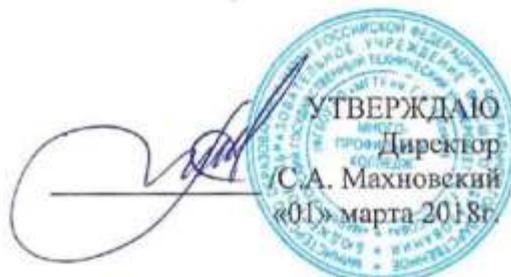


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»  
Многопрофильный колледж



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ОПЦ.08 ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ,  
СТАНКИ И ИНСТРУМЕНТЫ**  
программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности СПО  
15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного  
оборудования (по отраслям)

Магнитогорск, 2018

**ОДОБРЕНО**

Предметно-цикловой комиссией  
Механического и гидравлического  
оборудования

Председатель: О.А. Тарасова  
Протокол №6 от 21.02.2018 г.

Методической комиссией

Протокол №4 от 01.03.2018 г.

**Разработчик**

В.И. Шишняева,  
преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Обработка металлов резанием, станки и инструменты».

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....	7
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ .....	7
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ .....	8
Практическое занятие № 1 .....	8
Практическое занятие № 2 .....	16
Практическое занятие № 3 .....	25
<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
Практическое занятие № 4 .....	32
Практическое занятие № 5 .....	63
Практическое занятие № 6 .....	57
Практическое занятие № 7 .....	64
Практическое занятие № 8 .....	73

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений (умений решать задачи), необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.08 «Обработка металлов резанием, станки и инструменты» предусмотрено проведение практических занятий. В рамках практического занятия обучающиеся могут выполнять одну или несколько практических работ.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

### ***уметь:***

- У1. Выбирать рациональный способ обработки деталей;
- У2. Оформлять технологическую и другую документацию в соответствии с действующей нормативной базой;
- У3. Производить расчеты режимов резания;
- У4. Выбирать средства и контролировать геометрические параметры инструмента;
- У5. Читать кинематическую схему станка;
- У6. Составлять перечень операций обработки;
- У7. Выбирать режущий инструмент и оборудование для обработки вала, отверстия, паза, резьбы и зубчатого колеса.
- У01.1 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- У01.3 определять этапы решения задачи;
- У01.4 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- У02.2 определять необходимые источники информации;
- У02.7 оформлять результаты поиска;
- У03.3 определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования;
- У04.1 организовывать работу коллектива и команды;
- У04.2 взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности;

У05.5 проявлять толерантность в рабочем коллективе;  
У09.1 применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач;

Содержание практических ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями**:

ПК 2.3. Проводить ремонтные работы по восстановлению работоспособности промышленного оборудования.

ПК 3.1. Определять оптимальные методы восстановления работоспособности промышленного оборудования.

ПК 3.2. Разрабатывать технологическую документацию для проведения работ по монтажу, ремонту и технической эксплуатации промышленного оборудования в соответствии требованиями техникеских регламентов.

ПК 3.3. Определять потребность в материально-техническом обеспечении ремонтных, монтажных и наладочных работ промышленного оборудования.

А также формированию **общих компетенций**:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

Выполнение обучающихся практических работ по учебной дисциплине ОП.08 «Обработка металлов резанием, станки и инструменты» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, оформлять результаты в виде таблиц, схем;

- развитие аналитических интеллектуальных умений у будущих специалистов;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ<sup>1</sup>

Разделы/темы	Темы практических/лабораторных занятий	Количество часов	Требования ФГОС СПО (уметь)
<b>Раздел 2. Виды обработки металлов резанием. Металлорежущие инструменты и станки</b>		16	
Тема 2.1 Металлорежущие станки	Практическая работа 1 «Изучение кинематической схемы и конструкции токарно-винторезного станка мод.16К20»	2	У1,У2, У5, У6
Тема 2.2 Токарная обработка, применяемые станки и инструменты	Практическая работа 2 «Определение режимов резания для обработки цилиндрической поверхности на токарном станке»	2	У3, У4, У6,У7
	Практическая работа 3 «Измерение геометрических параметров резцов»	2	У1,У2, У4
Тема 2.4 Сверление, зенкерование и развертывание, применяемый инструмент и станки	Практическая работа 4 «Определение режимов резания для обработки цилиндрического отверстия на сверлильном станке»	2	У3, У4, У6,У7
Тема 2.5 Фрезерование, применяемый инструмент и станки	Практическая работа 5 «Выбор режимов резания при фрезеровании по эмпирическим формулам»	2	У3, У4, У6,У7
	Практическая работа 6 «Изучение кинематической схемы и принцип ра-	1	У1,У2, У5, У6

	боты универсально-фрезерного станка модели 6М82»		
Тема 2.7 Протягивание, применяемый инструмент и станки	Практическая работа 7 «Определение режимов резания для процесса протягивания»	2	У3, У4, У6, У7
Тема 2.8 Шлифование, применяемый инструмент и станки	Практическая работа 8 «Решение задач на определение режимов резания для процесса шлифования»	2	У3, У4, У6, У7
<b>ИТОГО</b>		<b>16</b>	

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

#### **Раздел 2 Виды обработки металлов резанием. Металлорежущие инструменты и станки**

##### **Тема 2.1 Металлорежущие станки**

###### **Практическая работа №1**

###### **« Изучение кинематической схемы и конструкции токарно-винторезного станка мод.16К20»**

**Цель работы:** формирование умений производить эксплуатацию токарно-винторезных станков

###### **Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- читать кинематические схемы токарно-винторезных станков

###### **Материальное обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению практических занятий
2. Атлас «Металлорежущие станки»
3. Условные обозначения элементов кинематических схем.

###### **Задание:**

Настроить продольную подачу на станке, согласно заданного значения

### **Исходные данные:**

Подача- 0,15мм/об, 0,18мм/об, 0,2мм/об.

### **Краткие теоретические сведения**

Металлорежущие станки в большинстве случаев состоят из механизмов, сходных по кинематике: шпиндельных коробок, коробок подач, фартуков, суппортов, столов, гитар и т. п. Приспособления для крепления заготовок разнообразны по конструкции, их сложность зависит от назначения станка, универсальности и характера производства. Для универсальных станков, используемых в единичном и серийном производстве, применяют стандартные зажимные приспособления. В специальных станках, используемых в массовом производстве, применяют специальные зажимные приспособления с максимальной автоматизацией их действий.

В качестве механизма главного движения применяют индивидуальный привод, который состоит из электродвигателя, ременной или зубчатой передачи, коробки скоростей со шпинделем (шпиндельной бабки). Индивидуальный привод позволяет получать большую частоту вращения шпинделя и менять ее, расставляя станки соответственно технологическому процессу, более рационально использовать мощность электродвигателя, т. е. включать станки независимо друг от друга.

Электродвигатели индивидуальных приводов устанавливают на передней тумбе станка или на полу, возле нее. В некоторых станках электродвигатели устанавливают непосредственно на шпиндельной бабке, например у полуавтоматов мод. 116. Такое расположение электродвигателя вызывает колебания станка, их нужно избегать.

Встроенный привод — это такой привод, у которого детали электродвигателя являются органической частью станка, например корпус передней бабки является корпусом электродвигателя, а ротор смонтирован непосредственно на шпинделе. Приводы такого типа применяют в шлифовальных, токарных и других станках. В некоторых металлорежущих станках в корпусе передней *бабки* устанавливают зубчатые колеса, создающие различные частоты вращения шпинделя. Шпиндельные коробки при такой конструкции применяют во многих токарно-винторезных станках, например в станках мод. 16К20.

Для изучения конструкции и кинематики механизмов металлорежущих станков

рассмотрим токарно-винторезный станок мод. 16К.20, общий вид которого приведен на рис. 1.

### 1. Общие сведения о станке

Станок предназначен для выполнения разнообразных токарных работ, нарезания метрической, дюймовой, модульной и питьевой резьб, одно-и многозаходных резьб с нормальным и увеличенным шагом, нарезания торцевых резьб.

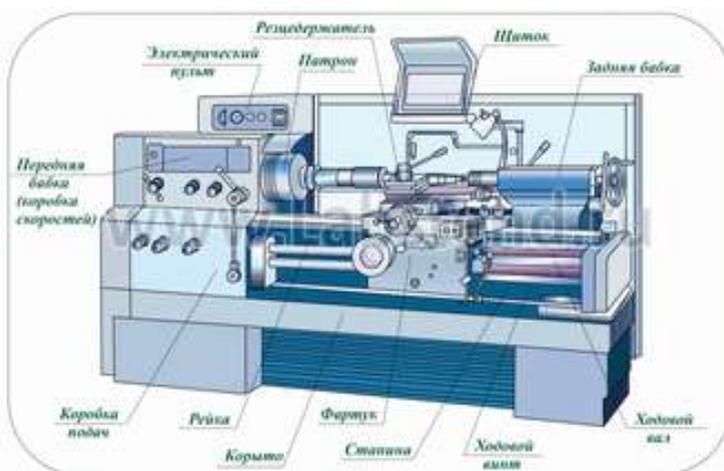


Рисунок 1- Общий вид токарно-винторезного станка 16К20

#### **Технические характеристики базовой модели:**

Длина обрабатываемой детали –1400 мм.

Высота центров над плоскими направляющими – 215 мм;

**Наибольший диаметр** обрабатываемой детали:

.....над отверстием станины – 630 мм.

.....прутка, проходящего через отверстие шпинделя, - 50 мм.

**Частота вращения шпинделя**, об/мин - 12,5.....1600.

**Подача суппорта**, мм/об:

продольная - 0,05.....2,8.

поперечная - 0,025.....1,4

**Мощность** электродвигателя главного движения - 10 кВт.

Движения в станке:

**Главное движение** - вращение шпинделя о заготовкой;

**движение подач** - перемещения каретки в продольном и салазок - в поперечном направлениях.

### Вспомогательные движения

- ускоренные перемещения каретки в продольном
- салазок - в поперечном направлениях;
- перемещение верхней части суппорта только вручную под углом  $90^\circ$  к оси вращения заготовки.

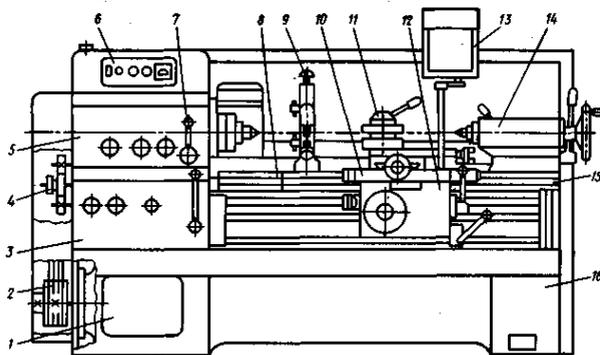


Рисунок 2 - Компонка станка мод. 16K20:

1 — передняя тумба; 2 — ременная передача; 3 —коробка подач; 4 — коробка передач (сменные зубчатые колеса); 5 — шпиндельная блока; 6 —кнопочная станция; 7 — орган управления; 8 — мостик; 9 — люнет; 10 — суппорт; 11 — резцедержатель; 12 — фартук; 13 — предохранительный щиток; 14 — задняя бабка; 15 — станина; 16 — основание

На рис. 2. показана компоновка основных узлов универсального токарно-винторезного станка мод. 16K20, элементы и компоновка которого являются типовыми для токарно-винторезных и многих других станков.

Подвижными элементами станка являются суппорт и фартук, а переустанавливаемыми — задняя бабка и люнет.

Жесткая коробчатой формы станина 15 с калеными шлифованными направляющими установлена на монолитном основании 16, одновременно служащим стружкосборником и резервуаром для охлаждающей жидкости.

Шпиндель с фланцевым передним концом смонтирован в прецизионных подшипниках качения. Выходной вал шпиндельной бабки через сменные зубчатые колеса 4 соединен с коробкой подач 3, обеспечивающей перемещение суппорта 10.

Перемещение суппорта 10 может быть осуществлено от ходового вала при точении или от ходового винта при нарезании резьб. Для нарезания резьб повышенной точности предусмотрено непосредственное соединение ходового винта с выходным валом коробки подач 3.

Механические перемещения суппорта 10 осуществляют с помощью рукоятки фартука, направление поворота которой совпадает с направлением перемещения суппорта.

Быстрые перемещения суппорта 10 включают дополнительным нажатием кнопки, встроенной в рукоятку.

Фартук 12 оснащен механизмом отключения подачи, позволяющим обрабатывать детали по упорам при продольном и поперечном точении.

Для определения работы совокупности кинематических цепей станка используется условное изображение, в одной плоскости (плоскости чертежа), которое называется кинематической схемой. Назначение кинематической схемы станка - дать полное представление о том, как передается движение к исполнительным механизмам. Передачи и механизмы в схемах показывают наглядным контуром, напоминающим форму действующих устройств. На кинематической схеме приводят данные, по которым настраивают станок: для зубчатых колес указывают модуль, число зубьев, а для винтов — шаг резьбы.

Кинематическая схема токарно-винторезного станка мод. 16К20 показана на рис.3. На выносках проставлены числа зубьев  $z$  колес. Составим уравнения баланса для следующих кинематических цепей:

1) главного движения (с перебором; реверсивная муфта  $M_1$  включена влево)

$$1460 \times (140/268) \times (51/39) \times (21/55) \times (15/60) \times (18/72) \times (30/60) = n_{\text{шп}}$$

где:  $n_{\text{шп}}$  частота вращения шпинделя, об/мин;

1460 - частота вращения электродвигателя, об/мин;

2) винторезной цепи при нарезании специальных резьб или повышенной точности (муфты  $M_2$  и  $M_5$  включены, коробка подач отключена)

$$1 \text{ об.шп.} \times (60/60) \times (30/45) \times (K/L) \times (M/N) \times P_X = P_H$$

$P_H$  — шаг нарезаемой резьбы;

3) продольной подачи (муфты  $M_2$  и  $M_5$  выключены, а муфты  $M_3$ ,  $M_4$  и  $M_6$  включены):

$$1об.шп. \times \frac{60}{60} \times \frac{30}{45} \times \frac{K}{L} \times \frac{L}{N} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{35} \times \frac{18}{45} \times \frac{15}{48} \times \frac{23}{40} \times \frac{24}{39} \times \frac{28}{35} \times \frac{30}{32} \times \frac{32}{30} \times \frac{4}{21} \times \frac{36}{41} \times \frac{17}{66} \\ \times \pi m10 = S_{np}$$

где: K, L, M — числа зубьев сменных колес гитары  $\frac{K}{L} \times \frac{L}{N} = \frac{40}{86} \times \frac{86}{64}$

$S_{np}$  — продольная подача, мм/об; m — модуль;

4) Поперечной подачи (муфты  $M_2$  и  $M_5$  выключены, а муфты  $M_3$ ,  $M_4$  и  $M_6$  включены).

$$1об.шп. \times \frac{60}{60} \times \frac{30}{45} \times \frac{K}{L} \times \frac{L}{N} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{35} \times \frac{18}{45} \times \frac{15}{48} \times \frac{23}{40} \times \frac{24}{39} \times \frac{28}{35} \times \frac{30}{32} \times \frac{32}{32} \times \frac{32}{30} \times \frac{4}{21} \times \frac{36}{36} \times \frac{34}{55} \\ \times \frac{55}{29} \times \frac{29}{16} \times 5 \\ = S_{поп}$$

где  $s_{поп}$  — поперечная подача, мм/об;

5) подачи верхнего суппорта (муфты  $M_2$  и  $M_5$  выключены, а муфты  $M_3$ ,  $M_4$  и  $M_6$  включены)

$$1об.шп. \times \frac{60}{60} \times \frac{30}{45} \times \frac{K}{L} \times \frac{L}{N} \times \frac{28}{28} \times \frac{28}{35} \times \frac{18}{45} \times \frac{15}{48} \times \frac{23}{40} \times \frac{24}{39} \times \frac{28}{35} \times \frac{30}{32} \times \frac{32}{32} \times \frac{32}{30} \times \frac{4}{21} \times \frac{36}{36} \times \frac{34}{55} \\ \times \frac{55}{29} \times \frac{29}{18} \times \frac{20}{20} \times \frac{20}{23} \times \frac{23}{30} \times \frac{30}{28} \times \frac{28}{35} \times \frac{20}{20} \times P_{в.с.} = S_{вс}$$



### Порядок выполнения работы:

1. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы
2. Изучить конструкцию и кинематическую схему токарно-винторезного станка
3. Ответить на вопросы.
  - Как называется свойство объекта выполнять заданные функции в определенных условиях эксплуатации?
  - Назовите определение надежности?
4. Перечислить основные узлы станка, пояснить их назначение.
5. На кинематической схеме Рис.3. показать цепи: - главного движения, продольной и поперечной подачи, винторезную цепь, подачи верхнего суппорта.
6. На станке настроить по заданию преподавателя значение продольной подачи.

### Ход работы:

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

### Форма представления результата:

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Тема 2.2 Токарная обработка, применяемые станки и инструменты

### Практическая работа №2

#### Определение режимов резания для обработки цилиндрической поверхности на токарном станке

**Цель работы:** формирование умений решения задач на определение режимов резания для обработки цилиндрической поверхности на токарном станке

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- решать задачи на определение режимов резания для обработки цилиндрической поверхности

**Задание:**

На токарно-винторезном станке мод. 16К20 обрабатывается (точение на проход) вал диаметром  $D$  до диаметра  $d$  на длине  $l_1 = 0,8 \cdot l$ . Длина вала  $l$ . Способ крепления заготовки на станке выбрать самостоятельно.

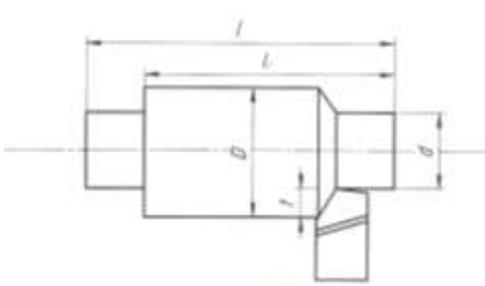


Таблица 5.1 – Исходные данные

№ вар.	Марка обрабатываемого материала	Механические свойства		Диаметр заготовки $D$ , мм	Диаметр детали, мм	Длина детали $L$ , мм	Шероховатость $R_a$ , мкм	Точность мм
		$\sigma$ , МПа	H В					
1	Сталь 15ХА	735	-	85	80	300	6,3	h11
2	Сталь 18ХГ	884	-	75	70	250	6,3	h9

3	Сталь 20ХГР	980	-	75	65	200	3,2	h12
4	Сталь 40ХГТ	1470	-	95	88	350	6,3	h9
5	Сталь 33ХС	884	-	62	55	225	3,2	h11
6	Сталь 40ХС	1225	-	72	65	400	3,2	h10
7	Сталь 20Х	800	131	72	68	250	1,6	h12
8	Сталь 18ХГТ	1000	156	115	108	400	3,2	h10
9	Сталь 25 ХГМ	1200	205	112	105	500	3,2	h8
10	Сталь 12ХН3А	950	156	45	38	250	6,3	h9
11	Сталь 30Х	900	163	125	118	400	6,3	h9
12	Сталь 30ХН3А	1000	228	72	68	350	6,3	h9
13	Сталь 40ХН2МА	1100	235	42	38	250	3,2	h12
14	Сталь 20ХГСА	780	-	110	104	600	6,3	h11
15	Сталь 27ХГР	950	-	85	78	250	6,3	h10

### **Краткие теоретические сведения:**

#### *Выбор режимов резания при точении*

От выбора режима резания (глубины резания, подачи и скорости резания) зависит производительность труда, качество и стоимость изготовления обрабатываемых деталей.

Токарь должен уметь правильно выбирать режимы резания, исходя из наилучшего использования режущих свойств резца и мощности станка при обеспечении заданных точности и чистоты обработки.

#### 1. Глубина резания

Припуск на обработку можно снять в один или несколько проходов; выгоднее работать с возможно меньшим количеством проходов. Следует весь припуск снимать за один проход, если мощность и прочность станка, а также прочность резца и жесткость обрабатываемой детали допускают это. Если же припуск на обработку велик, а обработанная поверхность должна быть точной и чистой, следует припуск распределить на два прохода, оставляя на чистовую обработку 0,5—1 мм на сторону или 1—2 мм по диаметру.

Глубину резания необходимо назначать возможно большей с тем, чтобы сократить число проходов и повысить производительность обработки.

При необходимости получения высокой точности и низкой шероховатости надо разделить припуск на черновой и чистовой, имея в виду, что увеличение глубины резания при чистовой обработке ведет к уменьшению в значительной степени величины подачи, а следовательно, к возможной потере производительности.

Припуск  $t_0$  на обработку при продольном точении определяется как полуразность диаметров заготовки  $D$  и обработанной детали  $d$ , мм:

$$t_0 = ( D - d ) / 2 \quad (1)$$

Если обработка ведется за один проход, то глубина резания равна припуску. На окончательных операциях припуск не должен быть больше 0,5мм, на промежуточных – от 0,5 до 5мм, на черновых – может быть больше 5мм.

## 2. Подача

Для получения наибольшей производительности следует работать с возможно большими подачами.

Величина подачи при черновой обработке - ограничивается жесткостью детали, прочностью резца и слабым звеньем механизма подачи станка.

На выбор подачи накладывается ряд ограничений.

При черновой обработке подача ограничена:

- 1) прочностью державки резца;
- 2) прочностью пластинки твердого сплава;
- 3) прочностью механизма подачи станка;
- 4) жесткостью державки резца;
- 5) жесткостью обрабатываемой детали;

При черновой обработке ограничения связаны, прежде всего, с действующей силой резания.

При чистовой обработке ограничения связаны с качеством обработанной поверхности. При этом подача ограничена:

- 1) точностью обработки;
- 2) шероховатостью обработанной поверхности;
- 3) жесткостью обрабатываемой детали;
- 4) жесткостью державки резца.

При работе лезвийным инструментом из быстрорежущей стали подача не должна быть менее 0,01...0,03 мм/об., а из твердого сплава – менее 0,1 мм/об.

Примерные подачи для черногого точения указаны в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Рекомендуемые подачи при обработке металлов по методу В. А. Колесова (по данным Уралмашзавода).

Глубина резания в мм	Проходные резцы			Подрезные резцы		
	сталь		чугун и бронза	сталь		чугун и бронза
	$\sigma = 50$ -80 кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma = 80$ -120 кг/мм <sup>2</sup>		$\sigma = 50$ -80 кг/мм <sup>2</sup>	$\sigma = 80$ -120 кг/мм <sup>2</sup>	
Рекомендуемые подачи в мм/об						
0,5-1	2-3	1,5-2,5	2,5-4	1,8-2,4	1,5-2	2-3
1,5-2	1,8-2,4	1,2-2	2-3	1,4-2	1,2-1,8	1,8-2,5
3-4	1,2-2	0,8-1,2	1,5-2,5	1-1,5	0,8-1,2	1,5-2

Примечание.

Меньшие значения подач приведены для более прочных материалов, большие — для менее прочных.

Величина подачи при получистовой и чистовой обработке определяется требованиями чистоты обработанной поверхности и точности детали. Примерные подачи для получистового точения указаны в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Средние подачи при получистовом точении стали

Радиус $r$ вершины резца в мм	Класс чистоты поверхности		
	< 4	< 5	< 6
	Величина подачи в мм/об		
0,5	0,45-0,55	0,25-0,4	0,15-0,25
1	0,57-0,65	0,36-0,45	0,18-0,35
2	0,67-0,7	0,5-0,55	0,25-0,4

### 3. Скорость резания

Скорость резания зависит главным образом от обрабатываемого материала, материала и стойкости резца, глубины резания, подачи и охлаждения.

На основании опыта токарей-скоростников передовых заводов и лабораторных исследований разработаны специальные таблицы, по которым можно выбрать необходимую скорость резания при обработке твердосплавными резцами.

Расчет скорости резания

Расчет скорости резания выполняется отдельно для черновой и чистовой обработки по общей эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} k_v, \text{ м/мин,}$$

где  $K_v = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$  – поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки (таблица 5.4-5.8)

$K_1$  – коэффициент, учитывающий влияние марки инструментального материала;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий стойкость резца;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий поперечное сечение стержня резца;

$K_4$  – коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане;

$K_5$  – коэффициент, учитывающий работу с охлаждением;

$C_v, m, X_v, Y_v$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней (таблица 5.10);

T-период стойкости инструмента, мин; выбирается по таблице 5.9)

Таблица 5.4 - Поправочные коэффициенты к скорости резания при работе быстрорежущими резцами:  $K_1$

K <sub>1</sub>		
Материал заготовки	Механические характеристики, $\sigma_{в.р}$ , МПа	K <sub>1</sub>
Сталь углеродистая	400-500	2,63
	500-700	1,7
	700-900	1
Сталь хромистая	500-700	2,2
	700-900	1,4
	900-1100	1,0
Сталь хромоникелевая	500-700	2,2
	700-900	1,45
	900-1100	1,0

Таблица 5.5 - Поправочный коэффициент к скорости резания в зависимости от периода стойкости резца:  $K_2$

$K_2$						
Период стойкости Т резца, мин	30	40	90	120	180	240
Сталь углеродистая	1,09	1,05	0,95	0,92	0,87	0,84

Таблица 5.6 - Поправочный коэффициент к скорости резания в зависимости от поперечного сечения стержня резца:  $K_3$

Поперечное сечение стержня резца ВxН, мм <sup>2</sup>	$K_3$
	Материал заготовки
	Сталь
12x12; 10x16	0,85
16x16; 12x20	0,9
20x20; 16x25	0,95
30x30; 25x40	1,06
40x40; 30x33	1,12
40x60	1,18

Таблица 5.7 - Поправочный коэффициент к скорости резания в зависимости от главного угла в плане:  $K_4$

Главный угол в плане $\varphi$	$K_4$
	Материал заготовки
	Сталь
30	1,3
60	0,83
75	0,72
90	0,64

Таблица 5.8 - Поправочный коэффициент к скорости резания при работе с охлаждением:  $K_5$

$K_5$		
Материал заготовки	Механические характеристики, $\sigma_{в.р}$ , МПа	$K_5$
Сталь углеродистая	300-600	1,25
	600-800	1,2
	800-900	1,15
Сталь хромистая и	500-600	1,25

хромоникелевая	600-800 800-1100	1,2 1,15
----------------	---------------------	-------------

Таблица 5.9 - Период стойкости инструмента

Инструмент	Вид обработки	Инструментальный материал	Обрабатываемый материал		
			Сталь углеродистая	Сталь легированная	Сталь высокопрочная, коррозионно-стойкая, жаропрочная
			Период стойкости T, мин		
Резец	Точение: черновое	ТС (ВК, ТТК, ТК)	90	60	30
	получистовое	БВТС (ТМ, ТН)	60	60	30
	чистовое	ТС (ВК, ТТК)	70	70	70
	тонкое	СТМ	90	80-90	80-90

Таблица 5.10 - Значения коэффициента и показателей степени в формулах составляющих силы резания при точении

Обрабатываемый материал	Материал режущей части	Вид обработки	Коэффициенты и показатели степени в формулах для составляющей			
			Осевой $P_x$			
			$C_p$	x	y	m
Сталь конструкционная и стальное литье	Твердый сплав	Наружное прод. и попер. точение	339	1,0	0,5	0,4
	Быстрорежущая сталь	Наружное прод. и попер. точение	67	1,2	0,65	0

После получения расчетных скоростей вычисляются частоты вращения  $n$  шпинделя:

$$n = 1000 V / (\pi D), \text{ об/мин}$$

где  $D$  – наибольший диаметр, мм (при черновом точении – диаметр заготовки, при чистовом – диаметр предварительно обработанной поверхности).

Расчетные значения  $n$  корректируются по паспорту станка.

Если ближайшее большее значение частоты вращения шпинделя превышает расчетное не более чем на 5%, то для дальнейших расчетов принимается оно. В противном случае принимается ближайшее меньшее значение  $n$ .

Далее необходимо рассчитать действительные скорости резания с учетом откорректированных частот вращения:

$$V = \pi D n / 1000, \text{ м/мин.}$$

#### 1.4. Расчет мощности привода

Таким образом, рассчитаны все элементы режима резания:  $V$ ,  $S$ , и  $t$ . Теперь необходимо проверить достаточность мощности предварительно выбранного станка. Проверку обычно производят только для черновой обработки.

Величина силы резания выбирается из таблицы 5.11

Таблица 5.11 - Режимы резания при точении конструкционных и легированных сталей

Глуб. рез $t$ в мм	Сила резан. $P_z$ , кг	Подача $s$ , мм/об								
		0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1		34	46	58	67	78	84	95	102	118
1,5		51	68	85	100	117	143	165	182	200
2,		95	114	133	157	191	228	259	284	305
3		140	165	172	200	235	286	340	388	438
4		186	202	238	266	313	382	455	518	585

Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{э}} = P_z V / (60 \cdot 1020), \text{ кВт}$$

Мощность привода станка рассчитывается с учетом его КПД:

$$N_{\text{ст}} = N_{\text{э}} / \eta$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью и при необходимости корректируют параметры режима резания или выбирают другой станок.

Для станка модели 16К20,  $\eta$  – коэффициент полезного действия станка,  $\eta = 0,8$ ,  $N_{ст} = 10$  квт.

#### 1.5. Расчет основного времени

Основное время рассчитывается по формуле

$$T_{\text{маш}} = L_{\text{рх}} / (n S), \text{ мин,}$$

где  $L_{\text{рх}} = L + l_1 + l_2$  – длина рабочего хода инструмента с учетом врезания и

перебега, мм;

$L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  – длина врезания, мм ( $l_1 = v / \tan \phi$ );

Главный угол в плане  $\phi$  изменяется в пределах 30-60°.

$l_2$  – перебега, мм, ( $l_2 = 0,672 t$ ).

#### Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы в соответствии с вариантом.
3. Выбрать режущий инструмент.
4. По индивидуальным данным составить эскиз обработки.
5. Выполнить расчет режима резания:
  - а) глубина резания;
  - б) скорость резания;
  - в) подача,
  - г) мощность привода
4. Определить машинное время
5. Заполнить таблицу1.

Таблица1 - Операционная технологическая карта

№ п/п	Наименование операции	Оборудование, оснастка	Режущий инструмент	Содержание переходов	Режим резания	Норма времени
1						

#### Ход работы:

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

### **Форма представления результата:**

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.  
Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.  
Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

### **Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## **Практическая работа №3 «Измерение геометрических параметров резцов»**

**Цель работы:** формирование умений определения основных элементов токарного проходного прямого резца

### **Выполнив работу, Вы будете:**

#### **уметь:**

- применять токарные проходные резцы

### **Материальное обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению практических занятий
2. Атлас «Металлорежущие станки»
3. Справочник «Конструктора – машиностроителя».

### **Задание:**

- изучить основные элементы токарного проходного прямого резца

### **Краткие теоретические сведения**

Токарный проходной резец состоит из рабочей части и державки (рис. 1.1).

Рабочая часть содержит режущие лезвия и образуется в процессе заточки (переточки) резца.

Державка служит для закрепления резца в резцедержателе станка.

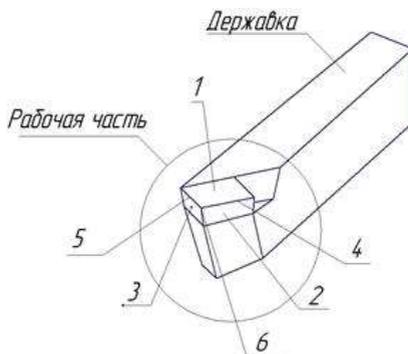
Передняя поверхность – поверхность, по которой сходит стружка.

Главная задняя поверхность обращена к обрабатываемой поверхности заготовки.

Вспомогательная задняя поверхность обращена к обработанной поверхности заготовки.

Главная режущая кромка образуется пересечением передней и главной задней поверхности.

Вспомогательная режущая кромка образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхности.



1 – передняя поверхность; 2 – главная задняя поверхность; 3 – вспомогательная задняя поверхность; 4 – главная режущая кромка; 5 – вспомогательная режущая кромка; 6 – вершина резца

Рисунок 1.1. - Токарный проходной резец.

Вершина резца является сопряжением главной и вспомогательной кромки по радиусу или фаске.

По ГОСТ 25762–83 различают

статические и кинематические углы токарного резца.

Статические углы используются при разработке чертежа инструмента, при его заточке и контроле.

Кинематические углы резца образуются в процессе резания и зависят от параметров режима резания (главным образом – от величины подачи).

Статические углы токарного резца измеряются в статической системе координат, а кинематические – в кинематической системе координат. И статическая, и кинематическая системы координат связаны с кинематикой резца.

Статическая система координат – это прямоугольная система координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированная относительно направления скорости  $V$  главного движения (рис. 1.3а). Для резца, установленного по оси центров, ось  $z$  направлена вертикально вверх, оси  $x$  и  $y$  расположены в горизонтальной плоскости (рис. 1.2а); ось  $y$  направлена вдоль оси державки резца, ось  $x$  – вдоль направления подачи резца.

Для отсчета статических углов токарного резца (углов заточки) используют следующие статические координатные плоскости: основную плоскость, плоскость резания и рабочую плоскость (рис. 1.3а).

Основная плоскость – плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно вектору  $V$  скорости главного движения (плоскость  $OXY$ ).

Плоскость резания – плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости.

Рабочая плоскость – плоскость, проходящая через векторы  $V$  скорости главного движения и  $V_s$  скорости движения подачи (плоскости  $OXZ$ ).

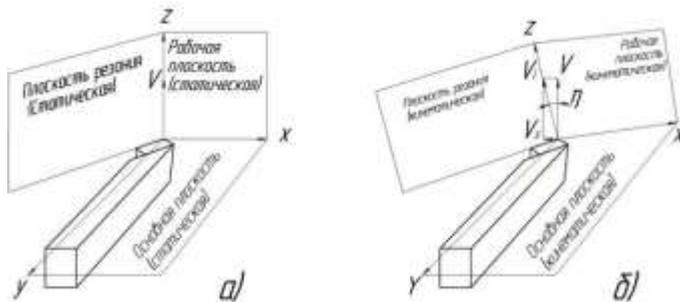


Рисунок 1.2 - (а). Статическая (а) и кинематическая (б) системы координат ( $\eta$  – угол скорости резания)

Главная секущая плоскость – плоскость, перпендикулярная проекции главной режущей кромки на основную плоскость.



задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости.

В основной плоскости измеряются углы в плане:

- главный угол в плане  $\varphi$  – угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и рабочей плоскостью;
- вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$  – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и рабочей плоскостью;
- угол при вершине в плане  $\varepsilon$  – угол между проекциями главной и вспомогательной режущими кромками на основную плоскость.

Из рисунка 1.3 следует:

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ. \quad (1.2)$$

Обычно назначают углы  $\varphi$  и  $\varphi_1$ , а угол  $\varepsilon$  определяют по формуле (1.2).

Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  – угол, расположенный в плоскости резания между главной режущей кромкой и основной плоскостью. Угол  $\lambda$  может быть положительным, равным нулю и отрицательным. Угол  $\lambda$  равен нулю, если главная режущая кромка находится в основной плоскости. На рисунке 1.4б показан отрицательный угол наклона главной режущей кромки.

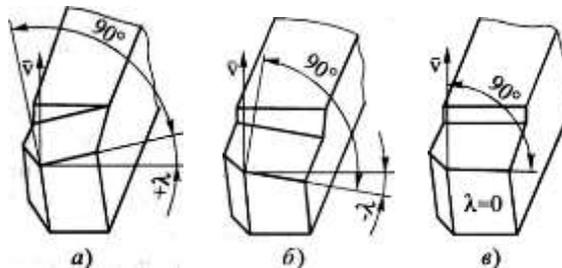


Рисунок 1.4 - Угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  токарного проходного резца: а)  $\lambda > 0$ , б)  $\lambda < 0$ , в)  $\lambda = 0$

Кинематические углы токарного резца образуются в процессе резания и зависят от параметров режима резания (главным образом – от величины подачи). Углы заточки проходных резцов статические углы резцов называют также углами заточки, т.к. все углы могут быть установлены на лимбах трех поворотных тисков заточного станка. Значения углов заточки резцов зависят от свойств технологической системы, главным образом – от жесткости и виброустойчивости. Так, среднее значение переднего угла  $\gamma$  равно  $10^\circ$ . Однако, если не происходит выкраивание режущей кромки, этот угол можно увеличить до  $15-20^\circ$ . Для упрочнения ре-

жущей кромки затачивают упрочняющую фаску  $f$ , шириной примерно равной толщине срезаемого слоя  $a$ , под углом  $\gamma f = 0 - -5^\circ$ . На передней поверхности часто затачивают лунку для обеспечения завивания стружки. Задний угол  $\alpha$  лежит в пределах  $8-12^\circ$ .

Меньшие значения применяют для черновой обработки, большие – для чистовой. Главный угол в плане  $\phi$  изменяется в пределах  $30-90^\circ$ . Меньшие значения используют в условиях повышенной жесткости технологической системы. Угол  $\phi = 90^\circ$  рекомендуется для обработки нежестких заготовок. Это ведет к уменьшению радиальной силы резания  $P_r$  и к увеличению точности обработки. Вспомогательный угол в плане  $\phi_1$  влияет на качество обработанной поверхности.

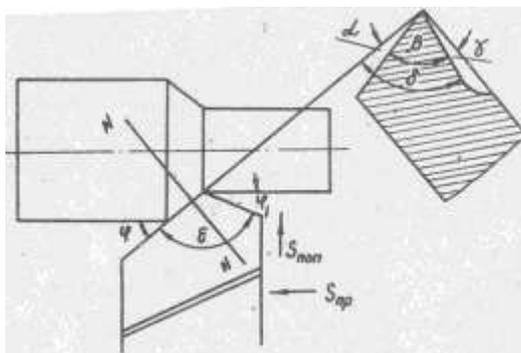


Рисунок. 1.5 - Геометрические параметры токарного проходного резца

При высоких требованиях к качеству поверхности этот угол уменьшают до  $5-10^\circ$ , а иногда делают нулевым (для резцов с зачищающими режущими кромками). Угол наклона режущей кромки  $\lambda$  влияет на направление схода стружки и на прочность режущего клина. Угол  $\lambda$  изменяется в пределах  $\pm 5^\circ$ . При положительных углах  $\lambda$  стружка сходит в направлении к обработанной поверхности. При отрицательных  $\lambda$  – в направлении к обрабатываемой поверхности

На рисунке 1.6 показан резец, установленный ниже центра детали на величину  $a$ . В этом случае плоскость резания, будучи касательной к

поверхности резания, повернется на угол  $\arcsin \frac{a}{r}$  При этом задний

угол  $\alpha$  увеличивается на эту величину, а передний настолько же уменьшается.

Измерение углов резца производят маятниковым (рис. 1.7) или специальным угломерами.

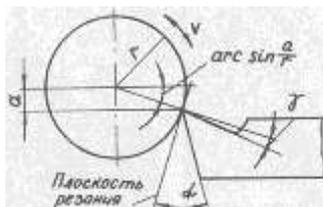


Рисунок 1.6 - Изменение геометрии резцов

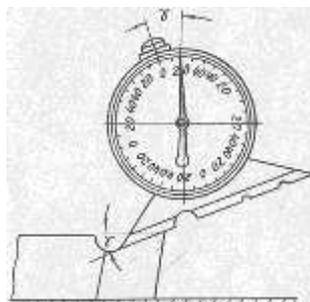


Рисунок 1.7 - Измерение углов маятниковым угломером

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Получить от преподавателя образец токарного проходного прямого резца.
3. Изучить назначение всех элементов токарного проходного прямого резца.
4. Измерить геометрические параметры резца: углы  $\phi$ ,  $\epsilon$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ .
5. Выполнить эскиз резца. На эскизе указать сечения по главной секущей плоскости и обозначить углы резца (рис. 1.5).
6. Ответьте на вопрос:

На каких плоскостях и видах измеряют углы заточки резца?

#### **Ход работы:**

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

### **Форма представления результата:**

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.

Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.

Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

### **Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## **Тема 2.4 Сверление, зенкерование и развертывание, применяемый инструмент и станки**

### **Практическая работа №4**

#### **Определение режимов резания для обработки цилиндрического отверстия на сверлильном станке**

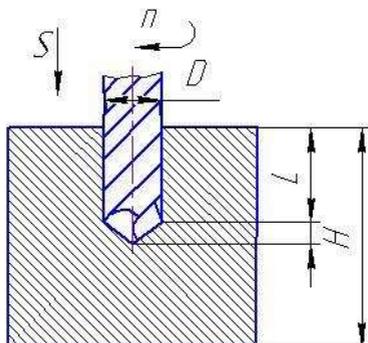
**Цель работы:** формирование умений выбора режимов резания при обработке отверстий, научиться пользоваться справочной литературой

#### **Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- решать задачи на определение режимов резания при сверлении

#### **Задание:**

Выбрать режимы резания при сверлении отверстия диаметром  $D$  и глубиной  $L$  в заготовке толщиной  $H$ . Станок вертикально-сверлильный мод. 2Н135.



Исходные параметры к заданию приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1

№ вар.	Материал заготовки	D, мм	L, мм	H, мм
1	Смотреть данные к задаче №1	15	40	60
2		16	25	40
3		17	15	20
4		18	50	50
5		19	40	40
6		20	30	40
7		21	80	80
8		22	20	30
9		23	60	80
10		24	45	60
11		25	35	50
12		26	40	40
13		27	60	80
14		28	90	90
15		29	35	50

### Краткие теоретические сведения:

Сверление применяют для обработки глухих и сквозных отверстий цилиндрических, конических и многогранных внутренних поверхностей.

Сверление обеспечивает точность обработки отверстий по 10-11-му квалитетам и качество поверхности  $Rz\ 80\dots 20\text{мкм}$  (при обработке отверстий малого диаметра в цветных металлах и сплавах до  $Ra\ 2,5\text{мкм}$ ).

Главное движение при сверлении- вращательное  $Dg$ , а движение подачи – поступательное  $Ds$ .

При расчете режимов резания можно, пренебрегая жесткостью системы обработки, представить, что это одновременное растачивание несколькими резцами, поэтому принцип расчета будет аналогичен токарной обработке. Однако при малых диаметрах сверла, менее 10 мм, режимы резания рассчитываются исходя из целостности сверла после обработки. Другими словами, режимы считаются таким образом, чтобы сверло не изломалось, поэтому расчет производится исходя из характеристик прочности инструмента.

*Режимы резания при сверлении*

При сверлильных работах рекомендуется задавать режимы исходя из мощности используемого оборудования.

Наиболее удобный материал режущего инструмента – быстрорежущая сталь (P18, P6M5).

1.Подача при сверлильных работах определяется по формуле:

$$S = CD^{0,6} \cdot K_{is}$$

где S- подача, мм/об;

D- диаметр сверла, мм

C- коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и иных технологических факторов: чистота поверхности, наличие дальнейшей обработки и т.д, (таблица 6.2)

$K_{is}$ - коэффициент на подачу, зависящий от условия выхода стружки (таблица 6.3)

Таблица 6.2

Обрабатываемый материал	HB	Группа подач, определяемая технологическими факторами		
		I	II	III
Сталь	≤160	0,085	0,063	0,042
	160-240	0,063	0,047	0,031
	240-300	0,046	0,038	0,023
	>300	0,038	0,028	0,019

*I группа подач*- сверление глухих отверстий или рассверливание без допуска по 5-му классу точности или под последующее рассверливание

*II группа подач*- сверление глухих и сквозных отверстий в деталях нежесткой конструкции, сверление под резьбу и рассверливание под последующую обработку зенкером или развертками

*III группа подач*- сверление глухих и сквозных отверстий и рассверливание под дальнейшую обработку

Таблица 6.3

Длина отверстия в диаметрах до	3	4	5	6	8	10
Коэффициент $K_{is}$	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.70

## 2. Мощность

Затрачиваемая мощность при сверлении зависит от крутящего момента.

Крутящий момент вычисляется по формуле:

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y K_p$$

$M_{кр}$ - крутящий момент, воспринимаемый сверлом при резании, Н\*м

$C_M, q, y$ - коэффициенты на крутящий момент при сверлении, зависящий от условий резания (таблица 5.4)

$D$ - диаметр сверла, мм

$S$ - подача, мм/об

$$K_p = K_{MP}$$

$K_{MP}$ - коэффициент на крутящий момент, зависящий от механических свойств материала (таблица 6.5)

Таблица 6.4

Обрабатываемый материал	$C_M$	$q$	$y$
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_{ср} = 750 \text{ МПа}$	0,0345	2,0	0,8

Таблица 6.5

Обрабатываемый материал	$K_{MP}$	Показатель n		
Сталь	$K_{MP} = \left( \frac{750}{\sigma_{ср}} \right)^n$	$\leq 0.6\%$	$\sigma_{ср} < 450 \text{ МПа}$	-1,0
			$\sigma_{ср} = 450 \dots 550$	1,75
			$\sigma_{ср} > 550 \text{ МПа}$	1,75
		хромистая сталь		1,75
		$C > 0.6\%$		1,75

У нормальных сверл диаметром выше 10 мм не возникает опасности излома от чрезмерно большого крутящего момента, так как для этих диаметров наибольшие напряжения, возникающие в сверле, обычно лимитируются скоростью затупления при возрастании скорости резания и подачи. Для сверл диаметра меньше 10 мм, крутящий момент рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$M_{\text{ср}} = 0,00867 \cdot D^2, \text{ для обеспечения целостности инструмента}$$

Приравняв

$$M_{\text{ср}} = 0,00867 \cdot D^2 \text{ и } M_{\text{ср}} = 10C_M D^1 S^y K_y$$

можно вычислить максимально возможные подачи для сверл малого диаметра при сверлении заданного материала (таблица 6.6).

Таблица 6.6

Обрабатываемый материал	Сталь	Чугун	Медные сплавы	Алюминиевые сплавы
Максимально возможная подача, мм/об	0,01	0,019	0,037	0,11

Для обеспечения жесткости СПИД при сверлении, необходимо устанавливать сверло в патроне с минимальным по возможности вылетом (больше на 3-5 мм чем глубина обрабатываемого отверстия).

3. Скорость резания при сверлении вычисляется по формуле:

$$v = \frac{9.75 \cdot N_{cm} \cdot \eta_{cm} \cdot \delta_{cm} \cdot \pi \cdot D}{M_{кр} \cdot T^{0.2}}$$

Частота вращения инструмента  $n$  (об/мин) вычисляется по формуле:

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

1. Эффективная мощность, кВт, резания

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{716200 \times 1,36}$$

#### Порядок выполнения работы:

1. Выбрать режущий инструмент;
2. По индивидуальным данным составить эскиз обработки;
3. Определить режимы резания.
4. Определить машинное время
5. Заполнить таблицу 5.7.

Таблица 5.7 - Операционная технологическая карта

№ п/п	Наименование операции	Оборудование, оснастка	Режущий инструмент	Содержание переходов	Режим резания	Норма времени
1						

4. Ответить на вопросы.

а) Какие материалы обрабатываются инструментами, оснащенными пластинками твердого сплава ВК8 и Т15К6?

б) Какие инструменты потребуются для обработки отверстия в сплошном материале по 4-му классу точности?

#### Ход работы:

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

#### Форма представления результата:

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.

Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.

Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

### Критерии оценки:

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

## Тема 2.5 Фрезерование, применяемый инструмент и станки

### Практическая работа №5

#### Выбор режимов резания при фрезеровании по эмпирическим формулам

**Цель работы:** формирование умений выбора режимов резания при фрезеровании по эмпирическим формулам

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- выбирать режимы резания при фрезеровании

**Задание:** выбрать режимы резания фрезерования плоскости ВхL (Рисунок 5.1, таблица 5.1).

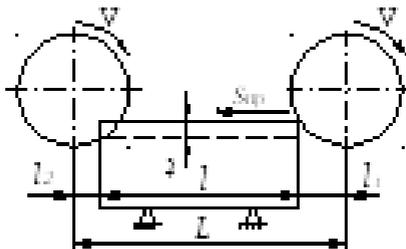


Рисунок 5.1 - Схема обработки цилиндрической фрезой

Таблица 5.1. - Исходные данные для расчета режимов резания при фрезеровании

№ п/п	Параметры обработки			Обработаемый материал: Сталь-св, МПа	Параметры фрезы					Мощность станка, кВт	Жесткость системы
	Ширина В, мм	Длина L, мм	Глубина t, мм		Тип Т-торца Ц-цилин	Марка инструмента	Диаметр D, мм	Число зуб z	Величина зубьев: К-круп М-мел		
1	60	200	2	НВ=190	Ц	P6M5	80	12	К	до 5	пониж
2	45	240	3	НВ=190	Т	BK6	63	16	К	5 – 10	пониж
3	65	280	4	НВ=150	Ц	P6M5	83	14	К	св. 10	пониж
4	55	320	5	НВ=150	Т	BK6	80	18	К	5 - 10	пониж
5	60	240	6	НВ=150	Ц	P6M5	80	12	М	5 - 10	по

												НИ Ж
6	65	360	3	HB=150	Т	P6M5	10 0	20	М	5 - 10		ПО НИ Ж
7	70	400	4	HB=150	Ц	P6M5	80	12	М	до 5		ПО НИ Ж
8	75	240	5	HB=150	Т	BK6	12 5	22	М	5 - 10		ПО В Ы Ш
9	80	260	2	HB=190	Ц	P6M5	10 0	16	К	св. 10		ПО В Ы Ш
10	85	320	3	HB=100	Т	P6M5	12 5	22	К	5 - 10		ПО В Ы Ш
11	65	360	3	HB=150	Т	P6M5	10 0	20	М	5 - 10		ПО НИ Ж
12	65	280	4	HB=150	Ц	P6M5	83	14	К	св. 10		ПО НИ Ж
13	80	260	2	HB=190	Ц	P6M5	10 0	16	К	св. 10		ПО В Ы Ш
14	75	240	5	HB=150	Т	BK6	12 5	22	М	5 - 10		ПО В

											Ы Ш
15	60	200	2	НВ=190	Ц	P6M5	80	12	К	до 5	ПО НИ Ж

### **Краткие теоретические сведения:**

Наивыгоднейшим следует считать такой режим резания при работе на фрезерном станке, при котором наиболее удачно сочетаются скорость резания, подача и глубина срезаемого слоя, обеспечивающие в данных конкретных условиях (т. е. с учетом наилучшего использования режущих свойств инструмента, скоростных и мощностных возможностей станка) наибольшую производительность труда и наименьшую стоимость операции при соблюдении заданных технических условий в отношении точности и чистоты обработки.

Научно-исследовательским институтом труда Государственного комитета по вопросам труда и заработной платы разработаны при участии крупнейших отечественных ученых с учетом практического применения в производственных условиях режимы резания при фрезеровании инструментами из быстрорежущей стали и твердых сплавов. Они могут служить в качестве исходных данных при назначении скоростей резания и минутных подач.

Решающим фактором, определяющим уровень режима резания, является материал режущей части фрезы. Как упоминалось выше, применение фрез с пластинками из твердого сплава позволяет работать на больших скоростях резания и больших подачах по сравнению с фрезами из быстрорежущей стали; как увидим далее, твердосплавные фрезы дают возможность повышения производительности в два-три раза против быстрорежущих. Поэтому твердосплавные фрезы целесообразно применять почти на всех видах фрезерной обработки; препятствием к их применению может явиться недостаточная мощность оборудования или специфические свойства материала обрабатываемой заготовки.

Однако в ряде случаев применение для режущей части фрез углеродистых, легированных инструментальных и быстрорежущих сталей является рациональным, особенно когда чистота обработанной поверхности и точность полученной поверхности детали имеют большее значение, чем скорость выполнения работы.

Основными параметрами задающими режимы резания являются:

- частота вращения вала шпинделя ( $n$ );
- скорость подачи ( $S$ );
- глубина фрезерования за один проход.

Требуемая частота вращения зависит от:

- типа и характеристик используемого шпинделя;
- режущего инструмента;
- обрабатываемого материала.

### 1. Глубина фрезерования

Глубина фрезерования за один проход (ось  $Z$ ) зависит от жесткости фрезы, длины режущей кромки и жесткости станка. Подбирается опытным путем, в ходе наблюдения за работой станка, постепенным увеличением глубины резания. Если при работе возникают посторонние вибрации, получаемый рез низкого качества – следует уменьшить глубину за проход и произвести коррекцию скорости подачи.

При фрезеровании стальных поковок, стальных и чугунных отливок, покрытых окалиной, литейной коркой или загрязненных формовочным песком, глубина фрезерования должна быть больше толщины загрязненного слоя, чтобы зубья фрезы не оставляли на обработанной поверхности черновин, так как скольжение по корке отрицательно действует на фрезу, ускоряя износ режущей кромки.

Для наиболее часто встречающихся случаев фрезерования рекомендуется черновую обработку производить по стали с глубиной резания 3—5 мм, а по стальному и чугунному литью — с глубиной резания 5—7 мм.

Для чистового фрезерования берут глубину резания 0,5—1,0 мм.

Краткие рекомендации по выбору фрез:

При выборе фрез нужно учитывать следующие их характеристики:

- диаметр и рабочая длина;
  - геометрия фрезы;
  - угол заточки;
  - количество режущих кромок;
  - материал и качество изготовления фрезы.

Лучше всего отдавать предпочтение фрезам имеющих максимальный диаметр и минимальную длину для выполнении конкретного вида работ.

Короткая фреза большого диаметра обладает повышенной жесткостью, создает значительно меньше вибраций при интенсивной работе, позволяет добиться лучшего качества съема материала. Выбирая фрезу

большого диаметра следует учитывать механические характеристики станка и мощность шпинделя, чтобы иметь возможность получить максимальную производительность при обработке.

Для обработки мягких материалов лучше использовать фрезы с острым углом заточки режущей кромки, для твердых – более тупой угол в диапазоне до 70-90 градусов.

Материал и качество фрезы определяют срок службы, качество реза и режимы. С фрезами низкого качества сложно добиться расчетных значений скорости подачи на практике.

## 2. Диаметр фрезы

Диаметр фрезы выбирают в основном в зависимости от ширины фрезерования В и глубины резания t.

В таблице 5.2 приведены данные для выбора цилиндрических фрез, в таблице 5.3 — торцовых фрез и в таблице 5.4 — дисковых фрез.

Таблица 5.2 - Рекомендуемые диаметры цилиндрических фрез

Ширина фрезерования В в мм до	Диаметр фрезы D в мм при глубине резания t в мм			
	до 2	до 5	до 8	до 10
70	63	80	100	100
100	80	100	100	100
150*	100	110	110	130

\* Применять сборные составные фрезы по ГОСТ 1979—52.

Таблица 5.3 - Рекомендуемые диаметры торцовых фрез

Глубина резания t в мм до	4	4	6	6	6	8	10
Ширина фрезерования В в мм до	40	70	90	120	180	250	350
Диаметр фрезы D в мм	0 - 63	0 -100	125-160	160-200	250	315-400	400-500

Таблица 5.4 - Рекомендуемые диаметры дисковых фрез

Ширина фрезерования В в мм до	Диаметр фрезы D в мм при глубине резания t в мм					
	до 5	до 10	до 20	до 30	до 60	до 100
10	50	63	80	100	160	-
20	63	80	100	125	200	315

40	80	100	125	160	200	315
----	----	-----	-----	-----	-----	-----

Рассмотрим влияние диаметра фрезы на производительность фрезерования.

Диаметр цилиндрической фрезы влияет на толщину среза: чем больше диаметр фрезы  $D$  тем тоньше получается срез; при одной и той же подаче  $s_{зуб}$  и глубине фрезерования  $t$ .

На рисунке 5.2 показан срез, получающийся при одинаковых глубине фрезерования  $t$  и подаче  $s_{зуб}$ , но при разных диаметрах фрез. Срез, получающийся при большем диаметре фрезы (рис. 7.2, а), имеет меньшую толщину, чем срез при меньшем; диаметре фрезы (рис. 7.2, б).

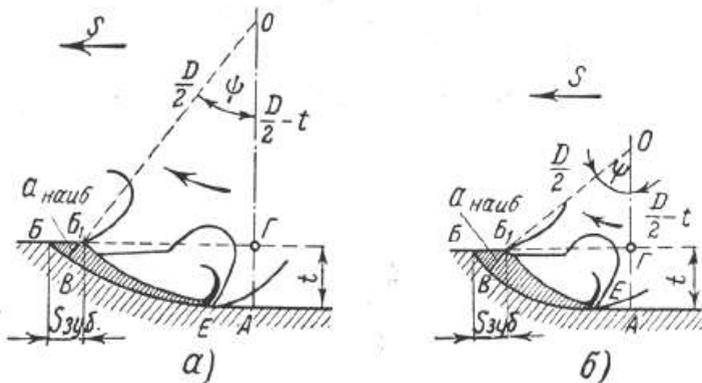


Рисунок 5.2 – Влияние диаметра фрезы на толщину стружки

Так как удельное давление возрастает с уменьшением толщины срезаемого слоя а наиболее, выгоднее работать с более толстыми срезами, т. е. при прочих равных условиях при меньшем диаметре фрезы. Диаметр фрезы влияет на величину пути, который должна пройти фреза для одного прохода.

На рис. 5.3 показан путь, который должна пройти фреза при обработке детали длиной  $L$ ; на рис. 329 — путь, который должна пройти торцовая фреза при несимметричном фрезеровании заготовки длиной  $L$ ; на рис. 330 — путь, который должна пройти торцовая фреза при симметричном фрезеровании заготовки длиной  $L$ .

На рисунке 5.3 показан путь, который должна пройти фреза при обработке детали длиной  $L$ .

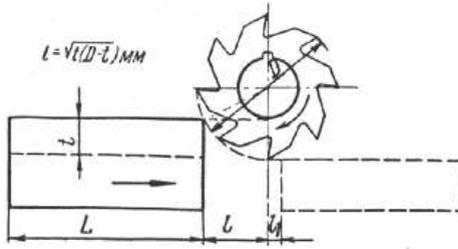


Рисунок 5.3 – Врезание и перебег цилиндрической фрезы

На рисунке 5.4 — путь, который должна пройти торцовая фреза при несимметричном фрезеровании заготовки длиной L.

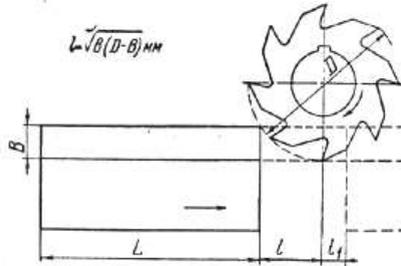


Рисунок 5.4 – Врезание и перебег торцовой фрезы при несимметричном фрезеровании

На рисунке 5.5 — путь, который должна пройти торцовая фреза при симметричном фрезеровании заготовки длиной L

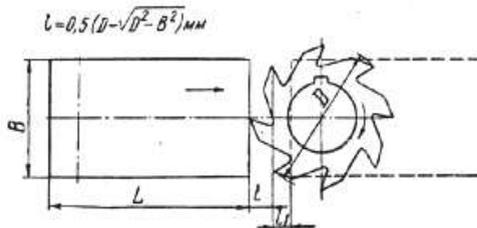


Рисунок 5.5 – Врезание и перебег торцовой фрезы при симметричном фрезеровании

Величина врезания  $\ell$  (путь врезания): при работе цилиндрическими, дисковыми, отрезными и фасонными фрезами зависит от диаметра фрезы  $D$  глубины фрезерования  $t$  и выражается формулой 5.1.

$$\ell = \sqrt{t(D-t)} \text{ мм}; \quad (5.1)$$

При работе торцовыми и концевыми фрезами при несимметричном фрезеровании зависит от диаметра фрезы  $D$  ширины фрезерования  $B$  и выражается формулой 5.2.

$$\ell = \sqrt{B(D-B)} \text{ мм}; \quad (5.2)$$

При работе торцовыми фрезами при симметричном фрезеровании зависит от диаметра фрезы  $D$  ширины фрезерования  $B$  и выражается формулой 5.3.

$$\ell = 0,5 \left( D - \sqrt{D^2 - B^2} \right) \text{ мм}; \quad (5.3)$$

Величина перебега  $\ell_1$  выбирается в зависимости от диаметра фрезы в пределах 2—5 мм.

Следовательно, для уменьшения пути врезания и перебега фрезы, т. е. для сокращения холостого хода станка, целесообразно выбирать меньший диаметр фрезы.

Диаметр фрезы влияет на величину крутящего момента: чем меньше диаметр фрезы, тем меньший крутящий момент надо сообщить шпинделю станка.

Таким образом, выбор фрезы с меньшим диаметром является, казалось бы, более целесообразным. Однако с уменьшением диаметра фрезы приходится выбирать более тонкую, т. е. менее жесткую фрезерную оправку, поэтому приходится уменьшать нагрузку на оправку, т. е. уменьшать сечение срезаемого слоя.

### 3. Подача ( $S$ зуб)

Подача при черновой обработке зависит от обрабатываемого материала, материала режущей части фрезы, мощности привода станка, жесткости системы станок — приспособление — инструмент — деталь, размеров обработки и углов заточки фрезы.

Подача  $S$  зуб при чистовой обработке зависит от класса чистоты поверхности, обозначенной на чертеже детали. Основной исходной величиной при выборе подачи для чернового фрезерования является подача  $S$  зуб.

Для торцовых фрез на выбор подачи  $S$  зуб оказывает способ установки фрезы относительно заготовки, что обуславливает величину

угла встречи зуба фрезы с заготовкой и толщину срезаемой стружки при входе и выходе зуба фрезы из контакта с заготовкой.

Установлено, что для торцевой твердосплавной фрезы наиболее благоприятные условия врезания зуба в заготовку достигаются при расположении фрезы относительно заготовки, т. е. при смещении фрезы относительно заготовки на величину  $C = (0,03 - 0,05)D$ . Такое смещение оси фрезы дает возможность увеличить подачу на зуб против подачи при симметричном фрезеровании чугуна и стали в два раза и более.

Подача при фрезеровании выбирается по данным таблиц 7.5, 7.6.

В таблице 5.5 приводятся рекомендуемые подачи при черновом фрезеровании твердосплавными торцевыми фрезами для этих двух случаев.

Таблица 5.5 - Рекомендуемые подачи при обработке плоскостей торцевыми фрезами с пластинками из твердого сплава

Поддачи при черновой обработке S зуб в мм/зуб					
Мощность станка в кВт	Схемы установки фрезы по рис. 8.1	Сталь $\sigma_6$ в кг/мм <sup>2</sup>			
		$< 60$		$\geq 60$	
		Марка твердого сплава			
		T5K10	T15K6	T5K10	T15K6
Св. 10	а	0,20-0,24	0,14-0,18	0,16-0,20	0,12-0,15
	б	0,40-0,48	0,28-0,36	0,32-0,40	0,24-0,30
5-10	а	0,15-0,18	0,12-0,15	0,12-0,14	0,09-0,11
	б	0,30-0,36	0,22-0,30	0,24-0,28	0,18-0,22

Поддачи при чистовой обработке S зуб в мм/зуб						
Обрабатываемый материал		Вспомогательный угол в плане	Класс чистоты по ГОСТ 2789-80			
			$\Delta_5$	$\Delta_6$	$\Delta_7$	$\Delta_8$
Сталь $\sigma_6$ в кг/мм <sup>2</sup>	$< 70$	5	0,8-0,5	0,55-0,40	0,25-0,20	0,15
		2	1,6-1,0	1,1-0,80	0,50-0,40	0,30
	$\geq 70$	5	1,0-0,7	0,60-0,45	0,30-0,20	0,20-0,15
		2	2,0-1,4	1,2-0,90	0,60-0,40	0,40-0,30

Примечания.

1. Приведенные значения черновых подач рассчитаны для работы стандартными фрезами. При работе нестандартными фрезами с увеличенным числом зубьев значения подач следует уменьшать на 15 - 25%.

2. В первоначальный период работы фрезы до износа, равного 0,2—0,3 мм, чистота обработанной поверхности при чистовом фрезеровании снижается примерно на один класс.

В таблице 5.6 приводятся рекомендуемые подачи при черновом фрезеровании плоскостей инструментом из быстрорежущей стали P18.

Таблица 5.6 - Рекомендуемые подачи s зуб в мм/зуб при черновом фрезеровании плоскостей инструментом из быстрорежущей стали P18

Мощность станка в кВт	Жесткость системы С-П-И-Д	Фрезы цилиндрические				Фрезы торцевые			
		с крупным зубом и вставными ножами		с мелким зубом		с крупным зубом и вставными ножами		с мелким зубом	
		сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун	сталь	чугун
Св. 10	Повыш.	0,4-0,6	0,6-0,8			0,2-0,3	0,4-0,6		
	Средн.	0,3-0,4	0,4-0,6			0,15-0,25	0,3-0,5		
	Пониж.	0,2-0,3	0,25-0,4			0,1-0,15	0,2-0,3		
5-10	Повыш.	0,2-0,3	0,25-0,4	0,1-0,15	0,12-0,2	0,12-0,2	0,3-0,5	0,08-0,12	0,2-0,3
	Средн.	0,12-0,2	0,2-0,3	0,06-0,1	0,1-0,15	0,08-0,15	0,2-0,4	0,06-0,1	0,15-0,03
	Пониж.	0,1-0,15	0,12-0,2	0,06-0,08	0,08-0,12	0,06-0,1	0,15-0,25	0,04-0,08	0,1-0,2

Примечание.

Большие подачи брать для меньших глубины резания и ширины обработки, меньшие — для больших глубины и ширины обработки.

При торцовом фрезеровании твердосплавными фрезами на величину подачи влияет также главный угол в плане ф. Подачи, приведенные в табл. 8.4, рассчитаны на фрезы с  $\phi = 60 - 45^\circ$ . Уменьшение угла в плане ф до  $30^\circ$  позволяет увеличить подачу в 1,5 раза, а увеличение угла ф до  $90^\circ$  требует снижения подачи на 30%.

1. Назначение стойкости фрез. В таблице 5.7 приводятся средние стойкости (Т) фрез.

Таблице 5.7 - Средние стойкости (Т) фрез.

Цилиндрические, дисковые торцевые фрезы										
Ширина фрезы В, мм	Затылованные диаметром D, мм									
	-	30	40	50	60	80	100	130	160	210
	Незатылованные диаметром D, мм									
	30	40	50	60	80	100	130	160	210	290
6	40	50	60	70	80	95	115	130	160	225
10	50	60	70	80	95	115	130	160	190	265
20	60	70	80	95	115	130	160	190	225	315
40	70	80	95	115	130	160	190	225	265	-
80	80	95	115	130	160	190	225	265	315	-
160	95	115	130	160	190	225	265	315	400	-
320	115	130	160	190	225	265	315	-	-	-

Примечание: D – наружный диаметр фрезы, мм.

2. Скорость подачи (S)

Скорость подачи (S) – скорость перемещения режущего инструмента (оси X/Y), вычисляется по формуле:

$$S = fz \times Z \times n \text{ (мм/мин), где}$$

fz - подача на один зуб фрезы (мм)

z - количество зубьев фрезы

n - частота вращения шпинделя (об/мин)

Скорость врезания по высоте (ось Z) следует выбирать примерно 1/3 – 1/5 от скорости подачи (S).

3. Вычисление скорости резания

Скорость резания V (м/мин) - путь пройденный точкой (краем) режущей кромки фрезы в минуту, назначается по наибольшему диаметру зубцов фрезы и вычисляется по формуле 5.4.

$$V = \frac{C_v \times D^q \times K_v}{T^m \times t^x \times S_z^y \times B^u \times z^q} \quad (5.4)$$

Где D – наружный диаметр фрезы, мм;

T – стойкость фрезы, мин;

$S_z$  - подача на зуб, мм/зуб;

t – глубина резания, мм;

$C_v, K_n, K_M, K_\phi$  – коэффициенты;

q, m, x, y, n, z - показатели степени.

Коэффициент  $K_n$  учитывает влияние марки инструментальной стали на скорость фрезерования.

Коэффициент  $K_M$  учитывает влияние марки обрабатываемого материала на скорость фрезерования.

Коэффициент  $K_\phi$  учитывает влияние угла в плане  $\phi$  на угловой корке на скорость фрезерования.

Числовые значения коэффициента  $C_v$  приведены в таблице 5.8, значения показателей степени q, m, x, y, n, z представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.8 - Числовые значения коэффициента  $C_v$

Тип фрезы	Материал фрезы	Сталь углеродистая $\sigma_s < 75 \text{ кГ/мм}^2$	
		$S_z$	$C_v$
Цилиндрические	Сталь быстрорежущая	$>0,1$	35,4
		$\leq 0,1$	55,0
	Твердый сплав	$>0,15$	7180
		$\leq 0,15$	13600
Торцовые	Сталь быстрорежущая	$>0,1$	41
		$\leq 0,1$	64,7
	Твердый сплав	0,08 – 0,2	300
Дисковые со вставными зубьями	Сталь быстрорежущая	$>0,1$	48,5
		$\leq 0,1$	75,5
	Твердый сплав	0,08 – 0,12	40

Таблица 5.9 - Числовые значения показателей степени q, m, x, y, n, z

Тип фрезы	Обрабатываемый металл	Материал фрезы	Показатели степени						
			$S_z$	y	m	q	n	z	x
Цилиндрические	Сталь	Сталь быстрореж	$>0,1$	0,2	-	-	-	-	-
			$\leq 0,1$	0,4	0,33	0,45	0,1	0,1	0,3
		Твердый сплав	$>0,15$	0,35	-	-	-	-	-
			$\leq 0,15$	0,6	0,6	0,25	0,18	0,5	0,45
Торцовые, дисковые	Сталь	Твердосплавные торцовые	0,04-0,08	0,1	0,2	0,2	-	0,1	-0,2
			0,08-0,2	0,4	-	-	-	-	-
		Твердосплавные дисковые	0,04-0,09	0,47	0,35	0,3	-	0,1	0,5

Числовые значения коэффициента K приведены в таблицах 5.10 - 5.12.

Таблица 5.10 - Числовые значения коэффициента  $K_H$

Марка инструментальной стали	P18,P9	9XC	Y10A,Y12A	-
Значение $K_H$	1,0	0,6	0,5	-
Марка твердого сплава типа ТК	T15K6	T14K8	T5K7	T5K10
Значение $K_H$	1,0	0,94	0,82	0,74
Марка твердого сплава типа BK	BK8	BK06	BK3	BK2
Значение $K_H$ при $s_z = 0,2$ мм/зуб	1,0	1,26	1,58	1,58
Значение $K_H$ при $s_z = 0,05$ мм/зуб	1,0	1,47	1,58	1,2

Таблица 5.11 - Числовые значения коэффициента  $K_M$

Обрабатываемый металл	Формула для расчета Коэффициента $K_M$	Значения коэффициента $C_1$
1	2	3
Углеродистые стали ( $C \leq 0,6\%$ )	$K_M = \frac{C_1 \cdot 70^x}{\sigma_{вр}^x}$	1,0
Углеродистые стали ( $C > 0,6\%$ )		0,8
Хромистые стали		0,8
Хромоникелевые, хромованадиевые, хромомолибденовые, хромоникелемолибденовые, хромовольфрамные и никелевые стали		0,75
Хромомолибденоалюминиевые, марганцовистые, хромомарганцовистые и кремнемарганцовистые		0,7
Хромокремнемарганцовистые	$K_M = \frac{C_1 \cdot 180}{HB}$	0,8
Инструментальные углеродистые		1,0
Инструментальные легированные		0,7
Инструментальные быстрорежущие		0,5
Нержавеющие, жароупорные стали		0,4

В формуле для коэффициента  $K_M$  показатель степени  $x$  имеет значение:

- для малоуглеродистой стали ( $\sigma_{вр} = 30 \dots 50 \text{ кг/мм}^2$ )  $x = -1$ ;
- для углеродистой стали ( $\sigma_{вр} = 55 \dots 85 \text{ кг/мм}^2$ )  $x = -1$ ;
- для высоколегированной стали ( $\sigma_{вр} = 90 \dots 140 \text{ кг/мм}^2$ )  $x = 2$ .

Таблица 5.12 - Числовые значения коэффициента  $K_\phi$

Тип фрезы	Главный угол в плане $\phi$ угловой кромки, град.				
	90	60	45	30	20
Торцевые	0,96	1,00	1,06	1,18	1,30
Дисковые двухсторонние и	1,00	1,05	1,10	1,23	1,37

концевые					
----------	--	--	--	--	--

Выбор скоростей резания и подачи при скоростном фрезеровании фрезами, оснащенными режущими пластинками из твердого сплава, можно производить по таблице 5.13.

Таблица 5.13 - Средние значения скорости резания и подачи при скоростном фрезеровании фрезами, оснащенными пластинками из твердого сплава

Режим резания	Твердый сплав Т15К6				
	Сталь углеродистая		Сталь легированная		
	HB≤200	HB>200	HB≤300	300<HB≤400	HB>400
v, м/мин	200-220	150-180	150-200	110-150	75-100
$S_z$ , мм/зуб	0,2–0,15	0,12–0,15	0,1–0,12	0,07–0,1	0,05–0,08

Примечание:

- 1 Указанные режимы резания даны для стойки фрез  $T = (1,0...1,5) \cdot D$ , мин.
- 2 Чистовое скоростное фрезерование фрезами с пластинками из твердого сплава проводится со стали со скоростью резания  $v = 300...800$  м/мин, а для чугуна – со скоростью резания  $v = 200...300$  м/мин.
4. Частота вращения шпинделя вычисляется по следующей формуле 5.5:

$$N = 1000 V / (\pi D), \text{ об/мин}, \quad (5.5)$$

где D – наружный диаметр фрезы, мм

$\pi$  – число Пи, 3.14

V – скорость резания (м/мин) - путь пройденный точкой (краем) режущей кромки фрезы в минуту.

После вычисления частоты вращения n надо округлить её до ближайшего меньшего паспортного значения частоты вращения шпинделя станка.

9. Вычисление силы резания

Значение тангенциальной составляющей силы резания  $P_z$  при фрезеровании вычисляют по формуле 5.6:

$$P_z = C \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^z \cdot D^q \quad (5.6)$$

Где  $B$  – ширина фрезы, мм;

$C$  – коэффициент;

$x, y, z, q$  – показатели степени.

Числовые значения коэффициента  $C$  и показателей степени  $x, y, z, q$  приведены в таблице 5.11.

Значение коэффициента  $C$  изменяется при изменении значений переднего угла  $\gamma$  режущей кромки фрезы и скорость резания  $v$  что учитывается умножением коэффициента  $C$  на поправочные коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$ , значения которых приведены в таблицах 5.14, 5.15.

Таблица 5.14 – Значения коэффициента  $C$  и показателей степени  $x, y, z, q$

Обрабатываемый металл и тип фрезы	Коэффициент, показатели степени				
	$C$	$x$	$y$	$z$	$q$
Сталь и стальное литье					
Цилиндрические, концевые и торцевые при несимметричном резании	68	0,86	0,74	1,0	0,86
Торцевые при симметричном резании, дисковые и отрезные	82	1,10	0,80	0,95	1,10
Угловые	39	0,86	0,74	1,0	0,86
Выпуклые и вогнутые фасонные	47	0,86	0,74	1,0	0,86
Чугун					
Цилиндрические, концевые и торцевые при несимметричном резании	48	0,83	0,65	1,0	0,83
Торцевые при симметричном резании, дисковые и отрезные	70	1,14	0,70	0,90	1,14

Таблица 5.15 – Значение поправочных коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$

Передний угол $\gamma$ , град.	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20
--------------------------------	-----	-----	----	---	----	-----	-----	-----

$K_1$	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Скорость резания $v$ , м/мин	50	75	100	125	150	175	200	250
$K_2$	1,0	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88	0,85

При оптимальном износе фрезы сила трения увеличивается:

- при обработке вязких сталей – на 75-90%;
- при обработке средних и твердых сталей.

#### 10. Расчет мощности резания

Эффективная мощность резания  $N_e$  (кВт) при фрезеровании определяется по формуле 5.7.

$$N_e = C \cdot n \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot z \cdot B^z \cdot D^q, \quad (5.7)$$

Где  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин;

$Z$  – число зубьев фрезы;

$C$  – коэффициент;

$x, y, z, q$  – показатели степени.

Числовые значения коэффициента  $C$  и показателей степени  $x, y, z, q$  приведены в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Значения коэффициента  $C$  и показателей степени  $x, y, z, q$

Обрабатываемый металл и тип фрезы	Коэффициент, показатели степени				
	$C$	$x$	$y$	$z$	$q$
Сталь и стальное литье					
Цилиндрические, торцевые при несимметричном резании	$3,5 \cdot 10^{-5}$	0,86	0,74	1,00	0,14
Торцевые при симметричном резании, дисковые и отрезные	$4,22 \cdot 10^{-5}$	1,10	0,80	0,95	0,10

Охлаждение при фрезеровании стали может осуществляться 3-5%-ным раствором эмульсола в воде; скорость охлаждения в воде не менее 10 л/мин.

## 10. Определение основного технологического времени

Основное технологическое время  $T_0$  (мин) при цилиндрическом фрезеровании определяется по формуле 5.8:

$$T_0 = \frac{l+l_1+l_2}{s_M} \cdot i \quad (5.8)$$

где  $l$  – длина фрезерования, мм;

$l_2$  – перебег фрезы, мм;

$s_M$  – минутная подача (мм/мин) определяется по формуле 5.9:

$$s_M = s_Z \cdot Z \cdot n \quad (5.9)$$

где  $s_Z$  – подача на один зуб, мм/зуб;

$Z$  – число зубьев фрезы;

$n$  – частота вращения, об/мин;

$i$  – число проходов;

$l_1$  – врезание фрезы, мм определяется по формуле 5.10:

$$l'_1 = \sqrt{t \cdot (D - t)}, \quad (5.10)$$

$$l_1^n = 0,5 \cdot (D - \sqrt{D^2 - t^2}),$$

$$l'_1 = \sqrt{t \cdot (d - t - 2 \cdot l)};$$

где  $t$  – глубина резания, мм;

$D$  – наружный диаметр фрезы, мм.

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Получить у преподавателя исходные данные для выполнения работы в соответствии с вариантом.
3. Выбрать режущий инструмент.

4. По индивидуальным данным составить эскиз обработки.
  5. Выполнить расчет режима резания:
  6. Ответить на вопросы.
- С какой целью и в каких случаях изготавливаются напайные и сборные фрезы?  
Какой инструмент и приспособление понадобятся для обработки зубчатых колес на консольно-фрезерных станках?

**Ход работы:**

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

**Форма представления результата:**

- Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
- Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
- Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Практическая работа №6**

**«Изучение кинематической схемы и принцип работы универсально-фрезерного станка модели 6М82»**

**Цель работы:**

1. Ознакомиться с назначением станка, областью применения и настройкой его на изготовление заданной детали
2. Изучить взаимодействие частей и механизмов станка

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

- производить работы на универсально-фрезерном станке;
- читать кинематические схемы

**Материальное обеспечение:**

1. Методические указания по выполнению практических занятий
2. Атлас «Металлорежущие станки»
3. Условные обозначения элементов кинематических схем.

**Задание:**

1. Изучить назначение, конструкцию и принцип работы универсально-фрезерного станка
2. Ответить на вопросы.

**Краткие теоретические сведения**

Фрезерные станки — предназначены для обработки с помощью фрезы плоских и фасонных поверхностей, тел вращения, зубчатых колёс и т. п. металлических и других заготовок. При этом фреза, закрепленная в шпинделе фрезерного станка совершает вращательное (главное) движение, а заготовка, закреплённая на столе, совершает движение подачи прямолинейное или криволинейное (иногда осуществляется одновременно вращающимся инструментом). Управление может быть ручным, автоматизированным или осуществляться с помощью системы ЧПУ (CNC). Режущий инструмент фрезерной группы станков - концевые фрезы.



Рисунок 1- Концевые фрезы.

Во фрезерных станках главным движением является вращение фрезы, а движение подачи — относительное перемещение заготовки и фрезы.

Вспомогательные движения необходимы в станке для подготовки процесса резания. К вспомогательным движениям относятся движения, связанные

с настройкой и наладкой станка, его управлением, закреплением и освобождением детали и инструмента, подводом инструмента к обрабатываемым поверхностям и его отводом; движения приборов для автоматического контроля размеров и т. д. Вспомогательные движения можно выполнять на станках как автоматически, так и вручную. На станках-автоматах все вспомогательные движения в определенной последовательности выполняются автоматически.

### **6М82 Станок горизонтальный консольно-фрезерный с поворотным столом - универсальный**

Обозначение консольно-фрезерных станков

6 - фрезерный станок (номер группы по классификации ЭНИМС)

М – серия (поколение) станка (Б, К, Н, М, Р, Т), например, 682, 6Б82, 6К82, 6Н82, 6М82, 6Р82, 6Т82

8 – номер подгруппы (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) по классификации ЭНИМС (8 - горизонтально-фрезерный)

2 – исполнение станка - типоразмер (0, 1, 2, 3, 4) (2 - размер рабочего стола - 320 x 1250)

Буквы в конце обозначения модели:

Г – станок горизонтальный консольно-фрезерный с неповоротным столом

К – станок с копирующим устройством для обработки криволинейной поверхности

Б – станок с повышенной производительностью (повышенный диапазон чисел оборотов шпинделя, подач стола и повышенная мощность двигателя главного движения).

П – повышенная точность станка - (н, п, в, а, с) по ГОСТ 8-XX

Ш – станок широкоуниверсальный

Ф1 – станок с устройством цифровой индикации УЦИ и преднабором координат

Ф2 – станок с позиционной системой числового управления ЧПУ

Ф3 – станок с контурной (непрерывной) системой ЧПУ

Ф4 – станок многоцелевой с контурной системой ЧПУ и магазином инструментов

## **2. Общие сведения**

Консольно-фрезерные станки моделей 6М82 предназначены для фрезерования всевозможных деталей из стали, чугуна и цветных металлов цилиндрическими, дисковыми, фасонными, угловыми, торцовыми, концевыми и другими фрезами в условиях индивидуального и серийного производства. Возможность настройки станка на различные полуавтоматические и автоматические циклы позволяет успешно использовать станки для выполнения работ

операционного характера в поточных и автоматических линиях в крупносерийном производстве.

Общий вид и компоновка станка показаны на рисунке 2.

По сравнению с ранее выпускавшимися станками серии Н в станках серии М увеличены частоты вращения шпинделя, скорости быстрых перемещений и подач стола. Для удобства перемещения стола вручную маховик помещен с передней стороны станка.

Внешне станок 6М82 отличается от ранее выпускаемой модели 6Н82 лишь наличием маховичка продольной подачи на передней стороне стола.

Консольно-фрезерные станки моделей 6М82 представляют собой оригинальные станки высокой точности и жесткости. Универсальный консольно-фрезерный станок модели 6М82 отличается от горизонтального консольно-фрезерного станка модели 6М82Г тем, что его стол может быть повернут вокруг вертикальной оси на угол до  $45^\circ$  в обе стороны, тогда как стол станка модели 6М82Г — неповоротный.

Станки модели 6М83 (6М83Г) отличаются от станков 6М82 (6М82Г) увеличенными размерами рабочего стола и более мощным двигателем главного движения.

На универсальном фрезерном станке 6М82 можно обрабатывать вертикальные и горизонтальные плоскости, пазы, углы, рамки, зубчатые колеса, фрезеровать всевозможные спирали, для чего стол его поворачивается вокруг своей вертикальной оси.

На станке модели 6М82 можно успешно обрабатывать легкие сплавы.

Техническая характеристика и высокая жесткость станков позволяют полностью использовать возможности как быстрорежущего, так и твердосплавного инструмента.

Технологические возможности станка могут быть расширены с применением делительной головки, поворотного круглого стола, накладной универсальной головки и других приспособлений.

Станки автоматизированы и могут быть настроены на различные, автоматические циклы, что повышает производительность труда, исключает необходимость обслуживания станков рабочими высокой квалификации и облегчает возможность организации многостаночного обслуживания.

### *3. Состав и конструкция фрезерного станка 6М82*

**Станина 5** является основанием станка. Ее вертикальные направляющие служат для движения консоли 18, а горизонтальные — для перемещения хобота 8. Внутри станины расположена коробка скоростей, а с левой и правой стороны — ниши, закрытые дверцами 1. В нишах на четырех панелях размещено электрооборудование станка. На дверце, находящейся с правой стороны станка (на рис. 36 не показана), находится переключатель, который устанавли-

вается в одно из следующих трех положений: «автоматический цикл», «подача от рукоятки», «круглый стол».

«Автоматический цикл» обычно целесообразно применять только для изготовления больших партий одинаковых изделий. При этом цикле всеми движениями стола управляют кулачки, установленные в переднем пазу стола.

В положение «круглый стол» переключатель устанавливают при наладке станка для обработки заготовок на круглом вращающемся столе. Этот способ обработки чаще всего применяют для непрерывного фрезерования деталей.

**Консоль 18** служит для подъема или опускания стола 13. Внутри нее помещены механизмы подачи и быстрых перемещений стола с отдельным электродвигателем. На передней стенке консоли находятся рукоятки для управления движениями стола и включения любой из 18 ступеней скоростей подачи стола.

**Салазки 17** могут двигаться вместе с поворотной плитой 16 и столом 13 по направляющим консоли, что позволяет осуществлять поперечную подачу стола. На поворотной плите 16 имеются направляющие для продольного перемещения стола.

**Стол 13** служит для установки на него обрабатываемых заготовок и для перемещения их в продольном направлении. Т-образные пазы стола предназначены для головок болтов, крепящих изделие или приспособление. Паз, расположенный на передней боковой поверхности стола, служит для установки кулачков 26, автоматически переключающих продольные перемещения стола.

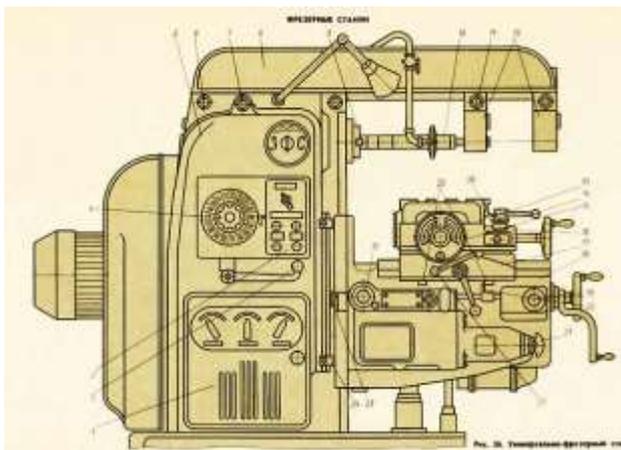


Рисунок 2 - Общий вид и компоновка станка

Хобот 8. Помещенные на нем одна или две подвески 12 служат для опоры правого конца оправки 10. Левый конический конец оправки устанавливаются во внутренний конус шпинделя 9 и закрепляют в нем болтом. Хобот закрепляется на направляющих станины двумя гайками 6. Для перемещения хобота гайки 6 слегка отвинчивают, затем вращением шестигранной головки 7 хобот передвигают по направляющим станины в нужное положение и закрепляют в нем завинчиванием гаек 6. Подвески 12 закреплены на хоботе болтами 11.

**Цикл обработки заготовок на станке.** Заготовку устанавливают на стол станка, поворачивают рукоятку 14 (или 22) в сторону перемещения стола и кнопкой «Быстро стол» с пульта управления включают ускоренное перемещение стола и установленной на нем заготовки к фрезе. При прекращении нажима на эту кнопку стол начинает перемещаться с рабочей подачей в том же направлении. В это время фреза обрабатывает поверхность заготовки. По окончании обработки кулачок 26 поворачивает рукоятку 14 в нейтральное положение, отключая подачу стола. Рабочий снимает обработанную деталь, поворачивает рукоятку 14 в обратную сторону и включает ускоренный обратный ход стола. Кнопка «Быстро стол» должна быть отпущена для останова стола в исходном положении. На этом заканчивается цикл обработки.

Для обработки изделий с поперечной подачей нужно поворачивать в направлении включаемой подачи любую из двух рукояток 19. Отключение поперечной подачи в конце хода производится автоматически кулачками 25, действующими на рычаг 20.

Аналогично при работе с вертикальной подачей стола для включения его подъема и опускания нужно поворачивать рукоятку 19 вверх или вниз, а отключение движений консоли в конце хода происходит автоматически под действием кулачков 24, поворачивающих рычаг 23.

Для отключения рабочей подачи стола и салазок рукоятки 14 и 19 нужно устанавливать в среднее (нейтральное) положение.

#### **4. Кинематическая схема фрезерного станка 6М82 (Рисунок 3)**

Привод подач осуществляется от отдельного фланцевого электродвигателя, смонтированного в консоли. Рабочие подачи настраиваются с помощью переключаемых зубчатых колес коробки подач, состоящих из двух трехвенцовых блоков и одного передвижного зубчатого колеса с кулачковой муфтой. На последнем валу коробки в кинематической цепи рабочих подач предусмотрена шариковая пружинная регулируемая муфта, предохраняющая механизм подач от перегрузок.

С последнего вала коробки подач движение передается в консоль. Затем через ряд цилиндрических и конических зубчатых колес, смонтированных в консоли и салазках, путем включения соответствующей кулачковой муфты приводится во вращение один из трех ходовых винтов, и таким образом осуществляются продольная, поперечная или вертикальная подачи.

Переключаемые зубчатые колеса коробки подач позволяют при разных зацеплениях получить 18 различных подач.

Кинематическая цепь для ускоренных (установочных) перемещений стола, салазок и консоли выполняется путем передачи движения от двигателя через паразитные зубчатые колеса непосредственно на зубчатое колесо фрикциона быстрого хода, смонтированного на последнем валу коробки подач.

Указанный фрикцион заблокирован с муфтой рабочих подач, тем самым устраняются случаи их одновременного включения.

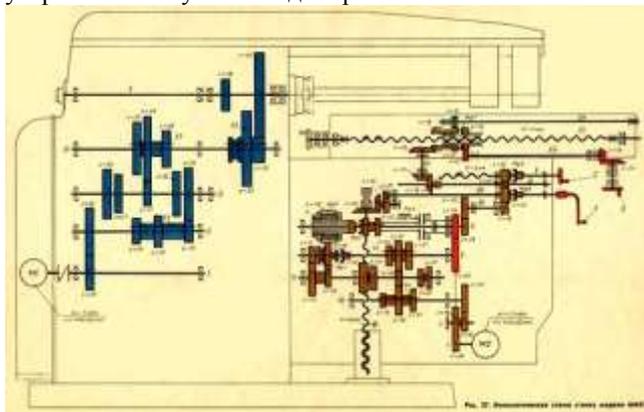


Рисунок 3 – Кинематическая схема станка

### Порядок выполнения работы:

- 1 Ознакомиться с краткой технической характеристикой, назначением и областью применения станка.
2. Ознакомиться с кинематической схемой станка, циклом работы, механизмами, назначением рукояток управления.
3. Ознакомиться с последовательностью наладки станка.
- 4 Ответить на вопросы:  
А). Какие операции выполняются на фрезерных станках?  
Б) Как расшифровать модель фрезерного станка 6М82?

- В) Основные узлы станка мод. 6М82 и их назначение.
- Г) Какие движения получают инструмент и заготовка при фрезеровании?
- Д) Сравните главное движение и движение подачи при точении, сверлении и фрезеровании.
- Е) За счет каких узлов универсально–фрезерного станка обрабатываемая заготовка может получить продольное, поперечное и вертикальное перемещение?
- Ж). Как включаются вспомогательные (быстрые) подачи стола?
- З) \Чем отличаются вертикально–фрезерные станки от горизонтально- фрезерных?

**Ход работы:**

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

**Форма представления результата:**

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.

Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.

Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 2.7 Протягивание, применяемый инструмент и станки**

**Практическая работа №7**

**Определение режимов резания для процесса протягивания**

**Цель работы:** формирование умений определять режимы резания для процесса протягивания

**Выполнив работу, Вы будете уметь:**

- применять протягивание для обработки внутренних и наружных поверхностей

**Задание:**

1 Определить диаметр отверстия после протягивания, если число рабочих зубьев круглой протяжки равно 28, подача на зуб составляет 0,06 мм/зуб, а диаметр исходного отверстия заготовки равен  $D$ .

### *Исходные данные*

№	1	2	3	4	5	6	7	8
$D$	62	65	68	70	72	74	76	78

№	9	10	11	12	13	14	15
$D$	80	82	84	86	88	90	92

**Краткие теоретические сведения:**

Производительность любого вида обработки резанием прежде всего определяется суммарной активной длиной режущих кромок. В этом отношении на одном из первых мест стоит протягивание, осуществляемое многозубыми инструментами - протяжками. Протяжные станки, предназначенные специально для протягивания, сообщают протяжке только одно продольное перемещение при рабочем ходе в направлении тяговой силы  $Q$ ).

Протягивание применяют для обработки отверстий различного профиля (рис. 7.1, а), а также наружных поверхностей (рис. 7.2, б). Протягиванием можно изготавливать детали с точностью обработки до 3-2-го класса и чистотой поверхности до 6-8-го, а в отдельных случаях и до 9-го класса. Несмотря на большую сложность и трудоемкость изготовления протяжки рентабельны и широко используют в серийном и массовом производстве.

На рисунке 7.2,а показана шпоночная протяжка, которая предназначена для образования шпоночных пазов в деталях типа втулок. Хвостовая часть (хвостовик), имеющая замок А, служит для закрепления протяжки в тяговом патроне протяжного станка.

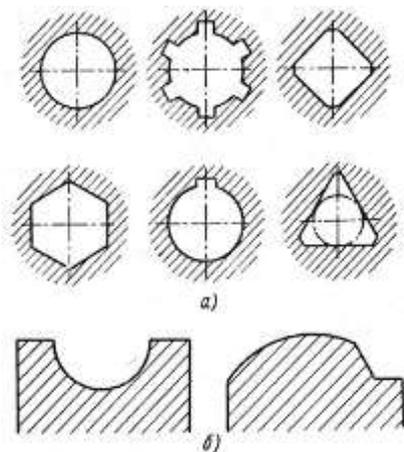


Рисунок 7.1 - Примеры протягиваемых профилей: а - отверстий; б - наружных поверхностей

Передняя направляющая часть обеспечивает направление режущих зубьев протяжки в начале работы. На режущей части протяжки расположены зубья, высота которых последовательно увеличивается на толщину срезаемого слоя  $a = sz$ , называемой также подачей на зуб. Каждый режущий зуб срезает слой металла толщиной  $a$  и шириной  $b$  (рис. 7.2, б).

Для облегчения образования стружки на режущих зубьях делают стружкоразделительные канавки К, расположенные в шахматном порядке. Профиль канавок делают обычно полукруглым шириной 0,5-1,5 мм и глубиной 0,5-1 мм. С помощью калибрующих зубьев обработанная поверхность должна получить окончательные размеры, точность и требуемый класс чистоты.

Общий вид протяжки переменного сечения по ГОСТ 20365 для обработки цилиндрического отверстия показан на рисунке 7.3. Зубья калибрующей части не имеют стружкоразделительных канавок, по форме и размерам соответствуют последнему режущему зубу. Фактически калибрующие зубья не режут, а зачищают (калибруют) обработанную поверхность. Задняя направляющая служит для направления протяжки в конце рабочего хода и сохранения стабильности ее положения до выхода из заготовки.

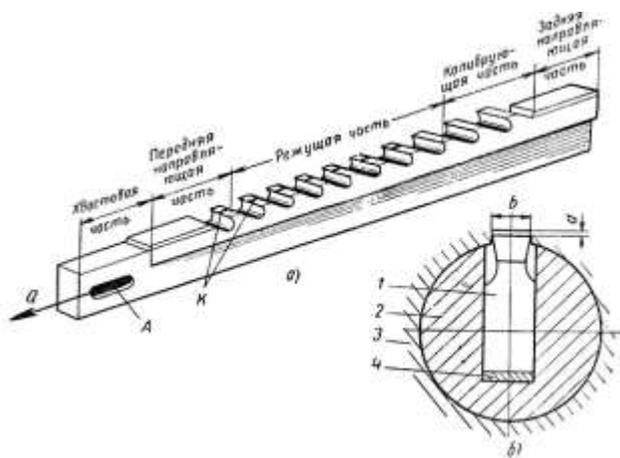


Рисунок 7.2 - Схема протягивания шпоночного паза: а - шпоночная протяжка; б - схема резания: 1 - протяжка; 2 - направляющая втулка; 3 - заготовка; 4 – прокладка

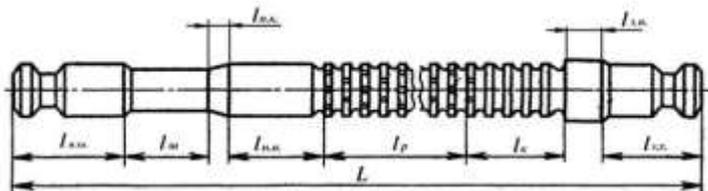


Рисунок 7.3 - . Конструктивные элементы круглой протяжки:  $l_{п.хв.}$  - передний хвостовик (передняя замковая часть);  $l_{ш}$  – шейка;  $l_{п.к.}$  – переходной конус;  $l_{п.н.}$  – передняя направляющая часть;  $l_{р}$  – режущая часть;  $l_{к}$  – калибрующая часть;  $l_{з.н.}$  – задняя направляющая часть;  $l_{з.хв.}$  – задний хвостовик (задняя замковая часть)

Силой  $Q$  протяжка протаскивается через неподвижную заготовку, а по окончании обработки готовая деталь снимается и протяжка возвращается в исходное положение для протягивания следующей заготовки.

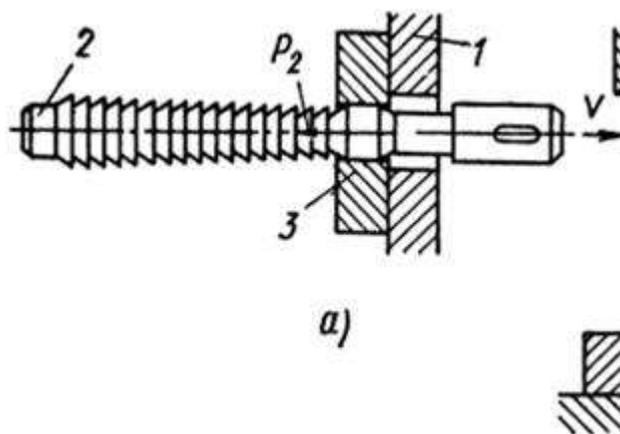


Рисунок 7.4 - Схема работы протяжки

При протягивании заготовка 3 своей торцевой частью опирается на стенку станка 1 и остается неподвижной, протяжка 2 совершает поступательное перемещение, которое является главным движением (рис. 7.4)

Номинальные размеры диаметров передней направляющей части и предварительно подготовленного отверстия одинаковы, а зазор обеспечивается выбором посадок.

Режущая часть  $l_p$  протяжки состоит из обдирочных, переходных и чистовых зубьев, которые, начиная со второго зуба, постепенно увеличивают свой размер с подъемом на зуб:

$$a = \frac{\Delta D}{2}$$

Где  $\Delta D = D_I - D_{I-1}$

Поступательные движения инструмента являются главными движениями, а скорость движения есть скорость резания  $v$  (м/мин).

Геометрические параметры зубьев протяжки и размеры среза показаны на рисунке 7.5.

Размеры зубьев протяжки характеризуются следующими величинами:

- t - осевой шаг (измеряется параллельно оси протяжки);
- $h_0$  - глубина стружечной канавки;
- g - ширина задней поверхности;

$r$  - радиус закругления дна стружечной канавки;  
 $b$  - ширина зуба (ширина среза);  
 $\gamma$  и  $\alpha$  - передний и задний углы;  
 $\varphi_1$  - вспомогательный угол (угол поднутрения) выполняется на  
 зубьях шпоночных и шлицевых протяжек.

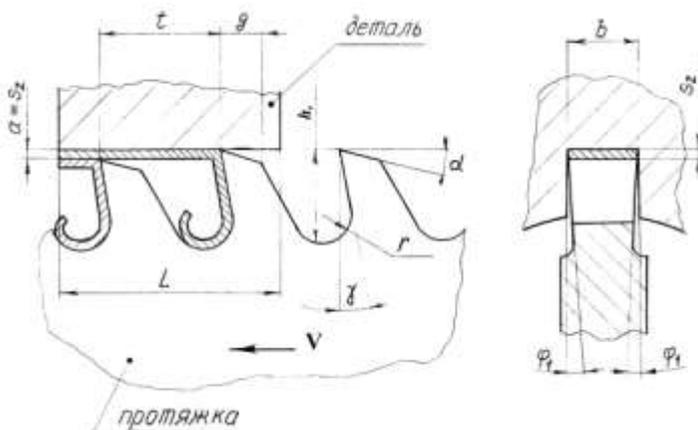


Рисунок 7.5 - Геометрические параметры зубьев шпоночной протяжки и размеры среза при протягивании

Величины углов  $\gamma$  зависят от обрабатываемого материала и типа протяжки и изменяются в пределах  $\gamma = 5 \dots 20^\circ$ . Меньшее значение  $\gamma$  следует выбирать для обработки чугуна; для углеродистых и малолегированных сталей принимается

$\gamma = 20^\circ$ . Передний угол  $\gamma$  оказывает влияние на усилие протягивания, шероховатость протянутой поверхности и стойкость протяжки.

У протяжек с односторонним расположением зубьев и свободным направлением в отверстии  $\gamma$  не делают больше  $15^\circ$  во избежание «подхватывания» протяжки обрабатываемым материалом.

Задний угол служит для уменьшения трения задней поверхности зуба о поверхность резания. Задние углы зубьев протяжек обычно составляют  $1-10^\circ$  и зависят от вида зубьев (черновые, чистовые, калибрующие), обрабатываемого материала, типа протяжки.

1. Припуск на диаметр, снимаемый протяжкой определяется по формуле:

$$\delta = D - D_{\text{в}}$$

где  $D$  – окончательный диаметр обрабатываемого отверстия;

$D_0$  – наименьший диаметр предварительного отверстия.

Величину припуска при круглом протягивании выбирают в пределах 0,4 – 1,6 мм при черновом протягивании и 0,2– 1,0 мм при чистовом протягивании.

Благоприятные условия для протягивания создает применение в обильном количестве соответствующей смазочно-охлаждающей жидкости. Например, при протягивании деталей из сталей применяют сульфофрезол (10-15 л/мин при внутреннем протягивании, 30-40 л/мин при наружном).

2. Сила резания для протяжек с прямыми зубьями определяется по формулам:

для цилиндрических протяжек

$$P_z = c_z s_z^{x_z} \pi D z_i \text{ кг};$$

для шпоночных протяжек

$$P_z = c_z s_z^{x_z} b z_i \text{ кг};$$

для многошлицевых протяжек

$$P_z = c_z s_z^{x_z} b n z_i \text{ кг},$$

где  $D$  - диаметр окончательного отверстия в мм;

$z_i$  - число одновременно работающих зубьев;

$b$  - величина шпоночного паза или шлица в мм;

$n$  - число шлицев в отверстии.

Зубья протяжки изнашиваются как по передним, так и по задним поверхностям. Признаком затупления является увеличение шероховатости обработанной поверхности, соответствующее допускаемому износу зубьев по задним поверхностям:  $h_3 = 0,2$  мм для цилиндрических протяжек,  $h_3 = 0,3$  мм для шлицевых и шпоночных протяжек.

Стойкость протяжек  $T = 120 \div 160$  мин. Скорость резания при протягивании небольшая (1-12 м/мин) и лимитируется требованиями к шероховатости обработанной поверхности. Увеличение скорости резания не дает заметного увеличения производительности, так как вспомогательное время значительно больше машинного.

3. Подачу на зуб  $s_z$  выбирают из таблиц в зависимости от типа протяжки и вида обрабатываемого материала ( $s_z = 0,02 \div 0,2$  мм/зуб).

4. Скорость резания при протягивании определяют по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m S_z^{y_v}} \text{ м/мин,}$$

где  $C_v$  - коэффициент, характеризующий условия обработки;  
 $T$  - стойкость протяжки в мин;  
 $m$  и  $y_v$  - показатели степеней.

5. Мощность, необходимая на резание определяют по формуле:

$$N_e = \frac{P_z v}{75 \cdot 60 \cdot 1,36} \text{ кВт.}$$

Мощность приводного электродвигателя протяжного станка

$$N_{дв} = \frac{N_e}{\eta} \text{ кВт,}$$

где  $\eta$  - к. п. д. станка ( $\eta = 0,75 \div 0,9$ ).

6. Машинное время при работе одной протяжкой:

$$T_m = \frac{L_p k}{1000v} \text{ мин,}$$

где  $L_p$  - путь протяжки при рабочем ходе в мм\*;

$k$  - коэффициент, учитывающий обратный ход протяжки ( $k = 1,15 \div 1,5$ ;  
у протяжных станков применяют гидропровод с дифференциальным цилиндром и поэтому скорость обратного хода в несколько раз больше скорости рабочего хода);

$v$  - скорость резания в м/мин.

$L_p = L + l_p + l_k + l$ , где  $L$  - длина протягиваемого отверстия;  $l_p$  - длина режущей части протяжки;  $l_k$  - длина калибрующей части;  $l$  - длина перебегов ( $l = 10 \div 20$  мм.)

7. Основное технологическое время:

$$t_0 = \frac{L}{1000v} k$$

где  $L$  - длина рабочего хода протяжки;

$K$  - коэффициент, учитывающий время обратного хода протяжки ( $K = 1,2-1,5$ ).

### Порядок выполнения работы:

3. Изучить конструкцию круглых внутренних протяжек

4. Выполнить схему обработки заготовки на протяжных станках
5. Выполнить расчет режимов резания:
  - а) глубина резания;
  - б) скорость резания;
  - в) сила резания
  - г) мощность
2. Определить машинное время
3. Ответить на вопросы:
  1. Назовите существующие виды протягивания и охарактеризуйте их.
  2. Какие преимущества имеет протягивание по сравнению с другими способами механической обработки?
  3. Чем протягивание отличается от прошивания?
  4. Назовите основные части и геометрические параметры круглой (шпоночной) протяжки.
  5. Сколько рабочих зубьев должна иметь плоская протяжка, если на вертикально-протяжном станке с заготовки срезают припуск величиной 1,6 мм, а подача составляет 0,12 мм/зуб?

**Ход работы:**

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

**Форма представления результата:**

- Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ.
- Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием.
- Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.

За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно

**Тема 2.8 Шлифование, применяемый инструмент и станки**

**Практическая работа №8**  
**Решение задач на определение режимов резания для процесса шлифования**

**Цель:** формирование умений решения задач на определение режимов резания для процесса шлифования

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- решать задачи на определение режимов резания для процесса шлифования

**Задание:**

1 На кругло – шлифовальном станке 3М131 методом продольной подачи на проход шлифуется участок вала диаметром  $d = \overset{+}{\underset{-}{0,016}}$  и длиной  $l =$  мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,8$  мкм. Припуск на сторону  $h = 0,2$  мм. Материал заготовки – Сталь 40Х, закалённая твёрдостью 53 HRCЭ . Способ крепления заготовки – в центрах. Эскиз обработки приводится на рисунке 1.

. НЕОБХОДИМО: выбрать шлифовальный круг, определить его характеристики, назначить режим резания, определить основное время обработки.

Исходные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	22	25	28	30	32	34	36	38	40	42
L	102	108	110	120	122	126	128	130	135	140

№	11	12	13	14	15
D	44	46	38	50	36
L	145	150	155	160	165

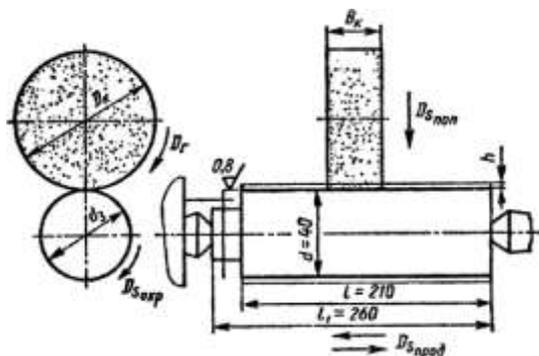


Рисунок 1 - Эскиз обработки заготовки

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить методические указания по выполнению работы.
2. Выбираем шлифовальный круг.
3. Устанавливаем характеристику круга. Для круглого наружного шлифования с продольной подачей, параметра шероховатости  $Ra=0,8$  мкм, конструкционной закалённой стали с  $HRCЭ > 50$ , рекомендуется характеристика: Э,ЭБ40,СМ2К.
4. Назначаем режим резания
5. Определяем основное время обработки.

### РЕШЕНИЕ:

1. Выбираем шлифовальный круг. Выбор характеристики шлифовального круга производится по карте 3 страница 114-115. Материал абразивного зерна, твердость и связка круга назначаются в зависимости от марки и твердости шлифуемого материала, а также от принятой скорости круга (35 или 50 м/с). Зернистость выбирается в зависимости от требуемой шероховатости поверхности (параметр шероховатости  $Ra = 0,8$  мкм находится в одной подгруппе в пределах  $Ra = 1,25$  до  $Ra = 0,8$  мкм). Для данного условия шлифования по карте 3 выбираем шлифовальный круг 24А40НСМ25К, форма круга ПВД. Маркировка полной характеристики круга – ПВД 24А40НСМ25К8. Для кругло-шлифовальных станков принимают обычно круги ПП и ПВД, обеспечивающий удобное и надежное крепление круга на шпинделе шлифовальной бабки. В качестве материала абразивных зерен принимаем белый электрокорунд марки 24А зернистостью №40. Содержание основной фракции 45%, индекс зернистости Н, твердость круга СМ2, структура круга №5, разновидность принятой керамической связки К8.

Пример.

Размеры нового круга по паспортным данным станка 3М131 диаметр круга  $D_k = 600$  мм, ширина (или высота) круга  $B_k = 63$  мм

Назначаем режим резания

В процессе круглого шлифования методом продольной подачи в соответствии с ГОСТ 25762 -83 рассматриваются следующие элементы движения:

1. Вращение шлифовального круга – главное движение резания  $D_z$ . Оно характеризуется скоростью главного движения резания  $V_k$  (м/с):

$$V_k = \frac{\pi D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}$$

где  $D_k$  – диаметр круга, мм;  $n_k$  – частота вращения круга, мин<sup>-1</sup>  
Для нашего случая  $D_k = 600$  мм,  $n_k = 1112$  и  $1285$  об/мин.

$$V_k = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 34,91 \text{ м/с}$$

$$V_k = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1285}{1000 \cdot 60} = 35,43 \text{ м/с}$$

Скорость главного движения резания находится в пределах рекомендуемого диапазона.  $V_k = 30 \dots 35$  м/с.

2. Вращение заготовки – движение окружной подачи  $D_{Sокр}$ . Оно характеризуется скоростного движения окружной подачи  $V_{Sокр}$  и определяется по формуле

$$V_{Sокр} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_3}{1000}$$

где  $d$  – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки;  $n_3$  – частота вращения заготовки, мин<sup>-1</sup>. Диаметр обрабатываемой поверхности по данным  $d = 40h6$ ,  $n_3 = n_D = 220$  об/мин (карта 6, страница 127).

Скорость движения окружной подачи:

$$V_{Sокр} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 220}{1000} = 27,6 \text{ м/мин}$$

Частота вращения заготовки может быть установлена на станке 3М131, имеющем бесступенчатое регулирование частот вращения заготовки в пределах  $40 \dots 400$  об/мин.

3. Возвратно-поступательное движение стола с заготовкой – движение продольной подачи  $D_{Sпрод}$ . Продольная подача  $S_0$  устанавливается в зависимости от характера шлифования (предварительного или окончательного) и ширины шлифовального круга ( $B_k = 63$  мм):

$$S_0 = K_d \cdot B_k$$

где  $K_d$  – коэффициент, учитывающий продольную подачу (в долях ширины круга);  $B_k$  – ширина круга, мм.

Для того чтобы установить на станке припятую величину  $S_0$  нужно определить скорость (м/мин) движения продольной подачей  $V_{\text{спрод}}$  (скорость движения стола):

$$v_{\text{сп}} = \frac{S_0 \cdot n_2}{1000} = \frac{K_d \cdot B_k \cdot n_2}{1000}$$

Для окончательного шлифования  $K_d = 0,2 \dots 0,4$  [10] таблица 55, страница 30. Принимаем  $K_d = 0,3$ , тогда  $S_0 = 0,3 \cdot 63 = 18,9$  мм/об

Скорость движения продольной подачи (скорость продольного хода стола)

$$v_{\text{сп}} = \frac{18,9 \cdot 220}{1000} = 4,15 \text{ м/мин}$$

На используемом станке 3М131 предусмотрено бесступенчатое регулирование скорости продольного хода стола в пределах 0,05...5,0 м/мин, поэтому принимаем  $V_{\text{спрод}} = 5$  м/мин

4. Поперечная подача круга  $S_X$  мм/ход (в справочнике [10] названа глубиной шлифования  $t$ ):  $S_X = 0,005 \dots 0,015$  мм/ход стола; учитывая высокие требования к точности обработки [поле допуска по  $h_6$  (старое обозначение – 2-й класс)] и шероховатости поверхности  $Ra = 0,8$  мкм, принимаем  $S_X = 0,005$  мм/ход. Так как на станке поперечные подачи регулируются бесступенчато в пределах 0,002 – 0,1 мм/ход, то принятая подача возможна.

$$N_{\text{рез}} = C_N \cdot V^{1,2} \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q$$

В соответствии с действующим стандартом подставим в формулу (31) вместо  $V_D$ ,  $t$ ,  $S$  соответственно  $V_{\text{сок}}$ ,  $S_X$ ,  $S_0$ .

$$N_{\text{рез}} = C_N \cdot V_{\text{сок}}^{1,2} \cdot S_X^x \cdot S_0^y \cdot d^q$$

Выписываем из таблицы 56, с.303 коэффициенты и показатели степеней формулы для круглого наружного шлифования с поперечной подачей на каждый ход стола, зернистости круга 40, твёрдости СМ2:  $C_N = 2,65$ ;  $r = 0,5$ ;  $x = 0,5$ ;  $y = 0,55$ ;  $q = 0$ .

Тогда  $N_{\text{рез}} = 2,65 \cdot 350,5 \cdot 0,0050,5 \cdot 18,90,55 \cdot 400 = 5,5$  кВт у станка 3М131  $N_{\text{ШП}} = N_D \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6$  кВт. Так как  $N_{\text{ШП}} \geq N_{\text{рез}}$  ( $5,5 < 6$ ) обработка возможна.

Основное время обработки.

$$T_0 = \frac{L - h}{n_3 \cdot S_0 \cdot S_X} \cdot K$$

где L – длина хода стола, при перебеге круга на каждую сторону, равным 0,5 BK , L=210 мм, K – коэффициент точности учитывающий время на выхаживание, при окончательном шлифовании K=1,4 [12] стр 199 ]

$$T_{\phi} = \frac{210 \cdot 0,2}{280 \cdot 18,9 \cdot 0,005} = 2,22 \text{ мин}$$

**Ход работы:**

1. Выполнить конспект с необходимыми расчетами
2. Защитить практическую работу

**Форма представления результата:**

Выполнить работу в письменном виде в тетради для практических работ. Отчет о проделанной работе выполняется в соответствии с заданием. Зачет выставляется после устного собеседования с преподавателем.

**Критерии оценки:**

За каждый правильный ответ – 1 балл.  
За неправильный ответ – 0 баллов.

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	не удовлетворительно