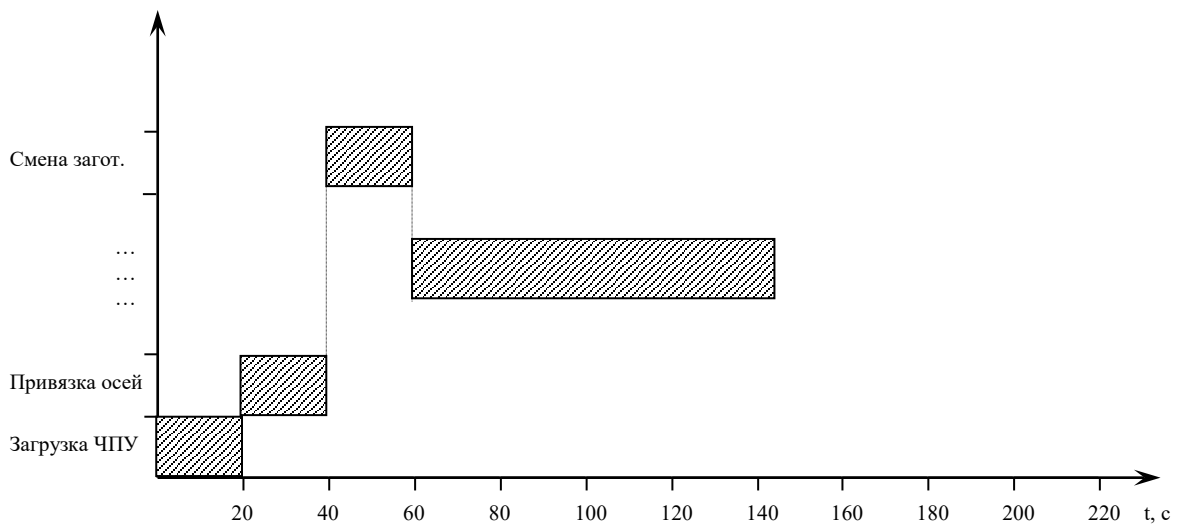


Рисунок 2.3 – Циклограмма работы станка

8 Сделать выводы.

## 3 Лабораторная работа № 2. Построение схемы и циклограммы сборки

*Цель лабораторной работы* – приобретение практических навыков построения схемы и циклограммы сборки при выполнении слесарно-сборочных работ (работа рассчитана на 4 академических часа).

### 3.1 Основные теоретические положения

Схема сборки изделия представляет собой принципиальную последовательность выполнения сборочных приемов, переходов и операций.

Разработку документов для организации технологического процесса сборки начинают с составления схемы сборки. Разработка технологических схем сборки создает условия для высококачественного проектирования технологических процессов сборки машин.

*Технологическая схема сборки* – это наглядное изображение порядка сборки машины и входящих в нее деталей сборочных единиц или комплектов.

На этих схемах каждый элемент изделия обозначают прямоугольником, в котором указывают наименование составной части, позицию на сборочном чертеже изделия, количество. Деталь или ранее собранная сборочная единица, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней другие детали и сборочные единицы, называется базовой деталью или базовой сборочной единицей. Процесс сборки изображается на схеме горизонтальной (вертикальной) линией в направлении от прямоугольника с изображением базовой детали до прямоугольника, изображающего готовое изделие. Сверху и снизу от горизонтальной линии показывают прямоугольники, условно обозначающие детали и сборочные единицы в последовательности присоединения их к базовой детали. На схеме сборки также условными обозначениями (кружками, треугольниками с буквами) показывают места регулировки, пригонки и другие операции. Пример схемы сборки редуктора показан на рисунке 3.1.

Всякий процесс, в том числе и сборочный, протекает в пространстве и времени. Из этого исходит требование к его четкой организации как в пространстве, так и во времени. Организация процесса в пространстве включает в себя оптимальную организацию рабочих мест, их расположение на участке, техническую оснащенность. Организация процесса во времени включает его нормирование и определение начала и конца выполнения операций в текущем времени. Сборочные процессы могут быть организованы во времени последовательно, параллельно или параллельно-последовательно.

Четкую организацию сборочного процесса во времени позволяет осуществить циклограмма сборки.

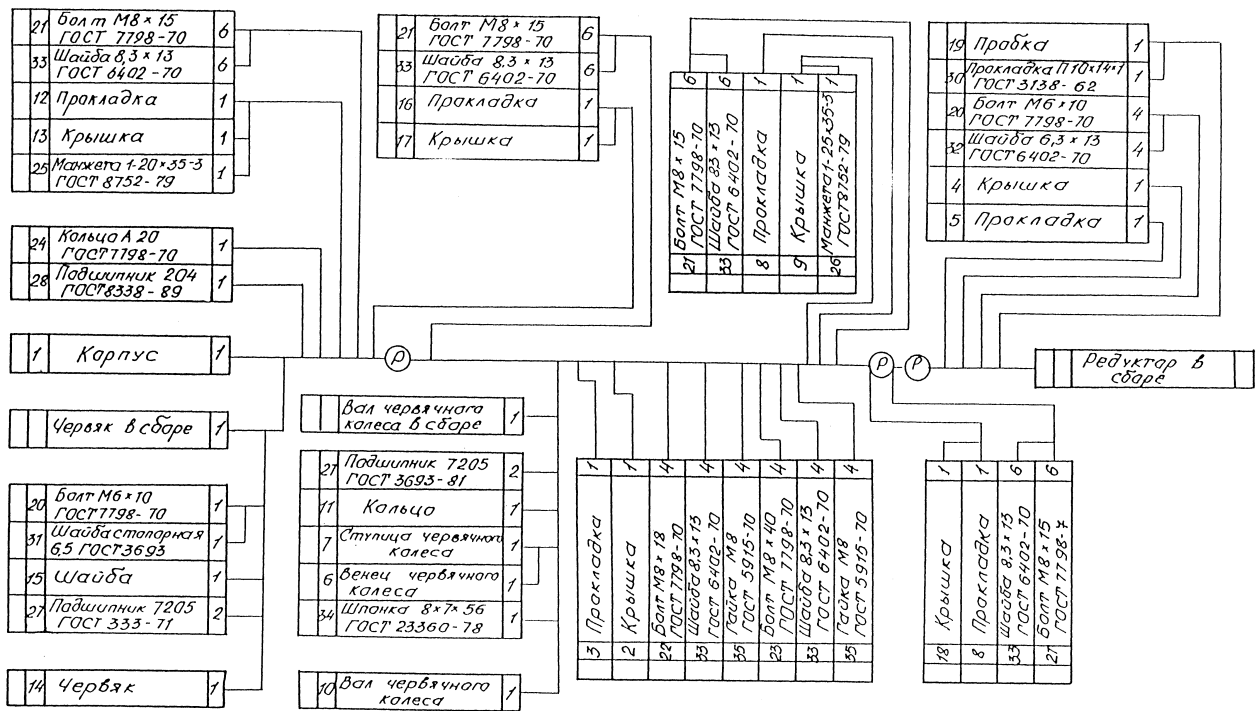


Рисунок 3.1 – Схема сборки червячного редуктора

**Циклограмма** – это графическое представление последовательности выполнения операций, переходов или приемов сборочного процесса и затрат времени на их выполнение. При построении циклограммы в вертикальной колонке построено записываются все операции, переходы и приемы. Степень их дифференциации зависит от уровня циклограммы. Например, если строится циклограмма общей сборки, то в ней достаточно представить только операции. При построении циклограммы отдельных операций возникает необходимость представления в ней отдельных переходов, приемов и т. д. На горизонтальной оси циклограммы откладывается текущее время и его затраты на выполнение каждого элемента сборочного процесса.

### 3.2 Порядок выполнения работы

- 1 Получить агрегат, выполнить разборку на сборочные единицы под руководством преподавателя.
- 2 Разработать и зарисовать схему сборки агрегата из сборочных единиц.
- 3 Распределить сборочные единицы по подгруппам, самостоятельно осуществить разборку.
- 4 Схематично выполнить сборочный чертеж сборочной единицы, оформить спецификацию (таблица 3.1).
- 5 Построить схему сборки сборочной единицы.
- 6 Осуществить сборку сборочной единицы в соответствии со схемой, измерив затраты времени на каждый переход.
- 7 Изучить возможность параллельной сборки, построить циклограмму сборки с учетом параллельности выполнения операций, определить время сборки сборочной единицы.



8 Построить подробную циклограмму сборки узла, с учетом возможности параллельной сборки определить минимально возможное время сборки.

9 Разделить процесс сборки на операции, оформить маршрутную карту сборки сборочной единицы, на одну сборочную операцию оформить операционную карту и карту эскизов.

10 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

Таблица 3.1 – Спецификация на \_\_\_\_\_

Номер позиции	Наименование	Кол.

### **Пример типового отчета**

Межгосударственное образовательное учреждение  
высшего образования

«Белорусско-Российский университет»

Кафедра «Технология машиностроения»

Отчет по лабораторной работе № 2  
«Построение схемы и циклограммы сборки»

Выполнил: студент гр. \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

Могилев 202\_

- 1 Цель лабораторной работы – \_\_\_\_\_.
- 2 Используемое оборудование: агрегат – \_\_\_\_\_, ключи рожковые размеры 8...14, секундомер – \_\_\_\_\_, цена деления – \_\_\_\_ с.
- 3 Схема сборки агрегата: \_\_\_\_\_.
- 4 Порядок разборки сборочной единицы: \_\_\_\_\_.
- 5 Сборочный чертеж единицы: \_\_\_\_\_.
- 6 Спецификация: \_\_\_\_\_.
- 7 Схема сборки сборочной единицы \_\_\_\_\_.
- 8 Определение затрат времени на сборку сборочной единицы: \_\_\_\_\_.
- 9 Циклограмма сборки сборочной единицы: \_\_\_\_\_.
- 10 Циклограмма сборки агрегата: \_\_\_\_\_.
- 11 Карты сборки (пример на рисунках 3.2 и 3.3).
- 12 Вывод

ГОСТ 3.1118-82 Ф2																
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
Разраб.					ОАО «ЗЕНИТ»	РЦ.250.000.000										
Пров.																
Гл.техн.					РЕДУКТОР											
Н.контр.																
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код. Наименование операции			Обозначение документа								
Б	Код. Наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тгз.	Тшт.	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код											
А01			05		Сборка первичного вала			ИОТ 1875-82								
Б02					Верстак специальный											
03																
А04			10		Сборка выходного вала			ИОТ 1875-82								
Б05					Пресс П6320											
06																
А07			15		Сборка общая			ИОТ 1875-82								
Б08					Стенд сборочный											
09																
А10			20		Обкатка			ИОТ 1878-82								
Б11					Стенд специальный											
12																
13																
14																
15																
16																
МК																

Рисунок 3.2 – Пример маршрутной карты

ГОСТ 3.1407-86 Форма 1														
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
Разраб.					ОАО «ЗЕНИТ»	РЦ.250.000.000								
Пров.														
Гл.техн.					РЕДУКТОР								05	
Н.контр.														
7	Наименование операции				Обозначение документа					МН				
2	Сборка				ИОТ 1875-82					14,4				
					Код. Наименование оборудования					78				
5					Верстак специальный					7 4,5 8 12,3				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
Р														
А01	Вал			9	РЦ.250.000.007			10	11	12	13	14	15	
02	Шпонка				8x7x30 ГОСТ 23360-78									
03	Шестерня				РЦ.250.000.09									
04	Подшипник (2 шт)				№206 ГОСТ 8338-57									
05	Кольцо стопорное (2 шт)				1 А 30 ГОСТ 13942-68									
М06	Масло индустриальное И-30				ГОСТ 20799-75									
М07	Бензин Б-70													
О08	1. Закрепить вал в призмах. Запрессовать шпонку													
Г09	Приспособление спец.; трубка 7828-0001 МН 483-60													
О10	2. Напрессовать шестерню на вал													
Г11	Подставка спец.													
О12	3. Промыть подшипники в бензине Б-70. Проверить внешним осмотром.													
Г13	Ванна специальная													
ОК														

Рисунок 3.3 – Пример операционной карты

		ГОСТ 1407-86 Ф 1а									
Дубл.											
Взам.											
Подл.											
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код		ОПП	ЕВ	ЕН	КН	Н.расх.
01	4. Нагреть подшипники до температуры 100 <sup>0</sup> С										
02	Ванна масляная нагревательная										
03	5. Установить подшипники на вал										
04	Подставка спец., щипцы спец.										
05	6. Установить кольца стопорные										
06	Подставка спец.										
07											
08											
09											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
OK											

Окончание рисунка 3.3

## 4 Лабораторная работа № 3. Особенности закрепления заготовок на токарном станке, определение затрат времени

**Цель лабораторной работы** – приобретение практических навыков закрепления заготовок на токарном станке, установление технологических возможностей обработки поверхностей при различных вариантах базирования заготовок, определения затрат времени (работа рассчитана на 2 академических часа).

### 4.1 Общие сведения об оборудовании

Станок 16К20Ф3, технологическая оснастка – трехкулачковый патрон, центр вращающийся, штангенциркуль, секундомер.

### 4.2 Сведения о базировании заготовок на токарном станке

Обработка на токарных станках производится при различной установке обрабатываемых деталей: в центрах, в патроне, на суппорте и на станине станка. Поэтому и приспособления для этих станков можно разделить на группы.

К первой группе относятся приспособления для обработки в центрах. Основными элементами приспособлений этой группы являются центры (передний и задний), на которые устанавливаются обрабатываемые детали, поводковые

устройства, которыми заготовка приводится во вращение в процессе обработки, люнеты, предохраняющие легко деформирующиеся детали от деформации и вибрации под действием сил резания, центровые и разжимные оправки, пальцы и др.

Ко второй группе относятся универсальные и специальные патроны и планшайбы, обеспечивающие надежную установку и закрепление обрабатываемых заготовок на шпинделе передней (иногда и задней) бабки станка.

Характерными элементами таких приспособлений являются отдельно выполненные детали (центра), предназначенные для установки на станке обрабатываемых деталей типа валов при обточке, шлифовании и других подобных операциях. Передняя (рабочая) часть центра выполняется в виде конуса с углом при вершине  $60^\circ$ , задняя – в виде конуса Морзе, соответствующего конусному отверстию в шпинделе станка. На переднюю часть центра устанавливается обрабатываемая деталь своим центровым отверстием («гнездом»). Задним конусным хвостовиком центр помещается в отверстие шпинделя станка непосредственно или с промежуточной втулкой.

Так как шпиндель передней бабки токарного станка вращается, а шпиндель задней бабки этих станков не вращается, то в процессе обработки детали со шпинделем вместе вращается и передний центр, в то время как задний центр остается неподвижным. Следовательно, условия работы переднего и заднего центров различны. Передний воспринимает нагрузки, вызывающие в его поперечных сечениях нормальные напряжения изгиба и сжатия и касательные напряжения среза (от силы веса обрабатываемой детали, от сил резания и от центробежных сил инерции). Напряжения изгиба и среза изменяются по симметричному знакопеременному циклу, а напряжения сжатия – по постоянному циклу. В сечениях заднего центра, вследствие его неподвижности, кроме указанных напряжений, возникают касательные напряжения кручения от момента трения между центром и обрабатываемой деталью, но изменяются все эти напряжения не по симметричному, а по пульсирующему знакопостоянному циклу. Кроме этого, задний центр (его рабочий конус) подвергается значительному изнашиванию под действием вращающейся на нем детали. При этом изнашивается и центровое отверстие детали, что вызывает определенные погрешности обрабатываемых поверхностей детали. При больших скоростях вращения разогревается задний центр и конец детали, помещенный на нем, а это может привести к усиленному износу центра и к еще большим погрешностям обработки.

Для уменьшения этих погрешностей задние центры изготавливают из прочных высокоуглеродистых сталей и подвергают закалке до высокой твердости. Иногда применяют среднеуглеродистую сталь с наплавлением твердого сплава или хромированием рабочего конуса. Кроме того, для уменьшения погрешностей применяют вращающиеся центры, выполненные в виде съемных стандартных конструкций, которые могут устанавливаться на любом станке, или в виде специальных постоянных конструкций, встроенных в пиноль задней бабки. Последние применяются главным образом на многолезцовых станках и на станках для обработки тяжелых деталей, постоянно выполняющих одну и ту же операцию.

Вращающиеся центры должны надежно воспринимать осевые и радиальные силы и иметь минимальный вылет (для универсальных центров), возможность регулировки подшипников и шлифования конуса после сборки, хорошую смазку,

достаточную устойчивость против радиальных колебаний, возможность компенсации удлинения обрабатываемой детали от нагрева и, кроме того, должны быть удобны при сборке. Особое значение эти требования приобретают при проектировании центров для скоростного и силового точения (рисунок 4.1).

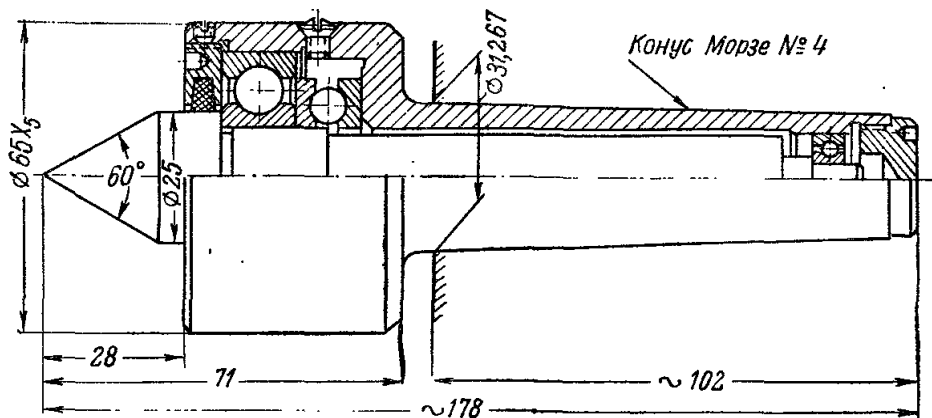


Рисунок 4.1 – Центр вращающийся

Наиболее широко в практике распространены трехкулачковые патроны (рисунок 4.2) вследствие того, что они наиболее удобны и надежны для крепления деталей в виде тел вращения и особенно деталей цилиндрической формы.

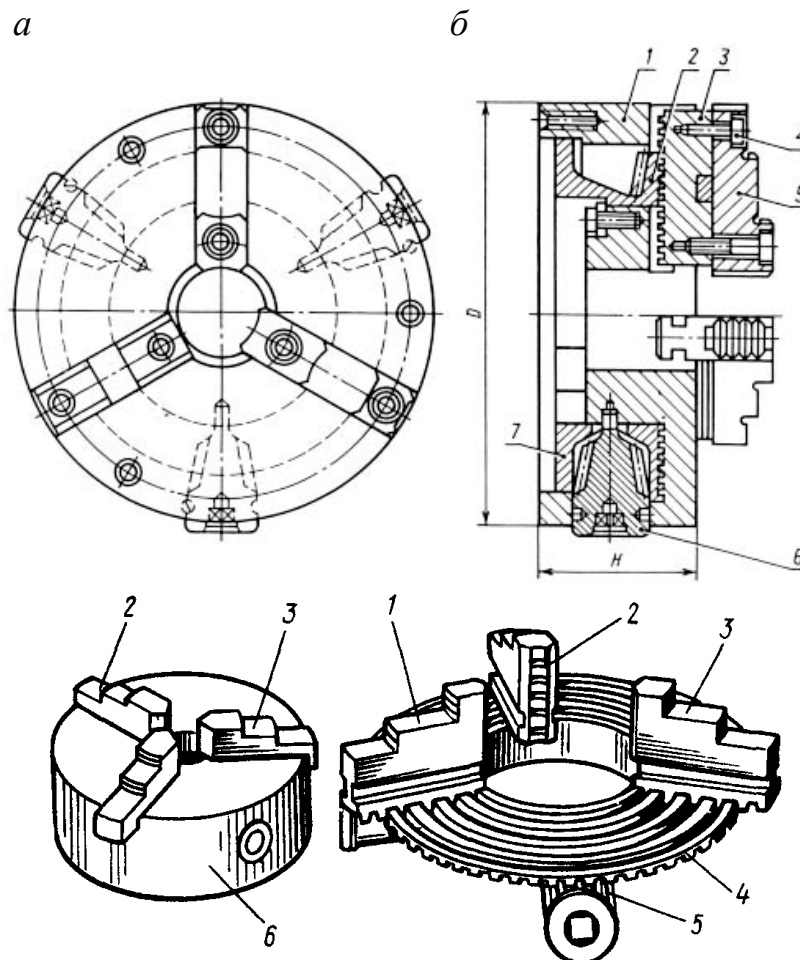


Рисунок 4.2 – Патрон трехкулачковый самоцентрирующий

В целях экономии времени и обеспечения безопасной работы применяются бесключевые патроны, в которых съемный ключ заменен рычагом, не связанным с вращающимися деталями патрона, а наиболее производительная работа обеспечивается применением пневмо-, гидро- и электроприводов (рисунок 4.3).

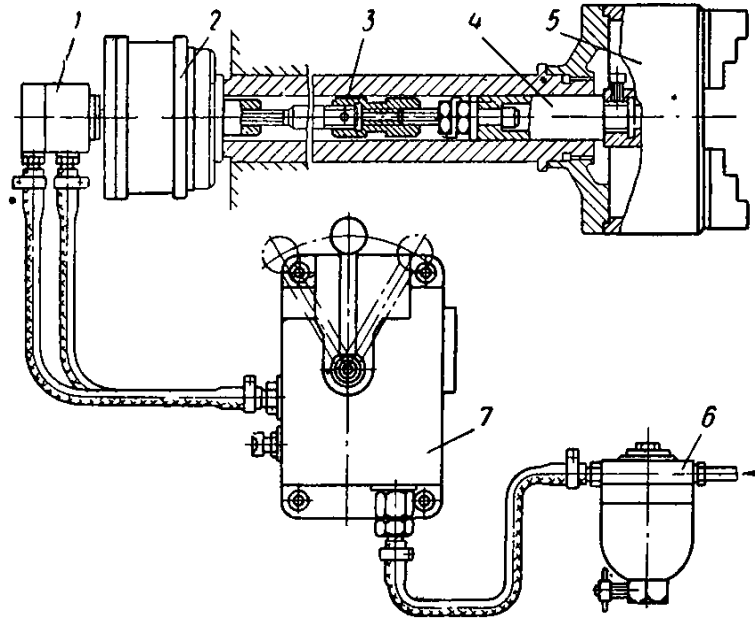
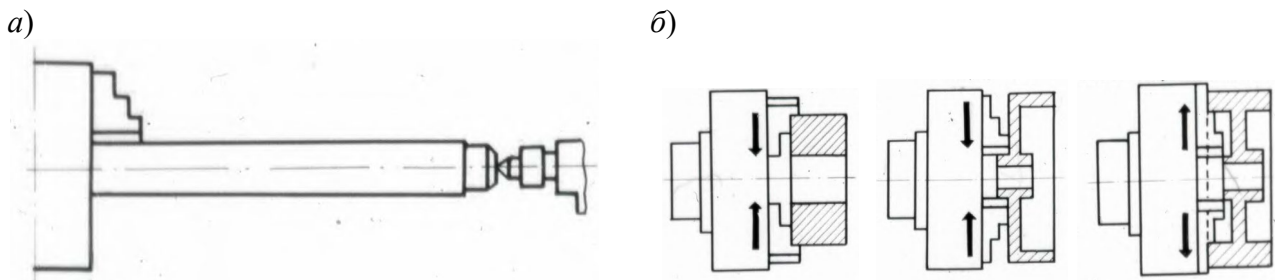


Рисунок 4.3 – Патрон с пневмоприводом

Пример оснастки к токарному станку с вращающимся пневмоприводом, показан на рисунке 4.3. Сжатый воздух из заводской воздушной магистрали попадает в ту или другую полость пневмоцилиндра 2, пройдя влагоотделитель 5, воздухораспределительное устройство 7 и неподвижную муфту 1. Шток поршня пневмоцилиндра связан с тягой 4 патрона 5 при помощи муфты 3.

Схемы закрепления заготовок представлены на рисунке 4.4.



а – в патроне с поджимом задним центром; б – в патроне

Рисунок 4.4 – Схемы закрепления заготовок

### 4.3 Порядок выполнения работы

- 1 Изучить особенности и схемы базирования на токарном станке.
- 2 Получить у преподавателя заготовки.

- 3 Разработать эскизы заготовок с указанием размеров.
- 4 Изучить возможность применения трехкулачкового патрона.
- 5 Разработать эскизы схем базирования заготовок по наружным и внутренним поверхностям.
- 6 Произвести закрепление заготовок на станке, измерить затраты времени.
- 7 Построить зависимости  $T_{ус} = f(d)$ ,  $T_{сн} = f(d)$ .
- 8 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

### **Пример типового отчета**

Межгосударственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

Кафедра «Технология машиностроения»

Отчет по лабораторной работе № 3  
«Особенности закрепления заготовок на токарном станке,  
определение затрат времени»

Выполнил: студент гр. \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

Могилев 202\_.

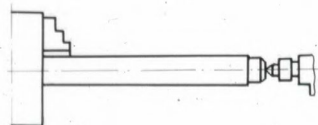
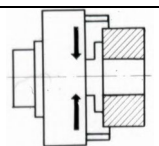
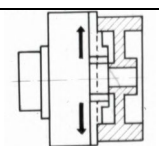
- 1 Цель лабораторной работы – \_\_\_\_\_.
- 2 Используемое оборудование: \_\_\_\_\_.
- 3 Чертежи заготовок с указанием размеров деталей: \_\_\_\_\_.
- 4 Анализ схем базирования (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Возможность применения трехкулачкового патрона

Заготовка	$D$	$L$	$L/D$	$> 4$ (нет), $< 4$ (да)
1				
2				
3				
...				

- 5 Эскизы закрепления заготовок с указанием доступных к обработке поверхностей.
- 6 Результаты измерения затрат времени закрепления заготовки (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Затраты времени на закрепление заготовки

Диаметр базовой поверхности	Время установки, с	Время снятия, с
		
60		
...		
		
...		
		
...		

7 Зависимости времени установки/снятия заготовки от диаметра.

8 Оценка результатов эксперимента.

Используя результаты измерений, с помощью коэффициента линейной корреляции установить наличие (отсутствие) влияния диаметра закрепляемой заготовки на затраты времени, связанные с установкой и закреплением заготовки. Расчет оформить в виде таблицы 4.3.

Таблица 4.3 – Расчет коэффициента линейной корреляции

Заготовка	$D$ , мм	$T$ , с	$D^2$	$T^2$	$DT$
1					
2					
...					
$\Sigma$					

Коэффициент линейной корреляции

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} = \frac{\sum DT - \frac{1}{n} \sum D \sum T}{\sqrt{\left[ \sum D^2 - \frac{1}{n} (\sum D)^2 \right] \left[ \sum T^2 - \frac{1}{n} (\sum T)^2 \right]}} = \dots ,$$

где  $n$  – число измерений (заготовок).

Значение коэффициента корреляции всегда меньше единицы. При  $r = \pm 1$ ,  $D$  и  $T$  связаны функциональной связью (в данном случае линейной). То есть каждому значению  $D$  соответствует только одно значение  $T$ . Если  $|r| < 1$ , то линейной связи не существует. При  $r = 0$  линейная корреляционная связь между  $D$  и  $T$  отсутствует, но может существовать нелинейная регрессия. Обычно считают тесноту связи удовлетворительной при  $|r| \geq 0,5$ ; хорошей – при  $|r| = 0,8 \dots 0,85$ .

9 Выводы.



## 5 Лабораторная работа № 4. Сверление по разметке

**Цель лабораторной работы** – приобретение практических навыков проектирования и выполнения сверлильных операций (работа рассчитана на 2 академических часа).

### 5.1 Общие сведения о оборудовании

Гравировально-фрезерный станок с ЧПУ, технологическая оснастка – тиски, патрон сверлильный, сверло, штангенциркуль, секундомер.

### 5.2 Сведения о креплении инструмента на сверлильном станке

Для зажима сверл и фрез малого диаметра с цилиндрическими хвостовиками на массовых операциях часто пользуются цанговыми патронами.

Корпус такого патрона (рисунок 5.1) имеет с одной стороны конический хвостовик *1* для закрепления патрона в шпинделе станка и с другой – утолщенную цилиндрическую часть *2* с наружной резьбой и конической выточкой внутри.

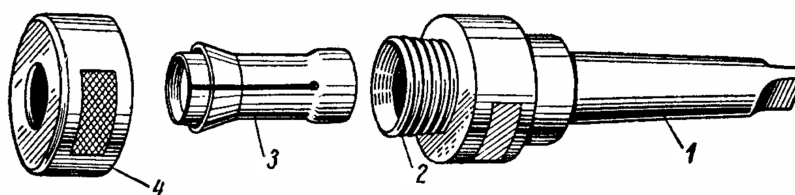


Рисунок 5.1 – Цанговый патрон

На резьбовую часть патрона накручивают кольцо *4*, внутри которого имеется коническая расточка, а снаружи – рифление (накатка), облегчающее ручное закрепление инструмента. В коническую расточку корпуса патрона и наружного кольца вставляют разрезную коническую цангу *3* с цилиндрическим отверстием, соответствующим диаметру зажимаемого инструмента. Накручивая кольцо на резьбовую часть корпуса патрона, обжимают коническую поверхность цанги, которая вследствие сближения разрезанных частей зажимает хвостовик инструмента. При свертывании кольца цанга разжимается и освобождает инструмент.

### 5.3 Сведения о креплении заготовок

Для правильной установки и закрепления обрабатываемых деталей на столе станка применяют различные приспособления, наиболее распространенными из которых являются тиски машинные.

**Машинные тиски.** Машинные винтовые тиски (рисунок 5.2) широко используют в индивидуальном производстве. Они состоят из основания *4*, закрепляемого на столе станка болтами, подвижной губки *2*, неподвижной губки *3*,

винта 1 и рукоятки 5. Заготовка крепится между губками поворотом рукоятки, сообщаемой вращение винту.

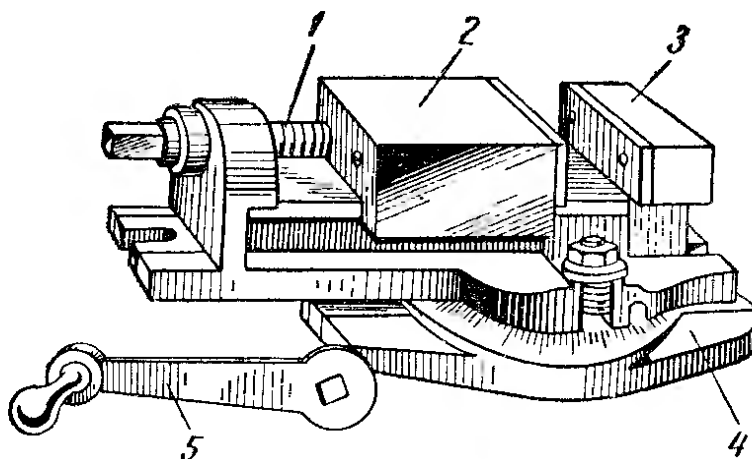


Рисунок 5.2 – Тиски машинные

#### **5.4 Сведения о технологических особенностях выполнения сверлильной операции**

Основные правила выполнения операции сверления отверстий сводятся к следующему.

1 Устанавливать и закреплять заготовки на сверлильном станке следует как можно ближе к плоскости его стола. Однако при сверлении сквозных отверстий сверло должно иметь свободный выход из просверленного отверстия, поэтому при сверлении сквозных отверстий заготовки, обрабатываемые не в кондукторах, надо устанавливать на подкладку с отверстием.

2 При креплении заготовки непосредственно на столе станка следует по возможности применять боковые, а не верхние прижимы, что сокращает вылет сверла и создает более благоприятные условия для его работы.

3 Сверло к заготовке подводить только после включения вращения шпинделя и так, чтобы оно легко коснулось поверхности заготовки, иначе могут выкрошиться режущие кромки сверла.

4 Не останавливать вращения шпинделя в то время, когда сверло находится в отверстии: сначала надо вывести сверло, а затем выключить вращение шпинделя или остановить станок, в противном случае сверло может сломаться.

5 При появлении во время сверления скрежета или визга в результате перекоса или износа сверла немедленно прекратить подачу, вывести сверло и остановить станок.

6 Отверстие диаметром более 25 мм в сплошном металле сверлить за два перехода (с рассверливанием или зенкерованием).

7 Сверление производить только по режимам, указанным в технологических картах или определенным по таблицам в справочниках.

#### 5.4.1 Приемы сверления в кондукторе.

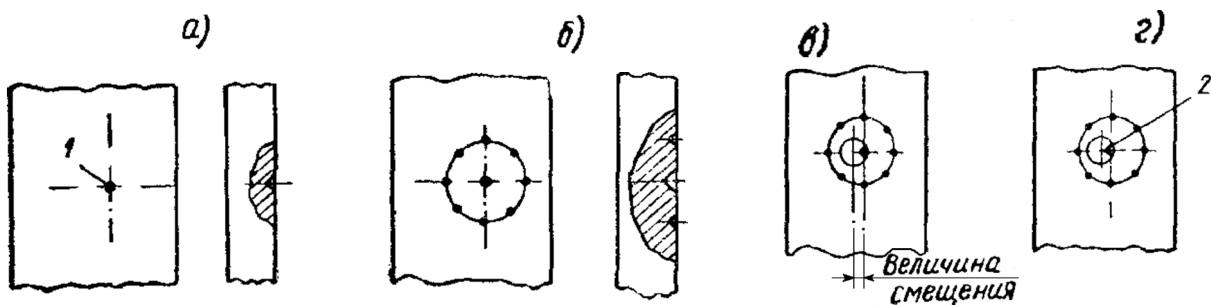
Сверление в кондукторах производят в тех случаях, когда требуется получить более высокий класс точности, чем при сверлении по разметке (при достаточно большой партии деталей). Постоянные установочные базы и кондукторные втулки, дающие направление сверлу, повышают точность обработки и обеспечивают взаимозаменяемость деталей. Сверление в кондукторах, кроме того, намного производительней сверления по разметке, т. к. отпадает трудоемкая и дорогая операция разметки, нет необходимости выверять каждую деталь перед ее обработкой, крепление детали производится гораздо быстрее, снижается утомляемость рабочего и т. д. При сверлении в кондукторах рабочий выполняет небольшое число простых приемов (устанавливает в кондуктор и снимает деталь, включает и выключает подачу шпинделя), и потому этот способ сверления не требует от рабочего высокой квалификации.

#### 5.4.2 Приемы сверления по разметке.

Сверление по разметке – операция малопродуктивная, требующая от рабочего более высокой квалификации и поэтому ее применяют при таком количестве деталей, когда затраты на изготовление кондуктора не окупаются (например, в единичном и мелкосерийном производстве). Обычно по разметке сверлят крупные детали сложной формы, устанавливаемые непосредственно на столе станка или на полу.

Приемы сверления по разметке сложнее приемов сверления в кондукторах, выполняются они в такой последовательности.

1 Для разметки центра отверстия небольшого диаметра накернить разметочным керном небольшое углубление в точке пересечения осей отверстия (рисунок 5.3, *а*). Если диаметр отверстия велик и допустимое отклонение оси просверленного отверстия от разметочной оси незначительно (мал допуск), разметить дополнительно еще и контур окружности по диаметру отверстия. Для этого из углубления, ранее сделанного керном в месте пересечения осей, как из центра провести циркулем окружность диаметром, равным диаметру отверстия (рисунок 5.3, *б*). На этой окружности нанести керном несколько небольших углублений, т. к. линия окружности, проведенная циркулем в виде неглубокой риски, быстро стирается.



*а* – разметка и кернение центра отверстия; *б* – разметка и кернение контрольной окружности; *в* – сверло увело от центра отверстия; *г* – исправление направления сверла; 1 – след от керна; 2 – канавка

Рисунок 5.3 – Сверление отверстий по разметке.

2 После закрепления детали на станке включить вращение шпинделя, подвести сверло к углублению, сделанному керном в центре окружности, и надсверлить небольшое углубление (диаметром примерно 1/2 или 2/3 диаметра сверла). Отвести сверло и проверить («на глаз») расположение полученного углубления относительно контрольной окружности. Если окружности концентричны, сверлить отверстие на требуемую глубину, если же окружность углубления не концентрична контрольной окружности, т. е. сверло увело от центра отверстия (рисунок 5.3, в), исправить этот дефект. Для этого крейцмейселем прорубают в углублении две-три канавки в направлении от центра к той стороне, куда требуется сместить сверло (рисунок 5.3, г). Так как сопротивление усилию резания со стороны канавок будет меньше, чем с противоположной стороны, сверло получит требуемое направление (иногда канавки требуется прорубить несколько раз).

3 Убедившись, что сверло заняло точно центральное положение – окружность углубления и контрольная окружность концентричны, сверлить отверстие на заданную глубину.

#### *5.4.3 Приемы сверления сквозных и глухих отверстий.*

В деталях машин и механизмов встречаются в основном два вида отверстий: сквозные, проходящие через всю толщину детали, и глухие, просверливаемые лишь на определенную глубину.

Процесс сверления сквозных отверстий отличается от процесса сверления глухих отверстий.

Когда при сверлении сквозных отверстий сверло подходит к выходу из отверстия, сопротивление материала заготовки значительно уменьшается. Если не уменьшить в это время подачу сверла, оно резко опустится, захватит большой слой материала и, заклинясь, может сломаться. Особенно это возможно при сверлении отверстий в тонких деталях, сквозных прерывистых отверстий и отверстий, расположенных под прямым углом друг к другу. Поэтому сквозные отверстия сверлят следующим образом.

1 Если сверление сквозного отверстия производится с большой механической подачей шпинделя (скоростное сверление), в конце сверления нужно выключить механическую подачу и досверлить отверстие с ручной подачей, меньшей, чем механическая.

2 При сверлении с ручной подачей величину ее перед выходом сверла из отверстия следует несколько уменьшить (замедлить) и подачу производить осторожно, плавно.

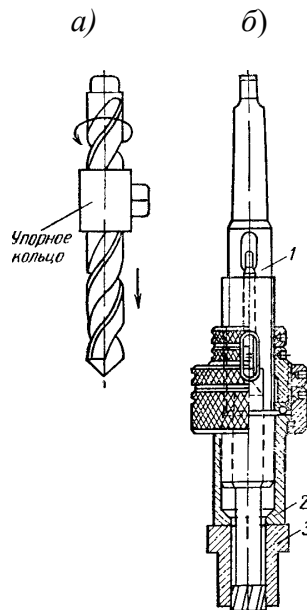
Сверление глухих отверстий имеет свои особенности, заключающиеся в способах определения достижения сверлом заданной глубины сверления. В основном имеются три способа сверления глухих отверстий.

1 Если станок, на котором сверлят глухое отверстие, имеет какое-либо устройство для автоматического выключения подачи шпинделя при достижении сверлом заданной глубины (отсчетные линейки, лимбы, жесткие упоры,

автоматические остановки и пр.), то при настройке на выполнение данной операции надо его отрегулировать на заданную глубину сверления.

2 Если станок не имеет таких устройств, то для определения достигнутой глубины сверления можно пользоваться специальным патроном (рисунок 5.4) с регулируемым упором. Упорную втулку 2 патрона можно перемещать и устанавливать относительно корпуса 1 со сверлом на заданную глубину обработки. При подаче шпинделя станка вниз он перемещается до упора торца втулки 2.

Такой патрон обеспечивает точность глубины отверстия в пределах  $0,1 \dots 0,05$  мм.



*a* – упорное кольцо; *б* – патрон с регулируемым упором

Рисунок 5.4 – Приспособления для ограничения подачи шпинделя

3 Если не требуется большая точность глубины сверления и нет указанного патрона, можно пользоваться упором в виде втулки, закрепленным на сверле, или сделать на сверле мелом отметку глубины отверстия. В последнем случае шпиндель подают до тех пор, пока сверло не углубится в заготовку до отметки.

Глубину сверления глухого отверстия можно периодически проверять глубиномером, но этот способ наименее производительный, т. к. в этом случае приходится выводить сверло из отверстия для измерения и вводить его.

### 5.5 Безопасность труда

При работе на сверлильном станке необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- правильно устанавливать, надежно закреплять заготовки на столе станка и не удерживать их руками в процессе обработки;
- не оставлять ключа в сверлильном патроне после смены режущего инструмента;

- пуск станка производить только при твердой уверенности в безопасности работы;
- не брать за вращающийся режущий инструмент и шпиндель;
- не вынимать рукой сломанных режущих инструментов из отверстия, пользоваться для этого специальными приспособлениями;
- не нажимать сильно на рычаг подачи при сверлении заготовок за рабочий ход (особенно сверлами малого диаметра);
- постоянно следить за исправностью режущего инструмента и устройствами для крепления заготовок и инструмента;
- не передавать и не принимать каких-либо предметов через работающий станок;
- не работать на станке в рукавицах;
- не опираться на станок во время его работы;
- обязательно останавливать станок в случае ухода от него даже на короткое время или прекращения работы.

### ***5.6 Порядок выполнения работы***

- 1 Изучить особенности выполнения сверлильной обработки.
- 2 Получить у преподавателя заготовки, режущий инструмент, инструмент для разметки.
- 3 Разработать эскизы заготовок с указанием размеров.
- 4 Выполнить разметку отверстий.
- 5 Выполнить измерения затрат времени на разметку.
- 6 Осуществить сборку и установку режущего инструмента, закрепление заготовки.
- 7 Выполнить сверление двух отверстий на заданную глубину.
- 8 Осуществить измерение затрат времени на сверление отверстий.
- 9 Разработать график зависимости  $T = f(N)$ .
- 10 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

### ***Пример типового отчета***

Межгосударственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

Кафедра «Технология машиностроения»

Отчет по лабораторной работе № 4  
«Сверление по разметке»

Выполнил: студент гр. \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

- 1 Цель лабораторной работы – \_\_\_\_\_.
- 2 Используемое оборудование: \_\_\_\_\_.
- 3 Чертежи заготовок с указанием размеров деталей на рисунке 5.5 (знак «?» заменить на результаты измерения заготовки): \_\_\_\_\_.

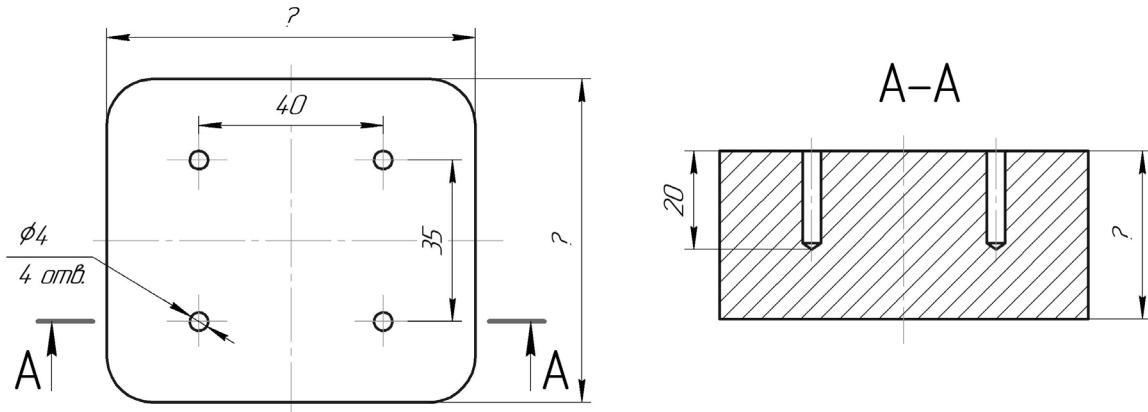


Рисунок 5.5 – Чертежи заготовок.

4 Выполнить разметку под сверление двух отверстий:

- разметить осевые линии заготовки;
- разметить центр первого отверстия;
- разметить концентрическую окружность диаметром 4...8 мм в центре первого отверстия;
- разметить центр второго отверстия;
- разметить концентрическую окружность диаметром 4...8 мм в центре второго отверстия.

Затраты времени на выполнение разметки:

- разметка осевых  $T1 = \dots$  с;
- разметка первого отверстия  $T2 = \dots$  с;
- разметка второго отверстия  $T3 = \dots$  с.

5 Закрепить инструмент и заготовку.

*Установка инструмента в патрон:*

- установить сверло в цангу;
- установить цангу в патрон;
- дослат сверло до упора в дно патрона;
- закрутить гайку.

*Установка патрона в шпиндель:*

- отжать механизм разжима инструмента поворотом рычага до упора вправо и удерживать;
- установить патрон в шпиндель до упора вверх и затем повернуть патрон против часовой стрелки до упора;
- медленно вернуть рычаг в исходное положение (**не отпуская!!!**).









*Закрепление заготовки:*

- используя вороток разжать тиски;
- установить заготовку до упора вниз и вправо;
- закрепить заготовку.

*Затраты времени:*

- сборка инструмента  $T3 = \dots$  мин;
- установка в шпиндель станка  $T4 = \dots$  мин;
- закрепление заготовки  $T5 = \dots$  мин.

**6** Выполнить сверление отверстия:

- нажав «Tab», вызвать панель ручного управления станком;
- используя клавиши движения осей, совместить ось сверла с осью правого отверстия, оставив зазор в 1...3 мм;
- нажав «Tab», скрыть панель ручного управления станком;
- отойти на безопасное расстояние не менее 1 м от станка (за исключением оператора ПЭВМ);
- включить шпиндель станка, нажав клавишу ;
- затем, нажав «Tab» вызвать панель ручного управления станком;
- нажимая клавишу , коснуться заготовки;
- установить начало отсчета координат оси Z в ноль, нажав клавишу ;
- нажимая клавишу , сверлить отверстие на глубину 0,5 мм, контролируя глубину, используя цифровой индикатор координат;
- затем, используя , поднять инструмент не менее чем на 5 мм;
- нажав «Tab», скрыть панель ручного управления станком;
- выключить шпиндель станка, нажав ;
- визуально контролировать concentricity лунки относительно размеченной окружности;
- сместить инструмент при необходимости в нужную сторону;
- повторно сверлить отверстие на глубину 1,2...1,5 мм;
- окончательно контролировать правильность положения отверстия;
- сверлить отверстие на глубину, заданную чертежом;
- по достижении требуемой глубины нажать  и вывести инструмент из детали на высоту не менее 5 мм;
- нажав «Tab», скрыть панель ручного управления станком;
- выключить шпиндель станка, нажав .

Затраты времени: сверление правого отверстия  $T6 = \dots$  мин.

Аналогично выполнить сверление левого отверстия.

Затраты времени: сверление левого отверстия  $T7 = \dots$  мин.

**7** Используя результаты измерений, определить затраты времени на сверление трех отверстий в детали, построить график зависимости затрат времени на сверление партии деталей (1...30 шт.).

**8** Выводы.



## 6 Лабораторная работа № 5. Обработка карманов корпусных деталей

**Цель лабораторной работы** – приобретение практических навыков фрезерования поверхностей закрытых и полуоткрытых карманов корпусных деталей на станке с ЧПУ (работа рассчитана на 2 академических часа).

### 6.1 Встречное и попутное фрезерование

При фрезеровании цилиндрическими и дисковыми фрезами различают встречное фрезерование (фрезерование против подачи) и попутное фрезерование (фрезерование по подаче).

Встречным называется фрезерование, которое осуществляется при противоположных направлениях движения фрезы и обрабатываемой заготовки в месте их контакта (рисунок 6.1, а, б). Попутное фрезерование производится при совпадающих направлениях вращения фрезы и движения обрабатываемой заготовки в месте их контакта (рисунок 6.1, в, г).

При встречном фрезеровании толщина среза изменяется от нуля при входе зуба в точке *A* до максимального значения при выходе зуба из контакта с обрабатываемой заготовкой в точке *B*. При попутном фрезеровании толщина среза изменяется от максимальной величины в момент входа зуба в контакт с обрабатываемой заготовкой в точке *B* до нуля при выходе в точке *A*.

При встречном фрезеровании процесс резания происходит спокойнее, т. к. толщина среза нарастает плавно, и нагрузка на станок нарастает также постепенно. При попутном фрезеровании в момент входа зуба в контакт с обрабатываемой заготовкой возникает удар, т. к. именно в этот момент будет максимальная толщина среза. Поэтому попутное фрезерование можно производить на станках, обладающих достаточной жесткостью и виброустойчивостью, и главным образом при отсутствии зазора в сопряжении ходовой винт – маточная гайка продольной подачи стола.

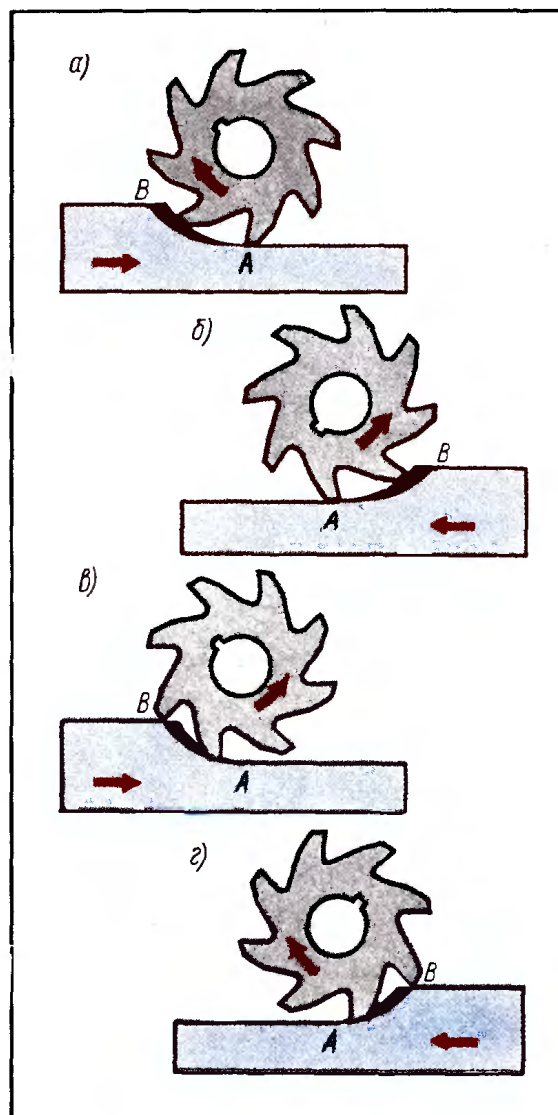


Рисунок 6.1 – Встречное и попутное фрезерование

Кроме того, при попутном фрезеровании заготовка прижимается к столу, а стол – к направляющим, что обеспечивает лучшее качество поверхности.

При попутном фрезеровании значение угла наклона главной режущей кромки будет положительным, при встречном – отрицательным (независимо от направления подъема винтовой канавки).

При прочих равных условиях стойкость фрезы при попутном фрезеровании выше, чем при встречном, кроме случаев работы по твердой корке. Недостатком встречного фрезерования является также стремление фрезы оторвать заготовку от поверхности стола.

## 6.2 Типовые схемы переходов при фрезерной обработке

При проектировании фрезерной обработки областей (зон) используют типовые схемы технологических переходов, определяющих правила построения траектории инструмента.

Существует две основные схемы формирования траектории движения фрезы при фрезерной обработке: зигзагообразная и спиралевидная.

Зигзагообразная схема (рисунок 6.2) характеризуется тем, что инструмент в процессе обработки совершает движение в противоположных направлениях вдоль параллельных строчек с переходом от одной строки к другой вдоль границы области. Эта схема достаточно распространена, но имеет ряд недостатков. Один из недостатков – переменный характер фрезерования: вдоль одной строки инструмент работает в направлении подачи, а вдоль следующей – против, что ведет к изменению сил резания и качества обработки. Другой недостаток этой схемы – повышенное число изломов на траектории инструмента. Это отрицательно сказывается на динамике резания и ведет к увеличению времени обработки, т. к. необходимо выполнять многочисленные операции по разгону и торможению привода подачи станка с ЧПУ.

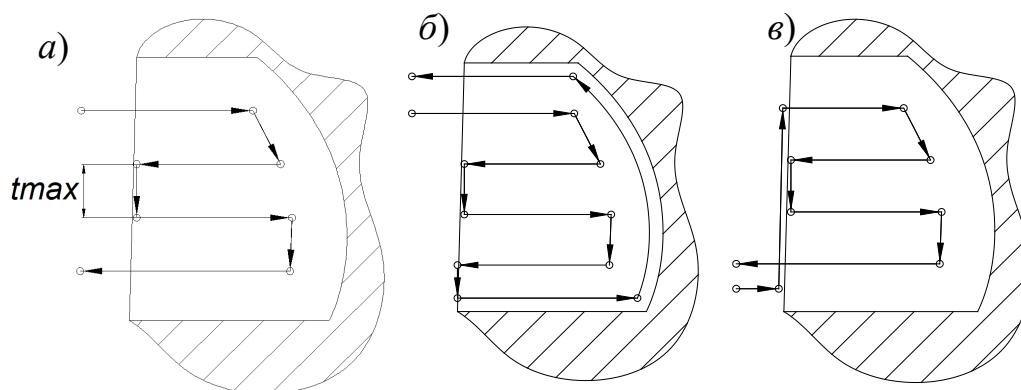


Рисунок 6.2 – Схемы зигзагообразных фрезерных переходов

Зигзагообразная схема имеет несколько разновидностей, связанных с порядком обработки границ: без обхода границ (см. рисунок 6.2, а), с проходом

вдоль границ в конце обработки области (см. рисунок 6.2, б), с предварительным проходом вдоль границ (см. рисунок 6.2, в).

Спиралевидная схема отличается от зигзагообразной тем, что обработка ведется круговыми движениями инструмента, совершаемыми вдоль внешней границы области на разном расстоянии от нее (рисунок 6.3, а, б). В отличие от зигзагообразной, спиралевидная схема обеспечивает более плавный характер обработки, т. к. направление фрезерования (по или против подачи) неизменно и нет дополнительных изломов траектории. Спиралевидная схема имеет две разновидности: первая характеризуется движением инструмента от центра области к периферии (см. рисунок 6.3, а), а вторая – от границы области к ее центру (см. рисунок 6.3, б). Каждая из рассмотренных разновидностей спиралевидной схемы имеет два типа: с движением инструмента в направлении по или против часовой стрелки при наблюдении со стороны шпинделя.

Одинаковый характер фрезерования можно выдерживать также с помощью схемы Ш-образного типа (см. рисунок 6.3, в). Согласно этой схеме инструмент после выполнения прохода вдоль строки отводится на необходимое расстояние от обработанной поверхности и на ускоренном ходу возвращается назад. Ш-образная схема имеет те же разновидности, что и зигзагообразная. Существенный недостаток этой схемы – большое число вспомогательных ходов.

При построении траектории инструмента на черновых переходах необходимо знать расстояние между соседними проходами фрезы, т. к. оно определяет глубину резания.

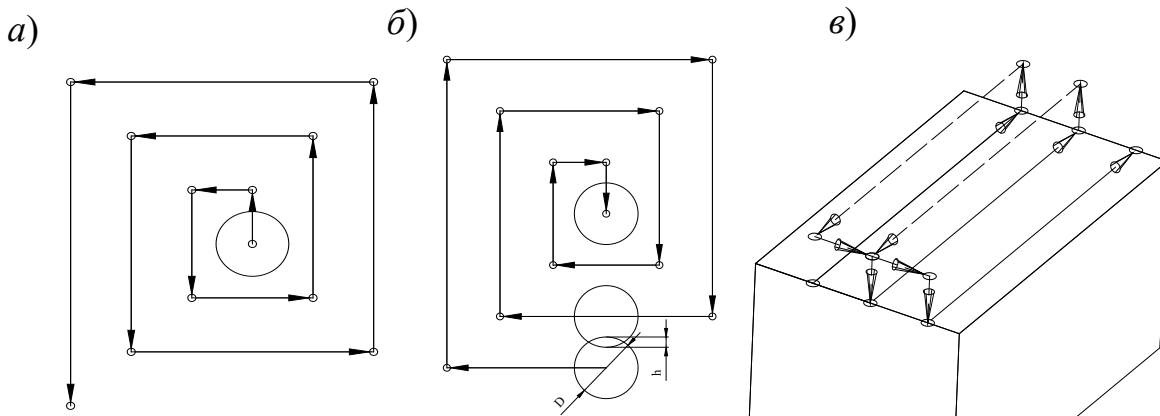


Рисунок 6.3 – Спиралевидные (а, б) и Ш-образная (в) схемы фрезерных переходов

Максимально допустимая величина этого расстояния (см. рисунок 6.2, а) зависит от геометрических параметров используемого инструмента:

$$t_{\max} = D - 2r - h_1, \quad (6.1)$$

где  $D$  – диаметр фрезы;

$r$  – радиус скругления у торца;

$h_1$  – перекрытие между проходами (см. рисунок 6.3, б), обеспечивающее отсутствие гребешков.

Определенные трудности при программировании представляет спиралевидная схема, которая в идеальном случае должна иметь форму Архимедовой

спирали. Практически такую спираль реализовать очень сложно, поэтому обычно обработка ведется по двух- или четырехполюсной спирали.

Такая спираль строится путем сопряжения дуг, имеющих общие центры в виде полюсов  $A$  и  $B$  (рисунок 6.4).

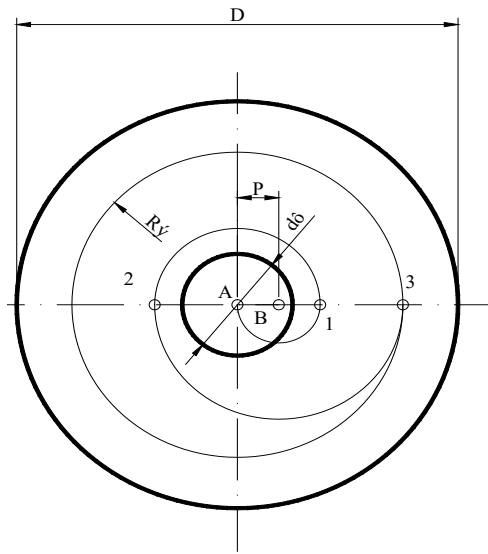


Рисунок 6.4 – Двухполюсная спираль фрезерных переходов

Исходными данными к расчету параметров фрезы являются:  $D$  – диаметр обрабатываемой поверхности;  $d_\phi$  – диаметр фрезы. Радиус эквидистанты определяется по формуле

$$R_s = \frac{D - d_\phi}{2}. \quad (6.2)$$

Далее вычисляется коэффициент  $a$ :

$$\frac{R_s}{0,6 \cdot d_\phi} \geq a \geq \frac{R_s}{0,8 \cdot d_\phi} \quad (6.3)$$

Коэффициент  $a$  принимается как меньшее целое из полученного интервала (например,  $5,7 \geq a \geq 3,4$ , принимаем  $a = 4$ ).

Определяем шаг спирали

$$h = R_s / a. \quad (6.4)$$

Расстояние между полюсами

$$P = h / 2. \quad (6.5)$$

После того, как определены параметры спирали, выполняем ее построение: наносим первый полюс  $A$  в центр обрабатываемой окружности, второй полюс  $B$  располагаем на расстоянии  $P$  от первого. Выполняем построение первой дуги: началом служит полюс  $A$ , а центром – полюс  $B$ ; ведем ее до пересечения с осевой, проходящей через полюса (точка 1 на рисунке 6.4). Строим следую-

щую дугу: в качестве центра берем противоположный полюс, а началом дуги является окончание предыдущей (полюс  $A$  и точка 1 на рисунке 6.4). Построение проводим до тех пор, пока спираль не выйдет на эквидистанту.

### **6.3 Порядок выполнения работы**

- 1 Изучить особенности построения переходов фрезерования закрытых и полузакрытых карманов концевыми фрезами.
- 2 Оформить отчет по лабораторной работе, указать цель работы.
- 3 В соответствии с вариантом получить чертеж детали – типа корпусной детали, разработать эскиз обработки.
- 4 Рассчитать геометрические параметры траекторий.
- 5 Построить траектории перемещения инструментов.
- 6 Разработать программу для выполнения обработки внутренних поверхностей заготовки.
- 7 Выполнить обработку пробной детали.
- 8 Составить отчет и представить его преподавателю для проверки.

### **Пример типового отчета**

Межгосударственное образовательное учреждение  
высшего образования

«Белорусско-Российский университет»

Кафедра «Технология машиностроения»

Отчет по лабораторной работе № 5  
«Обработка карманов корпусных деталей»

Выполнил: студент гр. \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

Могилев 202\_

- 1 Цель лабораторной работы – \_\_\_\_\_
- 2 Операционный эскиз обрабатываемой детали (рисунок 6.5).

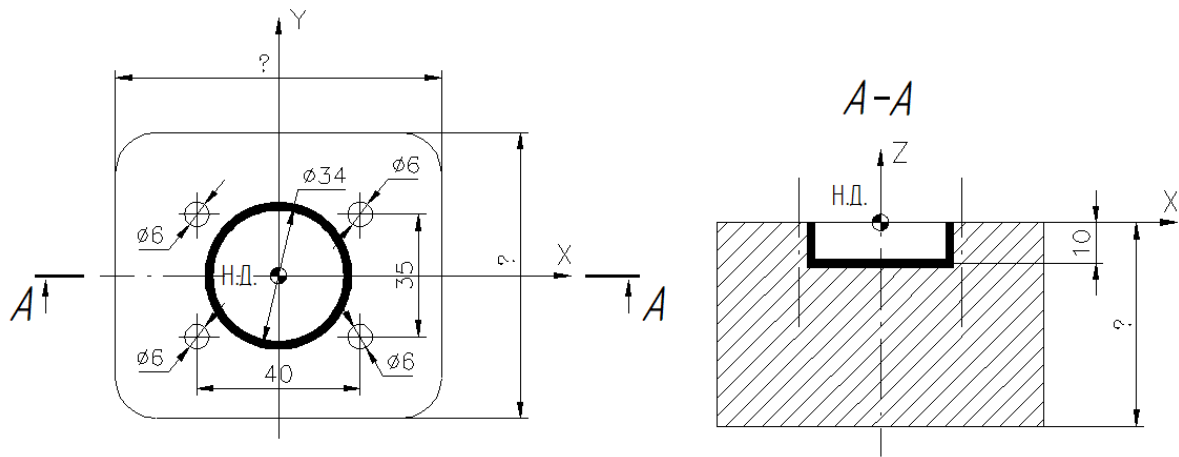


Рисунок 6.5 – Операционный эскиз обрабатываемой детали

Содержание операции (полная форма записи для четных вариантов и сокращенная для нечетных).

3 Рассчитываем параметры траекторий.

Радиус эквидистанты

$$R_э = \frac{D - d_ф}{2} = \dots \text{ мм.} \quad (6.6)$$

Коэффициент  $a$ :

$$\frac{R_э}{0,6 \cdot d_ф} \geq a \geq \frac{R_э}{0,8 \cdot d_ф};$$

$$\dots \geq a \geq \dots$$

Принимаем  $a = 2$ .

Определяем шаг спирали:

$$h = R_э / a = \dots \quad (6.7)$$

Расстояние между полюсами

$$P = h / 2 = \dots \quad (6.8)$$

4 Выполняем чертеж детали (рисунок 6.6) с построением траектории перемещений инструмента (центра фрезы).

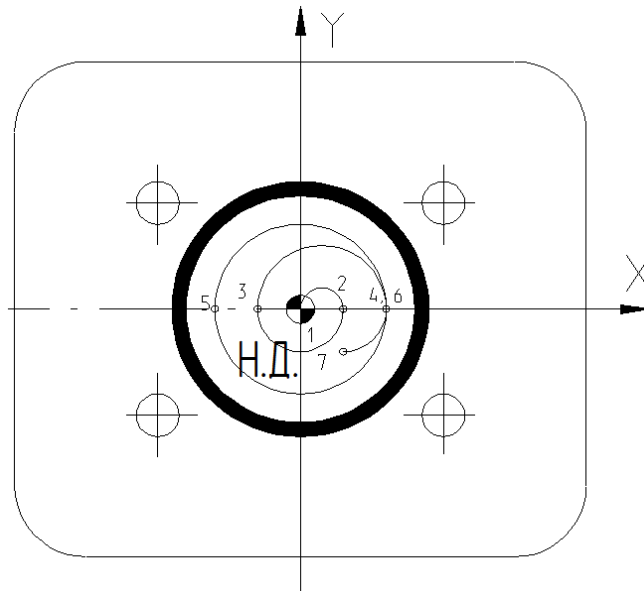


Рисунок 6.6 – Чертеж детали

### 5 Разрабатываем текст управляющей программы:

%	(начало программы)
G90 G17	(отсчет – ноль детали, окружности в плоскости XY)
S2222 F100 M3	( $n = 2222 \text{ мин}^{-1}$ , $s = 100 \text{ мм/мин}$ )
G0 X0 Y0 Z2	(ускоренный подвод инструмента на врезание)
G1 Z-10	(врезание фрезы на глубину 10 мм)
G02 X12 Y0 R6	(перемещение фрезы по дуге окружности из точки 1 в 2)
....	
G02 X6 Y-6 R6	(перемещение фрезы по дуге окружности из точки 6 в 7, отвод инструмента)
G0 Z2	(вывод инструмента из кармана)
G0 X10 Y10 Z20	(возврат инструмента в исходную точку)
M02	(конец информации)
%	(конец программы)






### 6 Выполнить ввод управляющей программы:


- загрузить шаблон программы, нажав «Загрузить УП»;
- сверить шаблон с текстом программы, внести изменения, нажав «Править УП»;
- закрыть окно редактора, сохранив изменения.

### 7 Выполнить фрезерование кармана по управляющей программе.

#### 7.1 Выполнить привязку инструмента:

- нажав «Tab», вызвать панель ручного управления станком;
- используя клавиши движения осей, совместить ось фрезы с осью центрального отверстия, оставив зазор в 1...3 мм;
- нажав «Tab», скрыть панель ручного управления станком;
- отойти на безопасное расстояние не менее 1 м от станка (за исключением оператора ПЭВМ);

- включить шпиндель станка, нажав клавишу  ;
- затем, нажав «Tab», вызвать панель ручного управления станком;
- нажимая клавишу  , коснуться заготовки;
- установить начало отсчета координат оси Z в ноль, нажав клавишу  ;
- затем, используя  , поднять инструмент не менее чем на 5 мм;
- нажав «Tab», скрыть панель ручного управления станком;
- выключить шпиндель станка, нажав  ;
- визуальным контролем контролировать concentricity лунки относительно окружности;
- сместить инструмент при необходимости в нужную сторону.

7.2 Выполнить обработку по программе, нажав клавишу  .

8 Визуальным наблюдением установить характер фрезерования (встречное или попутное).

9 Выводы.

## 7 Лабораторная работа № 6. Обработка шпоночных пазов

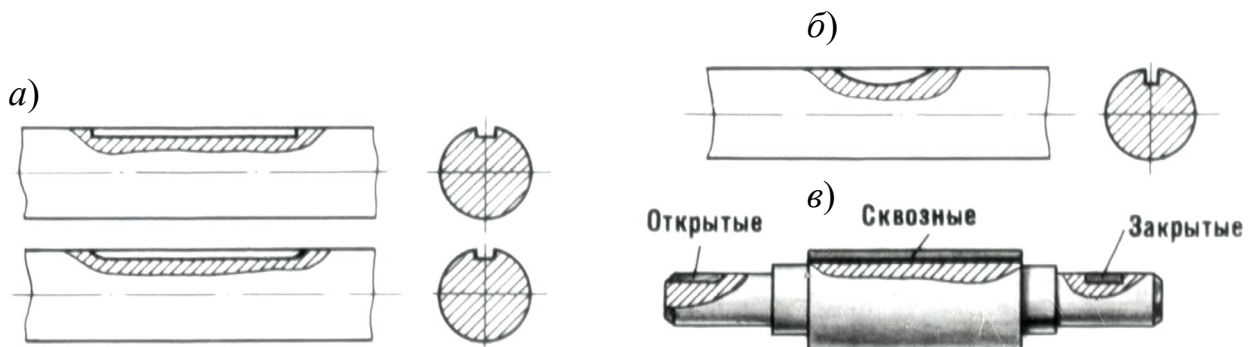
**Цель лабораторной работы** – приобретение практических навыков фрезерования шпоночных пазов на станке с ЧПУ (работа рассчитана на 2 академических часа).

### 7.1 Обработка шпоночных канавок

Шпоночные канавки изготавливаются для призматических, клиновых и сегментных шпонок.

Шпоночные канавки для призматических шпонок могут быть закрытыми с двух сторон (глухие), закрытыми с одной стороны и сквозными (рисунок 7.1).

Шпоночные канавки изготавливаются различными способами в зависимости от конфигурации канавки и вала, применяемого инструмента; они выполняются на горизонтально-фрезерных или на вертикально-фрезерных станках общего назначения или специальных.



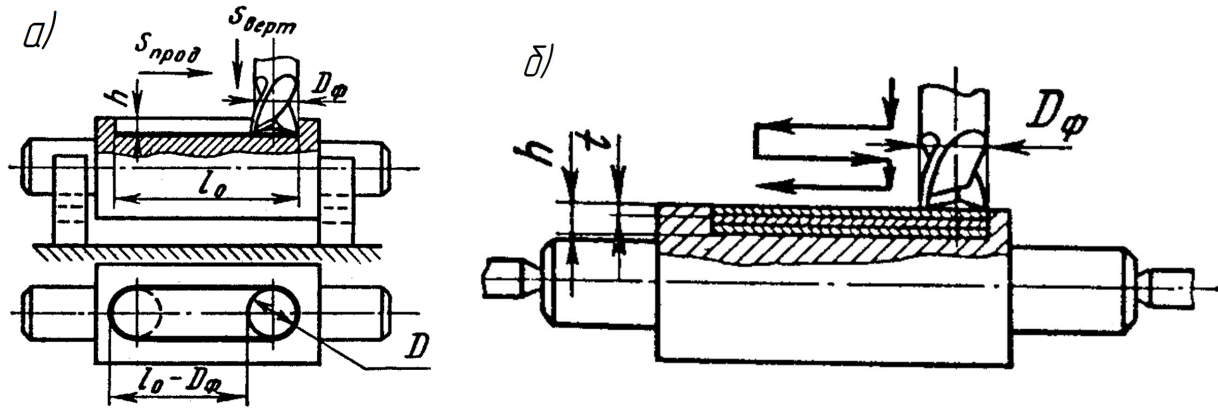
*a* – под призматические шпонки; *б* – под сегментные шпонки; *в* – типы шпоночных пазов

Рисунок 7.1 – Шпоночные канавки



## 7.2 Фрезерование концевыми фрезами

Закрытые канавки с закруглениями на концах изготавливаются концевыми фрезами с продольной подачей за один или несколько ходов (рисунок 7.2).



а – концевой фрезой с продольной подачей; б – концевой фрезой с маятниковой подачей

Рисунок 7.2 – Методы фрезерования шпоночных канавок валов

Фрезерование концевой фрезой за один рабочий ход производится таким образом, что сначала фреза при вертикальной подаче проходит на полную глубину канавки, а потом включается продольная подача, с которой шпоночная канавка фрезеруется на полную длину. При этом способе требуется мощный станок, прочное крепление фрезы и обильное охлаждение. Вследствие того, что фреза работает в основном своей периферийной частью, диаметр которой после заточки несколько уменьшается, что приводит к неточному размеру канавки по ширине.

Основное время при фрезеровании шпоночной канавки  $t_0$ , мин, закрытой с двух сторон, за один ход инструмента определяется по формуле

$$t_0 = \frac{l_0 - D_\phi}{S_{м.пр}} + \frac{h + (0,5...1)}{S_{м.верт}}, \quad (7.1)$$

где  $h$  – глубина шпоночной канавки, мм;  
 $l_0$  – длина шпоночной канавки, мм;  
 $D_\phi$  – диаметр фрезы, равный ширине канавки, мм;  
 $S_{м.верт}$  – вертикальная подача, мм/мин;  
 $S_{м.пр}$  – продольная подача, мм/мин.

Для получения по ширине точных канавок применяются специальные шпоночно-фрезерные станки с «маятниковой подачей», работающие концевыми фрезами. При этом способе фреза врезается на 0,1...0,3 мм и фрезерует канавку на всю длину, затем опять врезается на ту же глубину, как и в предыдущем случае, и фрезерует канавку опять на всю длину, но в другом направлении (см. рисунок 7.2, б). Отсюда и происходит определение метода «маятниковая подача».

Этот метод является наиболее рациональным для изготовления шпоночных канавок в серийном и массовом производствах, т. к. дает вполне точную канавку, обеспечивающую взаимозаменяемость в шпоночном соединении. Кроме того, поскольку фреза работает лобовой частью, она будет долговечнее, т. к. изнашивается не периферийная часть ее, а лобовая. Недостатком этого способа является значительно большая затрата времени на изготовление канавки по сравнению с фрезерованием за один ход и тем более с фрезерованием дисковой фрезой. Отсюда вытекает следующее:

1) метод маятниковой подачи надо применять при изготовлении канавок, требующих взаимозаменяемости;

2) фрезеровать канавки в один ход нужно в тех случаях, когда допускается пригонка шпонок по канавкам.

Основное время при фрезеровании шпоночной канавки  $t_0$ , мин, закрытой с двух сторон, с «маятниковой» подачей определяется по формуле

$$t_0 = \frac{l_0 - D_\phi}{S_{м.пр}} + \frac{h + (0,5...1)}{t}, \quad (7.2)$$

где  $l_0$  – длина шпоночной канавки, мм;

$D_\phi$  – диаметр фрезы, равный ширине канавки, мм;

$S_{м.пр}$  – продольная подача, мм/мин;

$t$  – величина вертикального врезания на один ход фрезы, мм.

### **7.3 Порядок выполнения работы**

1 Изучить особенности построения переходов фрезерования закрытых и полузакрытых карманов концевыми фрезами.

2 Оформить отчет по лабораторной работе, указать цель работы.

3 В соответствии с вариантом получить чертеж детали – типа корпусной детали, разработать эскиз обработки.

4 Рассчитать геометрические параметры траекторий.

5 Построить траектории перемещения инструментов.

6 Разработать программу для выполнения обработки внутренних поверхностей заготовки.

7 Выполнить обработку пробной детали.

8 Составить отчет и представить его преподавателю для проверки.

**Пример типового отчета**

Межгосударственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

Кафедра «Технология машиностроения»

Отчет по лабораторной работе № 6  
«Обработка шпоночных пазов»

Выполнил: студент гр. \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

Могилев 202\_\_.

1 Цель лабораторной работы – \_\_\_\_\_.

2 Операционный эскиз обрабатываемой детали.

3 Содержание операции (полная форма записи для четных вариантов и сокращенная для нечетных): \_\_\_\_\_.

4 Чертеж детали с построением траектории перемещений инструмента (центра фрезы).

5 Разрабатывается текст управляющей программы:

%	(начало программы)
G90 G17	(отсчет – ноль детали, окружности в плоскости XY)
S2222 F100 M3	( $n = 2222 \text{ мин}^{-1}$ , $s = 100 \text{ мм/мин}$ )
G0 X0 Y0 Z2	(ускоренный подвод инструмента на врезание)
G1 Z-10	(врезание фрезы на глубину 10 мм)
G02 X12 Y0 R6	(перемещение фрезы по дуге окружности из точки 1 в 2)
...	
...	
G02 X6 Y-6 R6	(перемещение фрезы по дуге окружности из точки 6 в 7, отвод инструмента)
G0 Z2	(вывод инструмента из кармана)
G0 X10 Y10 Z20	(возврат инструмента в исходную точку)
M02	(конец информации)
%	(конец программы)

6 Выполнить ввод управляющей программы:





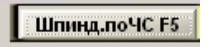
- загрузить шаблон программы, нажав «Загрузить УП»;
- сверить шаблон с текстом программы, внести изменения, нажав «Править УП»;
- закрыть окно редактора, сохранив изменения.

7 Выполнить фрезерование паза по управляющей программе.

7.1 Выполнить привязку инструмента.

Для этого:

- нажав «Tab», вызвать панель ручного управления станком;

- используя клавиши движения осей, совместить ось фрезы с осью центрального отверстия, оставив зазор в 1...3 мм;
- нажав «Tab», скрыть панель ручного управления станком;
- отойти на безопасное расстояние не менее 1 м от станка (за исключением оператора ПЭВМ);
- включить шпиндель станка, нажав клавишу  ;
- затем, нажав «Tab», вызвать панель ручного управления станком;
- нажимая клавишу , коснуться заготовки;
- установить начало отсчета координат оси Z в ноль, нажав клавишу  ;
- затем, используя , поднять инструмент не менее чем на 5 мм;
- нажав «Tab», скрыть панель ручного управления станком;
- выключить шпиндель станка, нажав  ;
- визуально контролировать concentricity лунки относительно окружности;
- сместить инструмент при необходимости в нужную сторону.

7.2 Выполнить обработку по программе, нажав клавишу .

8 Визуальным наблюдением установить характер фрезерования (встречное или попутное).

9 Выводы.

## Список литературы

- 1 **Жолобов, А. А.** Технология автоматизированного производства / А. А. Жолобов. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 624 с.
- 2 Технология автоматизированного машиностроения / А. А. Жолобов [и др.]; под ред. А. А. Жолобова. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 384 с.
- 3 **Горбацевич, А.Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск: Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
- 4 Дипломное проектирование по технологии машиностроения / Под общ. ред. В. В. Бабука. – Минск: Вышэйшая школа, 1979. – 464 с.
- 5 **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. – 309 с. : ил.
- 6 Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие / Под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск: Изд-во Гревцова, 2010. – 400 с.
- 7 **Жолобов, А. А.** Проектирование технологических процессов сборки машин: учебник / А. А. Жолобов, В. А. Лукашенко, И. С. Сазонов; под ред. проф. А. А. Жолобова. – Минск: Новое знание, 2005. – 410 с. : ил.