

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**Пермский государственный технический университет**

Кафедра «Технология, конструирование и автоматизация в  
специальном машиностроении»

Методическое пособие  
по практическим занятиям  
для студентов специальности  
«Технология машиностроения»

Пермь, 2007

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Методическое пособие разработано в соответствии с программой предметов «Резание материалов» и «Резущий инструмент» для специальности «Технология машиностроения».

Цель данного методического пособия - оказать помощь при изучении и приобретении практических навыков при выборе инструмента и его геометрии, определении параметров режимов резания, сил резания, а также при расчете основного технологического времени.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

#### I. Выбор инструмента.

1) Марку твердого сплава для каждого перехода выбирают в зависимости от вида обрабатываемого материала и характера обработки по таблице 1.

При этом:

- для обеспечения повышенной производительности следует применять сплав с меньшим содержанием кобальта,

- для обеспечения повышенной надежности - с большим содержанием кобальта.

2) Геометрию резцов для каждого перехода выбирают по таблице 2 в зависимости от:

- вида и свойств обрабатываемого материала,

- характера обработки.

3) Сечение державки выбирают в соответствии с конструкцией резцедержателя токарного станка.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1

### Расчет режима резания при точении аналитическим способом

**Цель работы:** изучить методику расчета режима резания аналитическим способом. Ознакомиться и приобрести навыки работы со справочной литературой.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Обработка заготовки точением осуществляется при сочетании двух движений: равномерного вращательного движения детали - движения резания (или главное движение) и равномерного поступательного движения резца вдоль или поперек оси детали - движение подачи. К элементам режима резания относятся: глубина резания  $t$ , подача  $S$ , скорость резания  $V$ .

**Глубина резания** - величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном обработанной поверхности, т.е. перпендикулярном направлению подачи.

При черновой обработке, как правило, глубину резания назначают равной всему припуску, т.е. припуск срезают за один проход

$$t = h = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$$

где  $h$  - припуск, мм;

$D$  - диаметр заготовки, мм;

$d$  - диаметр детали, мм.

При чистовой обработке припуск зависит от требований точности и шероховатости обработанной поверхности.

**Подача** - величина перемещения режущей кромки инструмента относительно обработанной поверхности в направлении подачи за единицу времени (минутная подача  $S_m$ ) или за один оборот заготовки.

При черновой обработке назначают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, прочности пластинки, мощности привода станка.

При чистовой обработке - в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

**Скорость резания** - величина перемещения точки режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в направлении движения резания за единицу времени. Скорость резания зависит от режущих свойств инструмента и может быть определена при точении по таблицам нормативов [4] или по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

где  $C_v$  - коэффициент, учитывающий условия обработки;

$m, x, y$  - показатели степени;

$T$  - период стойкости инструмента;

$t$  - глубина резания, мм;

$S$  - подача, мм/об;

$K_v$  - обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv} K_{\varphi v} K_{rv},$$

где  $K_{mv}$  - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

$K_{nv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{iv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{\varphi v}$  - коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца;

$K_{rv}$  - коэффициент, учитывающий радиус при вершине резца - учитывается только для резцов из быстрорежущей стали.

При настройке станка необходимо установить частоту вращения шпинделя, обеспечивающую расчетную скорость резания.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \text{ об/мин} \quad (2.3)$$

**Основное технологическое (машинное) время** - время, в течение которого происходит снятие стружки без непосредственного участия рабочего

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \text{ мин} \quad (2.4)$$

где  $L$  - путь инструмента в направлении рабочей подачи, мм;

$i$  - количество проходов.

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм}$$

где  $l$  - размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

$y$  - величина врезания, мм;

$\Delta$  - величина перебега, мм,  $\Delta = l \div 2$  мм.

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

где  $t$  - глубина резания;

$\varphi$  - главный угол в плане резца.

### Пример решения задачи

На токарно-винторезном станке 16К20 производится черновое обтачивание на проход вала  $D=68$  мм до  $d=62$  мм. Длина обрабатываемой поверхности 280 мм; длина вала  $l_1=430$  мм. Заготовка - поковка из стали 40Х с пределом прочности  $\sigma_b=700$  МПа. Способ крепления заготовки - в центрах и в поводковом патроне. Система СПИД недостаточно жесткая. Параметр шероховатости поверхности  $Ra=12,5$  мкм. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания; определить основное время.

Решение

### 1. Выполнение эскиза обработки.

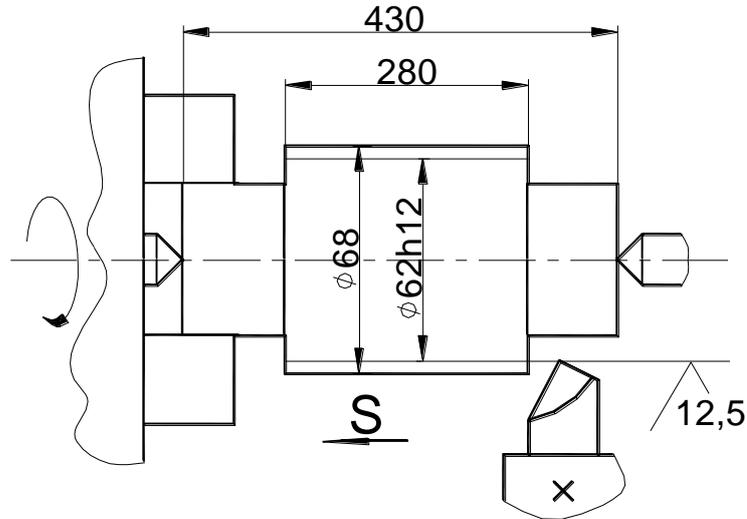


Рис. 1

### 2. Выбор режущего инструмента

Для обтачивания на проход вала из стали 40Х принимаем токарный проходной резец прямой правый с пластинкой из твердого сплава Т5К10 таблица 2, [2] или [3]. Форма передней поверхности радиусная с фаской [3]; геометрические параметры режущей части резца:

$$\gamma=15^{\circ}; \quad \alpha=12; \quad \lambda=0 [3], \quad \varphi=60^{\circ}; \quad \varphi_1=15^{\circ}; [3], \quad r=1 \text{ мм}; \quad f=1 \text{ мм}; [3].$$

### 3. Назначение режимов резания

3.1. Глубина резания. При черновой обработке припуск срезаем за один проход, тогда

$$t = h = \frac{D - d}{2} = \frac{68 - 62}{2} = 3 \text{ мм}.$$

3.2. Назначаем подачу.

Для черновой обработки заготовки из конструкционной стали диаметром до 100 мм резцом сечением 16x25 (для станка 16К20) при глубине резания до 3 мм:

$$S=0,6 \div 1,2 \text{ мм/об} [2], [3].$$

В соответствии с примечанием 1 к указанной таблице и паспортным данным станка (см. Приложение 1 к данным методическим указаниям) принимаем  $S=0,8 \text{ мм/об}$ .

3.3. Скорость резания, допускаемая материалом резца

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

где  $C_v=340$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ,  $m=0,2$ ,  $T=60 \text{ мин}$  [2], [3]

Поправочный коэффициент для обработки резцом с твердосплавной пластиной

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v}$$

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}, [2], [3],$$

где  $K_r=1$ ;  $n_v=1$  [2],

тогда 
$$K_{mv} = \left( \frac{750}{700} \right)^{-1} = 1,07$$

$K_{nv}=0,8$  [2] или [3],  $K_{uv}=0,65$  [2] или [3],  $K_{\varphi v}=0,9$  [2] или [3].

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 1,07 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 70,6 \text{ м/мин}$$

3.4. Частота вращения, соответствующая найденной скорости резания

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин} \quad n = \frac{1000 \cdot 70,6}{3,14 \cdot 68} = 330,6 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка  
 $n_d = 315 \text{ об/мин.}$

3.5. Действительная скорость резания

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин; } V_o = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 315}{1000} = 67,3 \text{ м/мин.}$$

4. Основное время

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин}$$

Путь резца  $L = l + y + \Delta$ , мм

Врезание резца  $y = t \cdot \text{ctg} \varphi = 3 \cdot \text{ctg} 60^\circ = 3 \cdot 0,58 = 1,7$  мм

Пробег резца  $\Delta = 1,3$  мм.

Тогда  $L = 280 + 1,7 + 1,3 = 383$  мм.

$$T_o = \frac{283}{315 \cdot 0,8} = 1,12 \text{ мин.}$$

### Задание на практическое занятие № 1

Выполнить расчет режимов резания аналитическим способом (по эмпирической формуле) по заданному варианту для обработки на токарно-винторезном станке 16К20.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь инструкцией и дополнительной литературой, изучить методику определения режима резания. Ознакомиться со справочником [2] или [3]. Ознакомиться с условием задания.
2. Выполнить эскиз обработки.
3. Выбрать режущий инструмент.
4. Назначить глубину резания.
5. Определить подачу.
6. Рассчитать скорость резания.
7. Определить частоту вращения шпинделя и скорректировать по паспорту станка.
8. Определить действительную скорость резания.
9. Рассчитать основное технологическое время.
10. Составить отчет по форме 2.

Таблица 1

Номер варианта	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	2	3	4	5	6
1	Прокат. Сталь 20, $\sigma_b = 500$ МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	90	82h12	260
2	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB160	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	110h12	310
3	Поковка. Сталь 12X18H9T, HB180	Обтачивание в упор Ra=1,6 мкм	52	50e9	400
4	Прокат. Сталь 14X17H2, HB200	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	90	93H11	30
5	Отливка без корки СЧ30, HB220	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	80	83H11	50

6	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB210	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	120	124H12	100
7	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_b=680$ МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	76	70h12	315
8	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_b=560$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	97	100H11	75
9	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h12	340
10	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, HB160	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	3,5
11	Поковка. Сталь 40ХН, $\sigma_b=700$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80H11	45
12	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_b=600$ МПа	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	90	0	5
13	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_b=750$ МПа	Обтачивание в упор Ra=0,8 мкм	68	62e9	250
14	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_b=600$ МПа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	73	80H12	35
15	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB180	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	62	58h12	210
16	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	80	40	2,5
17	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_b=580$ МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	48	50H9	50
18	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_b=750$ МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	60	20	2,0
19	Отливка с коркой. Бронза Бр АЖН 10-4, HB170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	88	85e12	140
20	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1, HB220	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	48	53H11	65
21	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, HB220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	65	0	1,5
22	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, HB220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	80H11	220
23	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_b=800$ МПа	Обработка на проход Ra=12,5 мкм	105	115H12	260
24	Прокат. Сталь 30ХМ, $\sigma_b=780$ МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	80	0	2,5
25	Обработанная. Сталь 45, $\sigma_b=650$ МПа	Обработка на проход Ra=1,6 мкм	72	80H9	100
26	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_b=700$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	90	95H11	60
27	Поковка. Ковкий чугун КЧ30, HB163	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	115	110h7	150
28	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB163	Обтачивание в упор Ra=6,3 мкм	150	142h8	70
29	Прокат. Бронза Бр АЖ 9-4, $\sigma_b=500$ МПа	Растачивание в упор Ra=12,5 мкм	60	69H11	50
30	Прокат. Сталь 35Г2, $\sigma_b=618$ МПа	Подрезание торца втулки Ra=6,3 мкм	100	80	3,0

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ № 2

### Определение сил, действующих при точении, и мощности

Цель работы: изучить методику расчета сил резания и мощности, затрачиваемой на резание, аналитическим способом.

Ознакомиться и приобрести навыки работы со справочной литературой.

#### Общие сведения

Для изучения действия силы сопротивления резанию принято ее раскладывать на три взаимно перпендикулярные составляющие силы, направленные по осям координат станка:  $P_x$  - осевая сила;  $P_y$  - радиальная сила;  $P_z$  - тангенциальная сила, которую называют главной силой резания.

Осевая сила  $P_x$  действует вдоль заготовки, при продольном точении противодействует механизму подачи.

Радиальная сила  $P_y$  - отжимает резец, ее реакция изгибает заготовку.

Сила резания  $P_z$  направлена по касательной к поверхности резания, определяет расходуемую мощность на резание  $N_p$ .

Составляющие силы резания при точении рассчитывают по аналитической формуле:

$$P_{z(x,y)} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ кН}$$

где  $C_p$  - коэффициент, учитывающий условия обработки;

$x, y, n$  - показатели степени;

$t$  - глубина резания, мм;

$S$  - подача, мм/об;

$V$  - скорость резания, м/мин;

$K_p$  - обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий по отношению к табличным.

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\lambda p} K_{\gamma p} K_{\gamma p},$$

где  $K_{\mu p}$  - поправочный коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала;

$K_{\gamma p}, K_{\varphi p}, K_{\lambda p}, K_{\gamma p}$  - коэффициенты, учитывающие соответствующие геометрические параметры резца.

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}$$

где  $P_z$  - сила резания, Н;

$V$  - скорость резания, м/мин.

#### Пример решения задачи

Определить силы, действующие при продольном точении заготовки из стали 40Х с пределом прочности  $\sigma_s = 700 \text{ МПа}$ , резцом с пластиной из твердого сплава Т5К10. Глубина резания  $t=3$  мм, подача  $S=0,8$  мм/об, скорость резания  $V=67$  м/мин. Определить мощность резания.

Геометрические параметры резца: форма передней поверхности - радиусная с фаской;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 15^\circ$ ;  $\gamma_\phi = -5^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\lambda = 0$ ;  $r = 1 \text{ мм}$ .

**Решение:**

## 1. Силы резания при точении

$$P_{z(x,y)} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

1.1 Определяем значения постоянной и показателей степени [2],

$C_{pz} = 300$	$x=1,0$	$y=0,75$	$n = -0,15$
$C_{px} = 339$	$x=1,0$	$y=0,5$	$n = -0,4$
$C_{py} = 243$	$x=0,9$	$y=0,6$	$n = -0,3$

1.2 Определяем значения поправочных коэффициентов

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\lambda p} K_{rp} K_{rp}$$

$$K_{\mu pz} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n; n=0,75 [2], \quad K_{\mu pz} = \left(\frac{700}{750}\right)^{0,75} = 0,95,$$

$$K_{\mu px} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n; n=1 [3], \quad K_{\mu px} = \left(\frac{700}{750}\right)^1 = 0,93.$$

$$K_{\mu py} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n; n=1,35 [2], \quad K_{\mu py} = \left(\frac{700}{750}\right)^{1,35} = 0,91.$$

Поправочные коэффициенты, учитывающие геометрию резца [2],

$$K_{\varphi pz} = 0,94; \quad K_{\varphi px} = 1,11; \quad K_{\varphi py} = 0,77;$$

$$K_{\gamma pz} = 1,25; \quad K_{\gamma px} = 2; \quad K_{\gamma py} = 2;$$

$$K_{\lambda pz} = K_{\lambda px} = K_{\lambda py} = 1;$$

 $K_{rp}$  - учитывается только для резцов из быстрорежущей стали

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 67^{-0,15} \cdot 0,95 \cdot 0,94 \cdot 1,25 = 4050 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3^1 \cdot 0,8^{0,5} \cdot 67^{-0,4} \cdot 0,93 \cdot 1,11 \cdot 2 = 1685,5 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 3^{0,9} \cdot 0,8^{0,6} \cdot 67^{-0,3} \cdot 0,91 \cdot 0,77 \cdot 2 = 1611 \text{ Н}$$

## 2. Мощность резания

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{4050 \cdot 67}{60 \cdot 1020} = 4,43 \text{ кВт}$$

**Задание на практическое занятие № 2**

Выполнить расчет силы резания ( $P_z$ ) и мощности, затрачиваемой на резание по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 2.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь инструкцией и литературой [1,2], изучить методику и выполнить расчет по заданию.
2. Составить отчет по форме 1.

**Форма 1**

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Задание.

## 4. Расчет силы резания и мощности, затрачиваемой на резание.

Таблица 2

## Варианты задания к практическому занятию 1

Номер варианта	Материал заготовки	Режим резания			Геометрические параметры резца*						
		t, мм	S, мм	V, м/мин	$\varphi^\circ$	$\alpha^\circ$	$\gamma^\circ$	$\lambda^\circ$	r, мм	Форма передней поверхности	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Сталь 20, $\sigma_B=550$ МПа	4	0,7	140	45	8	10	5	1	Радиусная с фаской	
2	Серый чугун СЧ10, НВ 160	5	0,78	60	60	8	5	10	1	Плоская	
3	Сталь 12Х18Н9Т; НВ180	1	0,21	265	90	12	10	0	2	Радиусная с фаской	
4	Сталь 14Х17Н2; НВ200	1,5	0,195	250	90	12	10	0	2		
5	Серый чугун СЧ30, НВ 220	1,5	0,26	150	45	10	5	-5	2	Плоская	
6	Серый чугун СЧ20, НВ 210	2	0,35	155	45	10	12	0	1	Радиусная с фаской	
7	Сталь 38ХА, $\sigma_B=680$ МПа	3	0,61	120	60	8	10	5			
8	Сталь 35, $\sigma_B=560$ МПа	1,5	0,2	390	60	12	15	0			
9	Серый чугун СЧ15, НВ 170	4,5	0,7	65	90	8	5	0		Плоская	
10	Серый чугун СЧ10, НВ 160	3,5	0,6	65	45	10	10	5	2	Радиусная с фаской	
11	Сталь 40ХН, $\sigma_B=700$ МПа	1,5	0,3	240	60	12	10	-5			
12	Сталь Ст3, $\sigma_B=600$ МПа	5	0,8	240	60	10	5	0	1	Плоская	
13	Сталь 40Х, $\sigma_B=750$ МПа	1,0	0,15	240	90	12	10	-5			
14	Сталь Ст5, $\sigma_B=600$ МПа	3,5	0,52	130	45	8	10	5	2	Радиусная с фаской	
15	Серый чугун СЧ20, НВ 180	4,0	0,87	75	60	8	5	10			
16	Серый чугун СЧ20, НВ 200	2,5	0,25	100	45	10	5	0	1	Плоская	
17	Сталь 20Х, $\sigma_B=580$ МПа	1,0	0,125	180	45	12	15	0			
18	Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	2,0	0,25	150	60	10	12	5	2	Радиусная с фаской	
19	Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	1,5	0,15	130	60	6	20	10			
20	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ100	2,5	0,3	80	90	8	25	-5	1	Плоская с фаской	
21	Серый чугун СЧ30, НВ 220	1,5	0,1	130	45	10	8	0			
22	Серый чугун СЧ20, НВ 200	3	0,4	90	90	8	10	-5	15	Плоская	
23	Сталь 30ХН3А, $\sigma_B=800$ МПа	5	0,8	110	60	12	12	-5			
24	Сталь 30ХМ, $\sigma_B=780$ МПа	2,5	0,2	100	45	10	10	2	2	Радиусная с фаской	
25	Сталь 45, $\sigma_B=650$ МПа	4	1,2	90	60	8	15	0			
26	Сталь 15Х, $\sigma_B=687$ МПа	2,0	0,35	100	45	6	8	5	1,5	1	Плоская
27	Ковкий чугун КЧ30, НВ 163	3,0	0,5	120	90	8	10	0			
28	Сталь 20ХНР, $\sigma_B=700$ МПа	4,5	0,06	80	60	12	5	-5			
29	Сталь 30Г, $\sigma_B=550$ МПа	1,5	0,35	120	45	10	12	10			
30	Сталь 35ХГСА, $\sigma_B=700$ МПа	2,5	0,05	140	90	8	5	0	2		

\* Для всех вариантов принять резец с пластиной из твердого сплава.

## Практическое занятие №3

### Расчет режимов резания при токарных работах с помощью нормативно-справочной литературы

Цель работы: Изучить методику назначения режима резания по таблицам нормативов. Ознакомиться и приобрести навыки работы с нормативами.

#### Общие положения

Точение широко распространенный метод обработки резанием тел вращения. Применяется для удаления наружных, внутренних и торцовых поверхностных слоев заготовок (цилиндрических, конических и фасонных). Рассматривают следующие виды точения:

- 1) черновое точение ("обдирка") - удаление дефектных слоев заготовки, разрезка, отрезка и подрезка торцов заготовки. Срезается поверхностная "корка" и основная ( $\approx 70\%$ ) часть припуска на обработку, позволяет получать шероховатость 50...12,5 Ra;
- 2) получистовое точение - снятие 20...25% припуска и позволяет получать шероховатость 6,3...3,2 Ra и точность 10...11-го квалитетов. Заготовка получает форму, близкую к детали.
- 3) чистовое точение - обеспечивает получение шероховатости 3,2...1,6 Ra и точность 7-9-го квалитетов. Деталь получает окончательную форму и размеры;
- 4) тонкое точение - позволяет при срезании очень тонких стружек получать на поверхностях детали шероховатость 0,40..0,20 Ra и точность 5-7-го квалитетов.

Определение режимов резания состоит в выборе по заданным условиям обработки наиболее выгодного сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, обеспечивающих наименьшую трудоемкость и себестоимость выполнения операции.

Режимы резания устанавливаются в следующем порядке:

1. Определение глубины резания  $t$  мм и числа проходов  $i$ . При черновом точении весь припуск целесообразно снимать за один проход ( в ряде случаев, когда имеется лимит мощности станка, бывает выгодно снимать припуск за несколько проходов). Целесообразность этого должна определяться сравнительным расчетом продолжительности оперативного времени. Деление припусков на несколько проходов производится также при получистовом и чистовом точении, а также при обработке резцами с дополнительной режущей кромкой ( $\varphi_1=0$ ).

2. Выбор подачи  $S$  мм/об. Подача выбирается в зависимости от площади сечения державки резца, диаметра обработки и глубины резания. Выбранная подача проверяется на допустимость по мощности электродвигателя, прочности державки резца, прочности пластин из твердого сплава и от заданной чистоты поверхности.

3. Определение нормативной скорости резания  $V_m$ /мин. И соответствующей ей частоты вращения  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ . По значению скорости выбирается необходимая частота вращения шпинделя, которая корректируется по паспорту станка.

4. Определяются усилия и мощности резания по выбранным значениям  $t, S$  и  $V$ .

5. Проверка возможности осуществления выбранного режима резания на заданном станке по его эксплуатационным данным. Если найденный режим не может быть осуществлен на заданном станке, а выбранная подача удовлетворяет, необходимо уменьшить скорость резания. Уменьшение скорости  $V$  осуществляется вводом поправочного коэффициента изменения скорости  $K_v$  в зависимости от отношения мощности на шпинделе, допустимой станком, к мощности по нормативам.

6. Корректировка выбранного режима по станку в соответствии с его паспортными данными.

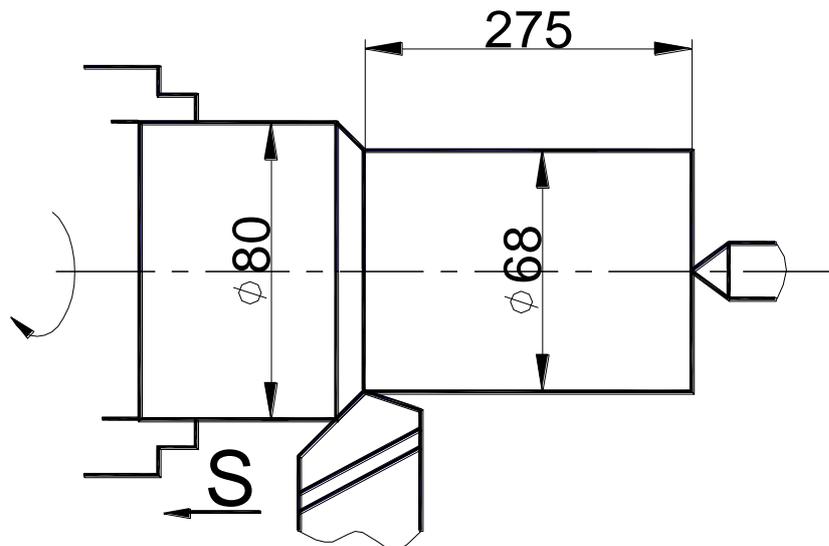
### Пример решения задачи

Рассчитать режим резания при предварительной обточке детали типа вал на станке 16К20.

Исходные данные: род и размер заготовки - прокат, сталь 45;  $\sigma_b=550$  МПа;  $D=80$  мм;  $d=68$  мм;  $l=275$  мм; условия выполнения операции - заготовка устанавливается в самоцентрирующийся патрон с поджатием центра задней бабки.

#### Решение

1. Выполнение эскиза обработки.



2. Выбор режущего инструмента.

Для обтачивания вала из стали 45 принимаем токарный проходной резец прямой правый с пластиной из твердого сплава Т5К10 [2] или [3]  $\phi=45^\circ$ ;  $\phi_1=10^\circ$ ;  $s=4$  мм (толщина пластинки);  $V \times H=25 \times 25$  (сечение державки);  $I_p=1,5$  Н (вылет резца).

3. Назначение режимов резания.

Расчет режимов резания выполним в традиционной последовательности с использованием данных работы [7].

3.1 Глубина резания. При черновой обработке припуск срезаем за один проход, тогда

$$t = h = \frac{D - d}{2} = \frac{80 - 68}{2} = 6 \text{ мм}$$

3.2 Назначаем подачу. Для державки резца сечением 25x25 мм, диаметра обработки до 100 мм и глубины резания до 8 мм рекомендуется подача  $S=0,5...0,7$  мм/об;

Проверим допустимость рекомендуемой подачи по мощности электродвигателя, прочности державки резца и прочности пластинки твердого сплава.

Для глубины резания  $t=6$  мм, мощности электродвигателя  $N_{\delta}=8$  кВт и для резца  $\varphi_1 > 0^\circ$  допускается подача  $S=0,7$  мм/об. Для стали с пределом прочности  $\sigma_B=550$  МПа ( $55 \text{ кг/мм}^2$ ) поправочный коэффициент  $K_{MS}=1,07$ . Следовательно, подача, допускаемая мощностью электродвигателя (из условий обеспечения работы для твердого сплава со скоростью не ниже 50 м/мин)  $S=0,7 \cdot 1,07=0,75$  мм/об.

Для резца с державкой сечением 25x25 мм и глубиной резания  $t=6$  мм находим подачу  $S=3$  мм/об. Умножив эту подачу на поправочный коэффициент

$K_{MS}=1,07$ , соответствующий стали с пределом прочности  $\sigma_B=550$  МПа ( $55 \text{ кг/мм}^2$ ), и  $K_{MS}=0,58$ , соответствующий вылету резца  $l=1,5$  Н, найдем подачу, допустимую прочностью державки резца:  $S=3 \cdot 1,07 \cdot 0,58=1,86$  мм/об.

Для резца с главным углом в плане  $\varphi=45^\circ$ , толщиной пластинки твердого сплава  $s=4$  мм и для глубины резания  $t=6$  мм находим подачу  $S=1,11$  мм/об.

С учетом поправочного коэффициента для стали ( $\sigma_B=550$  МПа),  $K_{MS}=1,07$ , допускается подача по прочности пластинки твердого сплава

$$S=1,11 \cdot 1,07=1,19 \text{ мм/об.}$$

Из сопоставления подач  $S=0,7$  мм/об,  $S=1,86$  мм/об и  $S=1,19$  мм/об, видим, что величину подачи лимитирует мощность электродвигателя. Подача, допустимая мощностью электродвигателя, не ограничивает максимальную подачу  $S=0,7$  мм/об. Такая подача имеется на станке (согласно паспортным данным), следовательно, ее и примем для выполнения технологического перехода обработки  $\varnothing 68$ .

3.3. Скорость резания и частота вращения шпинделя. Для глубины резания  $t=6$  мм резца проходного прямого с главным углом в плане  $\varphi=45^\circ$  для  $S=0,7$  мм/об соответствует  $V=100$  м/мин,  $P_z=6630$  Н,  $N_3=10,7$  кВт.

Определяем поправочные коэффициенты для измененных условий резца. В данном примере необходимо учесть только поправочный коэффициент в зависимости от предела прочности обработанного материала  $\sigma_B$ . Для  $\sigma_B=550$  МПа находим  $K_{mv}=1,18$ ,  $K_{mpz}=0,92$ ,  $K_{mN_3}=1,09$ .

Следовательно, для заданных условий обработки нормативные значения  $V$ ,  $P_z$  и  $N_3$  составляют:  $V=100 \cdot 1,18=118$  м/мин;  $P_z=6630 \cdot 0,92=6100$  Н;  $N_3=10,7 \cdot 1,09=11,6$  кВт.

Найденный режим не может быть осуществлен на заданном станке, так как эффективная мощность, потребная на резание  $N_3=11,6$  кВт, выше мощности на шпинделе, допустимой номинальной мощностью электродвигателя (7,5 кВт по паспорту станка). Необходимо уменьшить скорость резания. Коэффициент изменения скорости резания зависит от отношения мощности на шпинделе, допускаемой станком, к мощности по нормативам.

В данном примере это отношение будет  $7,5/11,6=0,6$ .

Для этого соотношения коэффициент изменения скорости резания:  $K_v=0,55$  м/мин. Скорость резания, установленная по мощности станка,

$$V=188 \cdot 0,55=65 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 80} = 258 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка выбираем  $n=250$  об/мин. Тогда фактическая скорость резания

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 250}{1000} = 62,8 \text{ м/мин.}$$

Окончательно для перехода обработки  $\varnothing 80$ : глубина резания  $t=6$  мм, подача  $S=0,7$  мм/об,  $n=250$  об/мин,  $V_\phi=62,8$  м/мин.

4. Основное время

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i = \frac{281}{250 \cdot 0,7} \cdot 1 = 1,6 \text{ мин.}$$

где  $L$  - путь резца

$$L=l+l_1=275+6=281 \text{ мм}$$

здесь  $l_1$  - величина врезания резца (для данного примера). Для глубины резания  $t=6$  мм и главном угле в плане  $\varphi=45^\circ$  находим  $l_1=6$  мм;

$l$  - длина обработанной поверхности.

Задание на практическое занятие №3.

Определить режимы резания по таблицам нормативов (по заданному варианту) для обработки на токарно-винторезном станке 16К20.

Исходные данные приведены в таблице 3.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь инструкцией и дополнительной литературой, изучить методику определения режима резания. Ознакомиться со справочником [7].
2. Выполнить эскиз обработки.
3. Выбрать режущий инструмент, выполнить эскиз.
4. Назначить глубину резания.
5. Определить подачу.
6. Определить скорость, силу и мощность затрачиваемую на резание.
7. Определить частоту вращения шпинделя и скорректировать по паспорту станка.
8. Определить действительную скорость резания.

## 9. Определить основное технологическое время.

Таблица 3

№	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	2	3	4	5	6
1	Прокат. Сталь 45, $\sigma_B=600$ МПа	Растачивание на проход, Ra=3,2 мкм	97	100H10	120
2	Прокат. Сталь 2X13, $\sigma_B=600$ МПа	Обтачивание на проход, Ra=3,2 мкм	80	70h10	300
3	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_B=700$ МПа	Растачивание в упор, Ra=12,5 мкм	90	95H12	50
4	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB197	Обтачивание в упор, Ra=12,5 мкм	100	94h12	150
5	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1 HB220	Растачивание на проход, Ra=12,5 мкм	48	54H12	70
6	Отливка. Чугун ВЧ 60-2. HB240	Растачивание, Ra=3,2 мкм	70	63h10	60
7	Прокат. Сталь 40X, $\sigma_B=700$ МПа	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	66	70H12	100
8	Обработанная. СЧ 24, HB207	Обработка в упор, Ra=3,2 мкм	120	114h10	250
9	Поковка. Чугун КЧ33 HB163	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	110	116H12	150
10	Обработанная. Сталь 20X, $\sigma_B=550$ МПа	Обработка в упор, Ra=1,6 мкм	80	70h7	200
11	Прокат. Сталь 40XH, $\sigma_B=700$ МПа	Обработка на проход, Ra=3,2 мкм	74	80H10	75
12	Прокат. Сталь 18ХГТ, $\sigma_B=700$ МПа	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	170	155h12	125
13	Обработанная. Сталь 65Г, $\sigma_B=700$ МПа	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	62	70H12	80
14	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 21, HB205	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	125	113h12	275
15	Поковка. Чугун КЧ35 HB163	Обработка на проход, Ra=3,2 мкм	138	150H10	100
16	Обработанная. Сталь 1X13, $\sigma_B=500$ МПа	Обтачивание на проход, Ra=3,2 мкм	90	81h10	175
17	Прокат. Сталь 1X18H9T, $\sigma_B=550$ МПа	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	42	50H12	90
18	Отливка с коркой. Бронза БрАЖН 10-4. HB170	Обтачивание на проход, Ra=1,6 мкм	105	100h7	85
19	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 40, HB210	Обработка на проход, Ra=3,2 мкм	60	69H12	45
20	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_B=560$ МПа	Обработка на проход, Ra=1,6 мкм	115	100h7	280
21	Прокат. Сталь 38XA, $\sigma_B=680$ МПа	Обработка на проход, Ra=1,6 мкм	85	90H7	110
22	Отливка с коркой. Сталь 35ХГСЛ, $\sigma_B=800$ МПа	Обтачивание, Ra=12,5 мкм	95	90h12	70
23	Прокат. Сталь 20, $\sigma_B=420$ МПа	Обработка на проход, Ra=1,6 мкм	65	70H7	50
24	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_B=900$ МПа	Обработка в упор, Ra=12,5 мкм	55	51h12	35
25	Обработанная. Сталь 50X, $\sigma_B=650$ МПа	Обработка в упор, Ra=3,2 мкм	32	35H10	20
26	Отливка с коркой. Сталь 30Л, $\sigma_B=480$ МПа	Обработка на проход, Ra=1,6 мкм	100	92h7	195

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6
27	Прокат. Сталь 30XM, $\sigma_B=1000$ МПа	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	75	80H12	120
28	Прокат. Сталь 30, $\sigma_B=600$ МПа	Обработка в упор, Ra=3,2 мкм	116	98h10	115
29	Отливка с коркой. Чугун ЖЧХ, HB250	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	95	115H12	180
30	Прокат. Сталь 65Г, $\sigma_B=700$ МПа	Обработка на проход, Ra=12,5 мкм	150	128h12	300

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4

Назначение режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании

Цель работы: изучить методику назначения режимов резания по таблицам нормативов. Ознакомиться и приобрести навыки работы с нормативами.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Наиболее распространенный метод получения отверстий резанием – сверление.

Движение резания (главное движение) при сверлении – вращательное движение, движение подачи – поступательное. В качестве инструмента при сверлении применяются сверла. Самые распространенные из них – спиральные, предназначены для сверления и рассверливания отверстий, глубина которых не превышает 10 диаметров сверла. Шероховатость поверхности после сверления  $Ra=12,5\div 6,3$  мкм, точность по 11-14 квалитету. Градация диаметров спиральных сверел должна соответствовать ГОСТ 885-64. Для получения более точных отверстий (8-9 квалитет) с шероховатостью поверхности  $Ra=6,3\div 3,2$  мкм применяют зенкерование. Исполнительные диаметры стандартных зенкеров соответствуют ГОСТ1677-75. Развертывание обеспечивает изготовление отверстий повышенной точности (5-7 квалитет) низкой шероховатости до  $Ra=0,4$  мкм.

Исполнительные размеры диаметров разверток из инструментальных сталей приведены в ГОСТ 11174-65, с пластинками из твердого сплава в ГОСТ 1173-65.

Отличительной особенностью назначения режима резания при сверлении является то, что глубина резания  $t=D/2$ , при рассверливании, зенкерования и развертывании.

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм.}$$

При рассверливании отверстий подача, рекомендуемая для сверления, может быть увеличена в 2 раза.

Порядок назначения остальных элементов режима резания аналогичен назначению режимов резания при токарной обработке.

Средние значения припусков на диаметр, снимаемых зенкерами и развертками см. в приложении 4.

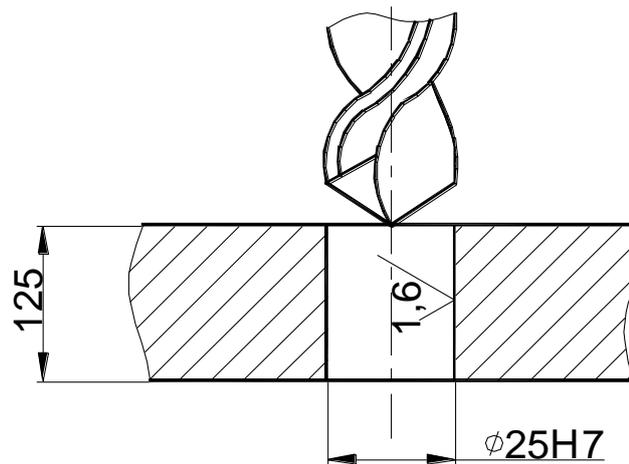
### Пример решения задачи

На вертикально-сверлильном станке 2Н125 обработать сквозное отверстие диаметром 25Н7 ( $Ra=1,6$  мкм),  $l=125$  мм. Материал заготовки СЧ18, НВ210.

Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания по таблицам нормативов, определить основное время.

Решение:

## Эскиз обработки



## 1. Выбор инструмента.

Согласно исходных данных операция выполняется в три перехода: сверление, зенкерование и развертывание.

Для сверления чугуна СЧ18 HB210 согласно [7] выбираем сверло  $D=22$  мм из стали P18, заточенное по методу В.И. Жирова,  $2\varphi = 118^\circ$ ;  $2\varphi_0 = 70^\circ$ ; для зенкерования – цельный зенкер  $D=24,9$  мм из стали P18;  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\alpha_p = 10^\circ$ ; для развертывания – цельную развертку  $D=25$  мм,  $\varphi = 5^\circ$  из стали P18.

## 2. Выбор режима резания.

Расчет режимов резания выполним в традиционной последовательности с использованием данных работы [7].

Первый переход. Выбор подачи. Для сверления чугуна HB210 сверлом диаметром 22 мм выбираем подачу  $S=0,65 \div 0,75$  мм/об. С учетом поправочного коэффициента на длину сверления  $K_{l_s} = 0,9$  получаю расчетные величины подач  $S=0,59 \div 0,68$  мм/об.

По паспорту станка устанавливаем ближайшую подачу к расчетной  $S=0,56$  мм/об.

Выбор скорости и числа оборотов.

Исходя из диаметра сверла 22 мм и установленной подачи  $S=0,56$  мм/об, методом двойной интерполяции определяем нормативные скорость резания и число оборотов (быстрее и удобнее вести расчет только по числу оборотов).

$n_H = 396$  об/мин.

Учитывая поправочные коэффициенты на заточку сверла по методу В.И. Жирова (ЖДП)  $K_{\varphi_v} = 1,05$ , на длину сверления ( $l=5D$ ),  $K_{l_v} = 0,75$  и на механические свойства серого чугуна HB210  $K_{M_v} = 0,88$ , получаем расчетное число оборотов в минуту

$$n = n_H \cdot K_{\varphi_v} \cdot K_{l_v} \cdot K_{M_v} = 396 \cdot 1,05 \cdot 0,75 \cdot 0,88 = 274 \text{ об/мин.}$$

Ближайшее число оборотов по паспорту станка  $n=250$  об/мин. Тогда фактическая скорость резания будет равна

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 250}{1000} = 17,3 \text{ м/мин.}$$

Проверка выбранного режима по осевому усилию и мощности.

Для установленных условий сверления  $D=22$  мм,  $S=0,56$  мм/об и  $n=250$  об/мин методом двойной интерполяции получаем осевое усилие  $P_H=6010$  Н и крутящий момент  $M_{кр}=6572$  кг·мм.

С учетом поправочного коэффициента на обрабатываемый материал  $K_{ММ}=K_{Мр}=1,06$  и заточки по методу Жирова (ЖДП)  $K_{фр}=0,66$  и  $K_{фМ}=1$  получим

$$P=P_H \cdot K_{Мр} \cdot K_{фр}=6010 \cdot 1,06 \cdot 0,66=4205 \text{ Н}$$

По паспорту станка наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, равно 15000Н.

$$M=M_{кр} \cdot K_{ММ} \cdot K_{фМ}=6572 \cdot 1,06 \cdot 1=6966 \text{ кг·мм.}$$

Пользуясь графиком определяем при  $M_{кр}=6966$  кг·мм и  $n=250$  об/мин мощность, потребную на резание :  $N_{рез}=1,6$  кВт.

По паспорту станка мощность на шпинделе

$$N_{э}=N_{д} \cdot \eta=4,5 \cdot 0,8=3,6 \text{ кВт; } N_{э}=3,6 > N_{рез}=1,6 \text{ кВт.}$$

Следовательно, станок не лимитирует выбранного режима резания.

Второй переход. Выбор подачи.

Для зенкерования отверстия в сером чугуна HB210 зенкером диаметром 24,9 мм (25 мм) при последующей обработке отверстия одной разверткой рекомендуется подача  $S=0,55 \div 0,6$  мм/об. Ближайшая подача по паспорту станка  $S=0,56$  мм/об.

Выбор скорости резания и числа оборотов.

Исходя из диаметра зенкера  $D=24,9$  (25) мм, для подачи  $S=0,56$  мм/об путем интерполяции определяем число оборотов  $n_H=329$  об/мин.

С учетом поправочного коэффициента на обрабатываемый материал  $K_{Мв}=0,88$  число оборотов будет равно  $n=n_H \cdot K_{Мв}=329 \cdot 0,88=289$  об/мин. Ближайшее число оборотов по паспорту станка  $n=250$  об/мин. Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24,9 \cdot 250}{1000} = 19,6 \text{ м/мин.}$$

Третий переход. Выбор подачи.

Для развертывания отверстия в сером чугуна HB>200 механической разверткой  $D=25$  мм с чистотой поверхности отверстия  $Ra=1,6$  мкм рекомендуется подача  $S=1,9$  мм/об. Ближайшая подача по паспорту станка  $S=1,6$  мм/об.

Выбор скорости резания и числа оборотов.

Для развертывания отверстия диаметром 25 мм с подачей 1,6 мм/об рекомендуется число оборотов  $n_H=105$  об/мин. С учетом поправочного коэффициента на обрабатываемый материал серый чугун HB>200  $K_{Мн}=0,88$ . Тогда

$$n=n_H \cdot K_{Мн}=105 \cdot 0,88=92 \text{ об/мин}$$

Ближайшее число оборотов по паспорту станка

$$n=90 \text{ об/мин.}$$

Фактическая скорость резания

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 90}{1000} = 7 \text{ м/мин.}$$

Определение основного (технологического) времени.

Величина врезания и перебега инструментов  $l_1$  при работе на проход для сверла с двойной заточкой равна 12 мм; для зенкера 5 мм и для развертки 30 мм.

При длине отверстия  $l=125$  мм основное (технологическое) время каждого перехода равно

$$t_{01} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 12}{0,56 \cdot 250} = 0,98 \text{ мин}$$

$$t_{02} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 5}{0,56 \cdot 250} = 0,93 \text{ мин}$$

$$t_{03} = \frac{l + l_1}{S \cdot n} = \frac{125 + 30}{1,6 \cdot 90} = 1,0 \text{ мин}$$

Основное время операции

$$T_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} = 0,98 + 0,93 + 1,0 = 2,91 \text{ мин.}$$

Задание на практическое занятие №4.

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов для обработки сквозного отверстия на вертикально-сверлильном станке 2Н135 по заданному варианту. Исходные данные в таблице 4.

Порядок выполнения работы аналогичен предыдущей.

Таблица 4

№	Материал заготовки и его характеристики	Диаметр отверстия D мм, параметр шероховатости, мкм	Длина отверстия l, мм
1	2	3	4
1	Сталь 12ХН2, $\sigma_B=800$ МПа	18Н7, Ra=1,6	50
2	Сталь 12ХН3А, $\sigma_B=950$ МПа	25Н5, Ra=0,4	60
3	Серый чугун СЧ30, HB200	30Н5, Ra=0,4	80
4	Серый чугун СЧ20, HB210	35Н7, Ra=1,6	90
5	Сталь 38ХА, $\sigma_B=680$ МПа	28Н7, Ra=1,6	55
6	Сталь 35, $\sigma_B=560$ МПа	38Н8, Ra=6,3	75
7	Серый чугун СЧ15, HB170	45Н9, Ra=3,2	45
8	Серый чугун СЧ10, HB160	17Н7, Ra=1,6	50
9	Сталь 40ХН, $\sigma_B=700$ МПа	45Н9, Ra=6,3	100
10	Сталь Ст3, $\sigma_B=600$ МПа	50Н9, Ra=6,3	60
11	Сталь 40Х, $\sigma_B=750$ МПа	22Н5, Ra=0,4	95
12	Сталь Ст5, $\sigma_B=600$ МПа	16Н5, Ra=0,4	30
13	Серый чугун СЧ20, HB180	38Н9, Ra=6,3	85
14	Серый чугун СЧ20, HB200	50Н9, Ra=3,2	50
15	Сталь 20Х, $\sigma_B=580$ МПа	20Н5, Ra=0,4	40
16	Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	30Н7, Ra=1,6	60

1	2	3	4
17	Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	28Н7, Ra=1,6	55
18	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ220	40Н9, Ra=3,2	80
19	Серый чугун СЧ30, НВ220	23Н5, Ra=0,4	45
20	Серый чугун СЧ20, НВ220	32Н7, Ra=1,6	35
21	Сталь 30ХН3А, $\sigma_B=800$ МПа	20Н7, Ra=1,6	60
22	Сталь 30ХМ, $\sigma_B=780$ МПа	55Н8, Ra=3,2	110
23	Сталь 45, $\sigma_B=650$ МПа	48Н9, Ra=6,3	96
24	Сталь 20, $\sigma_B=500$ МПа	50Н8, Ra=3,2	100
25	Силумин АЛ4, НВ50	35Н7, Ra=1,6	60
26	Чугун КЧ35, НВ163	42Н9, Ra=6,3	50
27	Сталь 38ХС, $\sigma_B=950$ МПа	22Н5, Ra=0,4	45
28	Сталь 50, $\sigma_B=900$ МПа	37Н9, Ra=6,3	70
29	Чугун ЖЧХ, НВ280	32Н7, Ra=1,6	65
30	Чугун ВЧ60, НВ250	27Н5, Ra=0,4	55

## Расчет режима резания при фрезеровании

Цель работы: Изучить методику назначения режима резания по таблицам нормативов. Ознакомиться и приобрести навыки работы с нормативами.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Фрезерование – один из самых производительных методов обработки. Главное движение (движение резания) при фрезеровании – вращательное; его совершает фреза, движение подачи обычно прямолинейное, его совершает фреза. Фрезерованием можно получить деталь точно по 6-12 качеству шероховатостью до  $Ra=0,8$  мкм. Фрезерование осуществляется при помощи многозубого инструмента – фрезы. Фрезы по виду различают: цилиндрические, торцевые, дисковые, прорезные и отрезные, концевые, фасонные; по конструкции – цельные, составные и сборные.

При торцевом фрезеровании (обработка торцевой фрезой) диаметр фрезы  $D$  должен быть больше ширины фрезерования  $B$ , т.е.  $D=(1,25\div 1,5)B$ .

Для обеспечения производительных режимов работы необходимо применять смещенную схему фрезерования (есть симметричная схема), для чего ось заготовки смещается относительно оси фрезы.

При цилиндрическом фрезеровании различают встречное фрезерование, – когда вектор скорости (направление вращения фрезы) направлен навстречу направлению подачи; и попутное фрезерование, когда вектор скорости и направление подачи направлены в одну сторону. Встречное фрезерование применяют для черновой обработки заготовок с литейной коркой, с большими припусками. Попутное фрезерование применяют для чистовой обработки нежестких, предварительно обработанных заготовок с незначительными припусками.

Глубина резания (фрезерования)  $t$  во всех видах фрезерования, за исключением торцевого фрезерования и фрезерования шпонок, представляет собой размер слоя заготовки срезаемой при фрезеровании, измеряемый перпендикулярно оси фрезы. При торцевом фрезеровании и фрезеровании шпонок шпоночными фрезами – измеряют в направлении параллельном оси фрезы.

При фрезеровании различают подачу на один зуб  $S_z$  подачу на один оборот фрезы  $S$  и минутную подачу  $S_m$  мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$S_m = S \cdot n = S_z \cdot z \cdot n$$

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

$z$  – число зубьев фрезы.

При черновом фрезеровании назначают подачу на зуб; при чистовом фрезеровании – подачу на один оборот фрезы.

Скорость резания – окружная скорость фрезы, определяется режущими свойствами инструмента. Ее можно рассчитать по эмпирической формуле [2], [3], или выбрать по таблицам нормативов [4], [7].

### Пример решения задачи.

На вертикально-фрезерном станке 6Р12 производится торцевое фрезерование плоской поверхности шириной  $B=80$  мм, длиной  $l=400$  мм, припуск на обработку  $h=1,8$  мм. Обрабатываемый материал серый чугун СЧ30, НВ220. Заготовка предварительно обработана. Обработка окончательная, параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra=3,2$  мкм. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания с использованием таблиц нормативов, определить основное (технологическое) время.

Решение

Эскиз обработки

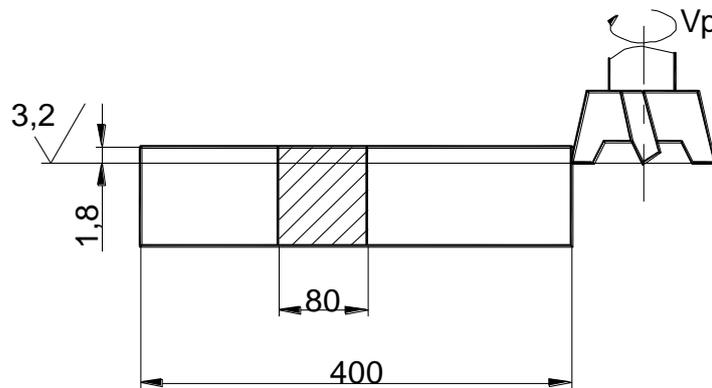


Рис. 3

#### 1. Выбор инструмента.

Для фрезерования на вертикально-фрезерном станке заготовки из чугуна выбираем торцевую фрезу с пластинками из твердого сплава ВК6 [2] или [3], диаметром  $D=(1,25\div 1,5)\cdot B=(1,25\div 1,5)\cdot 80=100\div 120$  мм. Принимаем  $D=100$  мм;  $z=10$ , ГОСТ 9473-71 [2] или [3].

Геометрические параметры фрезы:  $\varphi=60^\circ$ ,  $\alpha=12^\circ$ ,  $\gamma=10^\circ$ ,  $\lambda=20^\circ$ ,  $\varphi_1=5^\circ$ .

Схема установки фрезы – смещенная.

#### 2. Режим резания.

##### 2.1 Глубина резания.

Заданный припуск на чистовую обработку срезают за один проход, тогда

$$t=h=1,8 \text{ мм}$$

##### 2.2 Назначение подачи.

Для получения шероховатости  $Ra=6,3$  мкм подача на оборот  $S_0=1,0\div 0,7$  мм/об [4].

Тогда подача на зуб фрезы

$$S_z = \frac{S_0}{z} = \frac{1,0}{10} = 1,0 \text{ мм/зуб.}$$

##### 2.3 Период стойкости фрезы.

Для фрез торцевых диаметром до 110 мм с пластинками из твердого сплава применяют период стойкости

$$T=180 \text{ мин [4],}$$

2.4 Скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструмента.

Для обработки серого чугуна фрезой диаметром до 110 мм, глубина резания  $t$  до 3,5 мм, подаче до 0,1 мм/зуб.

$$V=203 \text{ м/мин [4],}$$

С учетом поправочных коэффициентов  $K_{mv}=1$ ;  $K_{nv}=1$ ; при  $\frac{B}{D} = \frac{80}{100} = 0,8$  ;

$K_{Bv}=1$ ;  $K_{fv}=1$  [4],

$$V=V \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{Bv} \cdot K_{fv}=203 \cdot 1=203 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения шпинделя, соответствующая найденной скорости резания

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 203}{3,14 \cdot 100} = 643 \text{ об/мин.}$$

Корректируем по паспорту станка

$$n=630 \text{ об/мин.}$$

Действительная скорость резания

$$V_p = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 630}{1000} = 197,8 \text{ м/мин.}$$

2.5 Минутная подача  $S_m=S_z \cdot z \cdot n=0,1 \cdot 10 \cdot 630=630$  мм/мин. Это совпадает с паспортными данными станка.

3. Мощность, затрачиваемая на резание.

При фрезеровании чугуна с твердостью до HB229, ширине фрезерования до 85 мм, глубине резания до 1,8 мм, подаче на зуб до 0,13 мм/зуб, минутной подаче до 660 мм/мин

$$N_p=3,8 \text{ кВт [4],}$$

3.1 Проверка достаточности мощности станка

Мощность на шпинделе станка  $N_{шп}=N_d \cdot \eta$

$N_d=7,5$  кВт;  $\eta=0,8$  (по паспорту станка)

$$N_{шп}=7,5 \cdot 0,8=6 \text{ кВт.}$$

Так как  $N_{шп}=6 \text{ кВт} > N_p=3,8 \text{ кВт}$ , то обработка возможна.

4. Основное время

$$T_0 = \frac{L}{S_m}, \text{ мкм}$$

где  $L=l+l_1$ .

Для торцового фрезерования фрезой диаметром 100 мм, ширине фрезерования 80 мм

$$l_1=23 \text{ мм [4],}$$

$$T_0 = \frac{400 + 23}{630} = 0,67 \text{ мин.}$$

Задание на практическое занятие №5

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 5.

Порядок работы аналогичен предыдущим.

Таблица 5

№	Вид заготовки и ее характеристика	B, мм	l, мм	h, мм	Вид обработки и параметр шероховатости, мкм	Модель станка
1	2	3	4	5	6	7
1	Серый чугун СЧ30, HB200	100	600	5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
2	Серый чугун СЧ20, HB210	150	500	4	Торцовое фрезерование, Ra=1,6	6P12
3	Сталь 38ХА, $\sigma_b=680$ Мпа	80	400	6	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
4	Сталь 35, $\sigma_b=360$ Мпа	90	480	3,5	Торцовое фрезерование, Ra=1,6	6P12
5	Серый чугун СЧ15, HB170	50	300	3,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г
6	Серый чугун СЧ10, HB160	80	250	1,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г
7	Сталь 40ХН, $\sigma_b=700$ Мпа	70	320	4	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6P82Г
8	Сталь Ст3, $\sigma_b=600$ Мпа	85	600	1,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г
9	Сталь 40Х, $\sigma_b=750$ Мпа	10	100	5	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P12
10	Сталь Ст5, $\sigma_b=600$ Мпа	12	80	8	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P12
11	Серый чугун СЧ20, HB180	20	120	10	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P12
12	Серый чугун СЧ20, HB200	15	75	8	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P82Г
13	Сталь 20Х, $\sigma_b=580$ Мпа	8	110	8	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P82Г
14	Сталь 50, $\sigma_b=750$ Мпа	12	120	6	Фрезеровать паз, Ra=6,3	6P82Г
15	Бронза Бр АЖН 10-4 HB170	100	300	4	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
16	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, HB220	60	180	1,5	Торцовое фрезерование, Ra=1,6	6P12
17	Серый чугун СЧ30, HB220	180	200	4,5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
18	Серый чугун СЧ20, HB220	110	280	2,5	Торцовое фрезерование, Ra=3,2	6P12
19	Сталь 30ХН3А, $\sigma_b=800$ Мпа	80	320	5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6P82Г
20	Сталь 30ХН, $\sigma_b=780$ МПа	115	300	3	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г
21	Сталь 45, $\sigma_b=650$ МПа	40	280	1,8	Цилиндрическое фрезерование, Ra=1,6	6P82Г
22	Сталь 20, $\sigma_b=500$ МПа	35	400	3,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=6,3	6P82Г

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7
23	Силумин АЛ4, HB50	55	250	4	Торцовое фрезерование, Ra=6,3	6P12
24	Сталь 30ХМ, $\sigma_b=950$ МПа	70	310	4,5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
25	Сталь 18ХГТ, $\sigma_b=700$ МПа	85	350	2,5	Торцовое фрезерование, Ra=3,2	6P12
26	Чугун ВЧ60, HB250	120	300	5	Торцовое фрезерование, Ra=12,5	6P12
27	Сталь 50, $\sigma_b=900$ МПа	60	250	6	Торцовое фрезерование, Ra=6,3	6P12
28	Чугун КЧ60, HB169	200	450	5,5	Торцовое фрезерование, Ra=3,2	6P12
29	Сталь 18ХГТ, $\sigma_b=700$ МПа	85	300	4,5	Цилиндрическое фрезерование, Ra=12,5	6P82Г
30	Чугун ВЧ38, HB170	65	200	3	Цилиндрическое фрезерование, Ra=3,2	6P82Г

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6

### Расчет режима резания при нарезании зубьев зубчатых колес

Цель работы: изучить методику расчета режима резания при зубонарезании по таблицам нормативов. Приобрести навыки работы по нормативам.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Профиль зубьев зубчатого колеса образуется путем удаления материала впадины следующими способами обработки: фрезерованием, строганием, долблением, протягиванием, шевингованием и шлифованием.

Различают два метода нарезания зубьев:

копирования – когда форма режущей кромки инструмента соответствует форме впадины зубчатого колеса (дисковые, пальцевые модульные фрезы, зубодолбежные головки);

обкатки – поверхность зуба получается в результате обработки инструментом, режущие кромки которого представляют собой профиль сопряженной рейки или профиль зуба сопряженного колеса и во время обработки инструмент с заготовкой образуют сопряженную зубчатую пару (червячные фрезы, долбяки, шеверы и др.).

Метод обкатки имеет следующие преимущества по сравнению с методом копирования:

одним и тем же инструментом данного модуля можно нарезать зубчатые колеса с любым числом зубьев;

обеспечивается более высокая точность и низкая шероховатость поверхности зубьев нарезаемого колеса;

достигается более высокая производительность обработки благодаря непрерывности процесса и участию в работе одновременно большего количества лезвий.

Дисковая и пальцевая модульные фрезы представляют собой фасонные фрезы, профиль зуба которых повторяет профиль впадины нарезаемого колеса. Обработка производится по методу копирования. Пальцевые модульные фрезы применяют для получения шевронных и зубчатых колес большего модуля. Главным движением (движением резания) является вращение фрезы вокруг своей оси. Движением подачи является движение фрезы вдоль оси заготовки.

При обработке червячной фрезой (метод обкатывания) движение резания – вращение фрезы, движение подачи – поступательное движение фрезы вдоль оси заготовки.

Зуборезный долбяк выполнен в виде зубчатого цилиндрического колеса и снабжен режущими кромками. Главное движение (движение резания) при зубодолблении – возвратно-поступательное движение долбяка, движений подачи два: движение обкатывания по делительным окружностям долбяка и нарезаемого колеса и радиальное перемещение. Зубодолбление применяют для нарезания наружных и внутренних зубьев прямых и косозубых колес.

Глубина резания при черновом нарезании зубьев ( $Ra=12,5$  мкм), как правило, принимается равной глубине впадины  $t=h=2,2 \cdot m$ , где  $m$  – модуль нарезаемого колеса, мм.

Обычно черновые червячные фрезы профилируются такими, чтобы ими можно было нарезать зубья на полную глубину, но оставляя припуск на окончательную обработку лишь боковым сторонам зуба. Если мощности и жесткости станка недостаточно, припуск на черновую обработку срезают за два прохода: первый проход  $h=1,4m$ , второй проход,  $h=0,7m$ .

Чистовую обработку в два прохода применяют только при зубодолблении цилиндрических колес дисковыми долбьяками с модулем 6 мм и выше при шероховатости выше  $Ra=1,6$  мкм.

Поддачи выбирают с учетом качества и точности нарезаемого колеса, мощности станка, модуля и числа зубьев нарезаемого колеса [5].

Скорость резания устанавливают в зависимости от режущих свойств инструмента. Размеров нарезаемого зуба. Глубины резания, поддачи и других факторов по таблицам нормативов [5], или по эмпирической формуле [3].

Основное время при зубофрезеровании червячной фрезой

$$T_0 = \frac{L \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot K}, \text{ мин}$$

где  $z$  - число зубьев нарезаемого колеса;

$n$  - частота вращения фрезы, об/мин;

$S_0$  – подача фрезы за оборот заготовки, мм/об;

$K$  - число заходов фрезы.

При чистовой обработке применяют однозаходную фрезу, при черновой – многозаходную.

$L$  – величина хода фрезы

$$L=b+l_1,$$

Где  $b$  – ширина венца нарезаемого колеса, мм;

$l_1$  – величина врезания и перебега, мм

Основное время при зубодолблении

$$T_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_d \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_d \cdot S_p}, \text{ мин,}$$

где  $m$  – модуль нарезаемого колеса, мм;

$z$  – число зубьев нарезаемого колеса;

$K_d$  – число двойных ходов в минуту долбяка, дв.ход/мин;

$S$  – круговая подача, мм/дв.ход;

$S_p$  – радиальная подача, мм/дв.ход;

$i$  – число проходов;

$h$  – припуск на обработку, мм.

#### Пример решения задачи

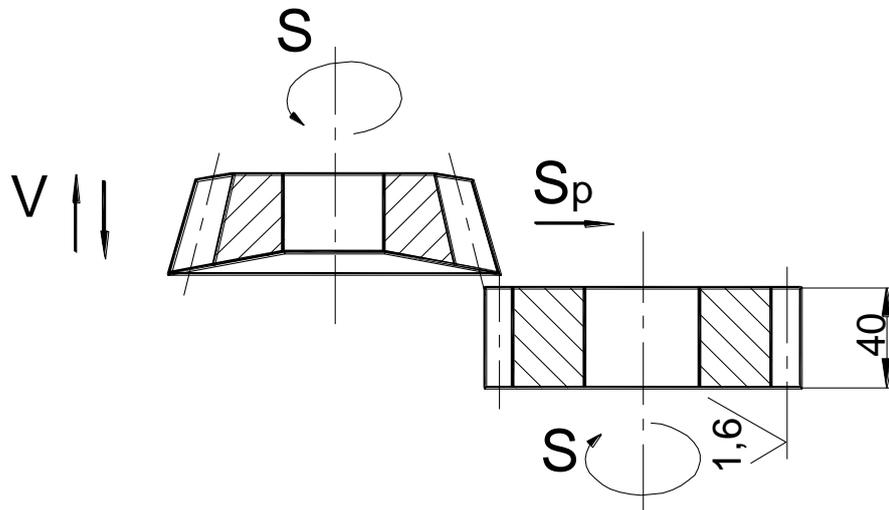
На зубодолбежном станке 5122 нарезают долбяком прямозубое зубчатое колесо модуля  $m=3$  мм с числом зубьев  $z=40$ , шириной венца  $b=40$  мм.

Обработка чистовая ( $Ra=1,6$  мкм) по сплошному металлу. Материал заготовки – сталь 40Х, твердость НВ190.

Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания (по таблицам нормативов), определить основное время.

Решение

Эскиз обработки



## 1. Выбор инструмента

Для зубодолбления цилиндрического колеса принимаем дисковый прямозубый долбяк модуля 3 тип 1 ГОСТ 9323-79 [2] или [3] из быстрорежущей стали Р6М5 [2] или [3].

Угол заточки по передней поверхности зубьев  $\gamma_3=5^\circ$  [2], [3], [5].

### 2. Режим резания.

2.1 Круговая подача для станка модели 5122 с мощностью двигателя 3 кВт, т.е. III классификационной группы [5], для чистовой обработки по сплошному металлу, обработки стали с твердостью до НВ207, при модуле нарезаемого колеса до  $m=3$  мм,  $S=0,25 \div 0,3$  мм/дв.ход [5].

С учетом поправочных коэффициентов  $K_{m_s}=1$  и паспортных данных станка принимаем  $S=0,25$  мм/ дв.ход.

### 2.2 Радиальная подача.

$$S_p=(0,1 \div 0,3) \cdot S [5],$$

$$S_p=(0,1 \div 0,3) \cdot 0,25=0,025 \div 0,075 \text{ мм/дв.ход.}$$

С учетом паспортных данных станка принимаем

$$S_p=0,036 \text{ мм/дв.ход.}$$

### 2.3 Период стойкости долбяка для чистовой обработки $T=240$ мин. [3].

2.4 Скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструмента. Для чистовой обработки по сплошному металлу, круговой подаче  $S=0,25$  мм/дв.ход и модуле до 4 мм

$$V=20,5 \text{ м/мин.}$$

С учетом поправочных коэффициентов  $K_{m_v}=1$ ;  $K_{\beta_v}=1$

$$V_p = V \cdot K_{m_v} \cdot K_{\beta_v} = 20,5 \text{ м/мин.}$$

Число двойных ходов долбяка в минуту, соответствующее найденной скорости резания,

$$K = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot L},$$

где  $L$  – величина хода долбяка, мм

$$L = b + l_1 = 40 + 8 = 48 \text{ мм,}$$

Где  $l_1$  – перебег долбяка на две стороны.

При ширине венца до 51 мм

$l_1 = 8$  мм [5],

$$K = \frac{1000 \cdot 20,5}{2 \cdot (40 + 8)} = 213,9 \text{ мм/дв.ход}$$

В соответствии с паспортными данными принимаем

$$K_{\delta} = 200 \text{ мм/дв.ход.}$$

Действительная скорость резания

$$V_{\delta} = \frac{2 \cdot L \cdot K_{\delta}}{1000} = \frac{2 \cdot 48 \cdot 200}{1000} = 19,2 \text{ м/мин.}$$

3. Проверка достаточности мощности станка

3.1 Мощность, затрачиваемая на резание

При чистовой обработке по сплошному металлу для данных условий обработки

$$N = 1,1 \text{ кВт [5],}$$

С учетом поправочных коэффициентов  $K_{M_N} = 1$ ;  $K_{\beta_N} = 1$ ;  $K_{Z_N} = 1,1$

$$N_p = N \cdot K_{M_N} \cdot K_{\beta_N} \cdot K_{Z_N} = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 = 1,21 \text{ кВт.}$$

3.2 Мощность на шпинделе станка

$$N_{ш} = N_{\delta} \cdot \eta \text{ кВт,}$$

где  $N_{\delta} = 3$  кВт;  $\eta = 0,65$  – паспортные данные станка

$$N_{ш} = 3 \cdot 0,65 = 1,95 \text{ кВт.}$$

Так как  $N_{ш} = 1,95 \text{ кВт} > N_p = 1,21 \text{ кВт}$ , то обработка возможна.

4. Основное время

$$T_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_{\delta} \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_{\delta} \cdot S_p}, \text{ мин}$$

где  $i$  – число проходов

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 40}{200 \cdot 0,25} \cdot 1 + \frac{2,2 \cdot 3}{200 \cdot 0,036} = 8,46 \text{ мин}$$

Задание на практическое занятие №6

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 6.

Порядок выполнения работы аналогичен предыдущим.

Таблица 6

№	Материал заготовки и его свойства	Вид обработки и шероховатость поверхности, мкм	Мо-дуть, мм	Число зубьев, z	Шири-на венца, b	Угол наклона зубьев, $\beta^\circ$	Число одно-временно обрабаты-ваемых зубьев, $\delta$	Мо-дель станка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Сталь 12ХНЗА, HB210	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=3,2	3	20	30	0	6	53A50
2	Сталь 30ХГТ, HB200	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	8	25	40	0	1	5122
3	Серый чугун СЧ25, HB210	Предварительное (под последующее зубодолбление)	6	30	32	15	5	53A50
4	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительное (под последующее шевингование)	3	60	50	0	1	5122
5	Сталь 45, HB190	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2,5	80	60	0	3	5122
6	Сталь 40Х, HB200	Предварительное (под шевингование)	7	28	55	0	1	5122
7	Сталь 35Х, HB185	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2	54	20	30	10	53A50
8	Сталь 12Х18Н9Т, HB180	Предварительное (под шевингование)	4	45	32	0	1	5122
9	Бронза Бр АЖН 10-4, HB170	Предварительное (под последующее зубодолбление)	2,5	65	35	15	6	53A50
10	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, HB220	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	1,5	84	25	0	1	5122
11	Сталь 14Х17Н2, HB220	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	5	32	50	0	1	5122
12	Сталь 20Х, HB170	Предварительное (под шевингование)	5,5	24	24	0	1	5122

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	Серый чугун СЧ10, HB170	Предварительное (под последующее зубодолбление)	8	46	25	15	8	53A50
14	Серый чугун СЧ15, HB190	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	6	30	38	0	1	5122
15	Сталь 38ХА, HB190	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	1,5	55	24	0	1	5122
16	Сталь 35, HB180	Предварительное (под	4	42	40	0	1	5122

		шевингование)						
17	Сталь 20, HB200	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	1,5	120	60	0	3	53A50
18	Серый чугун СЧ30, HB220	Предварительное (под последующее зубодобление)	5	66	18	15	10	53A50
19	Сталь 20X, HB165	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	8	22	30	0	1	5122
20	Сталь 45, HB210	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=3,2	2	85	50	0	1	5122
21	Сталь 35X, HB185	Предварительное (под шевингование)	3	65	42	0	1	5122
22	Сталь 45XH, HB220	Окончательная (по предварительно прорезанному зубу)* Ra=1,6	6	24	28	0	1	5122
23	Серый чугун СЧ30, HB220	Предварительное (под последующее зубодобление)	8	50	45	30	4	53A50
24	Серый чугун СЧ10, HB160	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2,5	70	65	15	3	53A50
25	Сталь 45, HB215	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	2	80	30	0	6	53A50
26	Серый чугун СЧ20, HB240	Окончательная (по сплошному металлу) Ra=1,6	3	22	45	0	6	53A50
* В вариантах окончательной обработки по предварительно прорезанному зубу принять припуск на зубодобление по межцентровому расстоянию $h=1\div 1,4$ мм.								

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7

## Расчет режима резания при шлифовании

Цель работы: изучить методику расчета режима резания при шлифовании аналитическим способом. Приобрести навыки работы со справочной литературой.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Шлифование – процесс резания материалов с помощью абразивного инструмента, режущими элементами которого являются абразивные зерна. Движение резания при шлифовании – вращение шлифовального круга, движение подачи – возвратно-поступательное движение стола станка с заготовкой и (или) поступательное движение шлифовальной бабки со шлифовальным кругом.

Различают круглое наружное шлифование, внутреннее круглое шлифование, плоское шлифование, бесцентровое шлифование. Круглое наружное шлифование применяется для обработки цилиндрических наружных поверхностей и осуществляется двумя способами: с продольной подачей (метод врезания) – применяется если длина шлифуемой поверхности меньше ширины круга.

Разработку режимов резания при шлифовании начинают с выбора характеристики шлифовального круга.

Для этого устанавливают:

- тип (форму) шлифовального круга [2] или [3],
- материал абразивного зерна [2] или [3], [6],
- зернистость [2],
- индекс зернистости [2],
- твердость [2], [6],
- структура [2], [6],
- класс круга [2].

(Если выбор характеристики шлифовального круга производится по [3], то ее следует перевести в новое обозначение).

Выбор характеристики шлифовального круга можно провести по приложению 1 к данной инструкции.

После выбора элементов характеристики следует записать полную характеристику, которая содержит такие параметры: форму (тип), марку зерна, зернистость, индекс зернистости, твердость круга, структуру, тип связки, класс круга, допустимую окружную скорость.

Основными элементами режима резания при шлифовании являются: окружная скорость в м/с (указывается в конце характеристики круга и является максимальной допускаемой прочностью круга);

скорость вращательного или поступательного движения детали в м/мин;

глубина шлифования  $t$  мм – слой металла, снимаемый шлифовальным кругом за один или двойной ход при круглом или плоском шлифовании или же равная всему припуску на сторону при врезном шлифовании;

продольная подача  $S$  – перемещение шлифовального круга вдоль своей оси в мм на оборот заготовки при круглом шлифовании или в мм на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга;

радиальная подача  $S_p$  – перемещение шлифовального круга в радиальном направлении в мм на один оборот детали при врезном шлифовании.

Эффективная мощность (мощность необходимая для резания) рассчитывается по эмпирической формуле [2], [3] или определяется по таблицам нормативов.

Основное время при круглом шлифовании с продольной подачей

$$T_o = \frac{L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot K, \text{ мин} \quad (7.1)$$

где  $h$  – припуск на сторону, мм;

$V_c$  – скорость продольного хода стола, м/мин;

$t$  – глубина шлифования, мм;

$K$  – коэффициент выхаживания;

$K=1,4$  – при чистовом шлифовании;

$K=1,1$  – при предварительном шлифовании;

$L$  – величина хода стола, мм

$$L=1-(1-K \cdot m) \cdot B_k, \text{ мм} \quad (7.2)$$

где  $l$  – длина шлифуемой поверхности;

$K$  – число сторон перебега круга ( $K=2$  – при сбеге круга в обе стороны,  $K=1$  – при сбеге круга в одну сторону,  $K=0$  – без сбега);

$m$  – перебег в долях ширины круга;

$B_k$  – ширина шлифовального круга, мм.

При круглом наружном шлифовании методом врезания

$$T_o = \frac{h}{n_3 \cdot S_p} \cdot K, \text{ мин},$$

где  $n_3$  – частота вращения заготовки, об/мин;

$S_p$  – радиальная подача, мм/об.

При круглом шлифовании

$$T = \frac{L \cdot h}{n_3 \cdot S \cdot t} \cdot K, \text{ мин}$$

где  $S$  – продольная подача, мм/об.



Рис.5

### 1. Выбор шлифовального круга.

Для круглого наружного шлифования с продольной подачей (шлифовать с радиальной подачей нельзя из-за большой длины шлифуемой поверхности), параметра шероховатости  $Ra=0,4$  мкм, конструкционной закаленной стали до HRC45 принимаем шлифовальный круг формы ПП, [2],

характеристика – 24 А401К, [6],

индекс зернистости – Н, [2],

структура – 5, [6],

класс – А, [2],

Полная маркировка круга ПП24 А40НС15КА 35 м/с.

Размеры шлифовального круга  $D_k=600$  мм;  $B_k=63$  мм (по паспорту станка).

### 2. Режим резания

2.1 Скорость шлифовального круга  $V_k=35$  м/с [2].

Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot V_k \cdot 60}{\pi \cdot D_k}, \text{ об/мин}$$

$$n_{ш} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1114,6 \text{ об/мин}$$

Корректируя по паспортным данным станка, принимаем

$$n_{ш}=1112 \text{ об/мин.}$$

(корректируется только в меньшую сторону).

Режимы резания для окончательного круглого наружного шлифования конструкционных сталей с подачей на каждый ход определяют по [2] или [3].

2.2 Окружная скорость заготовки  $V_z=15\div 55$  м/мин; принимаем  $V_z=30$  м/мин.

Частота вращения шпинделя передней бабки, соответствующая принятой окружной скорости заготовки,

$$n_z = \frac{1000 \cdot V_z}{\pi \cdot D_z}, \text{ об/мин}$$

$$n_z = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 80} = 119,4 \text{ об/мин.}$$

Так как частота вращения заготовки регулируется бесступенчато, принимаем  $n_z=120$  об/мин.

### 2.3 Глубина шлифования

$$t=0,005\div 0,015 \text{ мм.}$$

Принимаем, учитывая бесступенчатое регулирование поперечной подачи шлифовального круга на ход стола,

$$t=0,005 \text{ мм.}$$

## 2.4 Продольная подача

$$S=(0,2\div 0,4)\cdot V_k, \text{ мм/об.}$$

Принимаем  $S=0,25\cdot V_k=0,25\cdot 63=15,75 \text{ мм/об.}$

## 2.5 Скорость продольного хода стола

$$V_c = \frac{S \cdot n_3}{1000} = \frac{15,75 \cdot 120}{1000} = 1,89 \text{ м/мин.}$$

С учетом паспортных данных (бесступенчатое регулирование скорости продольного хода стола) принимаем

$$V_c=1,9 \text{ м/мин.}$$

## 3. Проверка достаточности мощности станка

### 3.1 Мощность затрачиваемая на резание

$$N_p=C_N \cdot V_3^z \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q, \text{ кВт [2], [3]},$$

где  $C_N$  – коэффициент, учитывающий условия шлифования;

$x, y, z, q$  – показатели степени;

$V, t, S$  – элементы режима резания;

$d$  – диаметр шлифования, мм.

Для круглого наружного шлифования закаленной стали с подачей на каждый ход шлифовальным кругом зернистостью 40, твердостью СМ1

$$C_N=2,65; z=0,5; x=0,5; y=0,55; q=0,$$

$$\text{тогда } N_p=2,65 \cdot 30^{0,5} \cdot 0,005^{0,5} \cdot 15,75^{0,55} \cdot 1=2,65 \cdot 5,48 \cdot 0,07 \cdot 4,55=4,63 \text{ кВт.}$$

### 3.2 Мощность на шпинделе станка

$$N_{\text{шп}}=N_d \cdot \eta, \text{ кВт}$$

где  $N_d=7,5 \text{ кВт}$ ;  $\eta=0,8$  – паспортные данные станка (см. приложение 2 к данным методическим указаниям).

$$N_{\text{шп}}=7,5 \cdot 0,8=6 \text{ кВт.}$$

Так как  $N_{\text{шп}}=6 \text{ кВт} > N_p=4,63 \text{ кВт}$ , то обработка возможна.

## 4. Основное время

$$T_0 = \frac{L \cdot h}{1000 \cdot V_c \cdot t} \cdot K, \text{ мин}$$

$$L=l-(1-K \cdot m) \cdot V_k, \text{ мм}$$

где  $m$  – доля перебега круга, принимаем  $m=0,5$  (т.е. половина круга);  $K=1$  – число сторон перебега круга (см. эскиз обработки),

тогда

$$L=l-(1-1 \cdot 0,5) \cdot V_k=1-0,5 \cdot V_k=300-0,5 \cdot 63=268,5 \text{ мм}$$

$K=1,4$  – коэффициент выхаживания

$$T_0 = \frac{268,5 \cdot 0,2}{1000 \cdot 1,9 \cdot 0,005} \cdot 1,4 = 7,92 \text{ мин.}$$

Задание на практическое занятие №7

Выполнить расчет режима резания аналитическим способом по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 7.

Порядок выполнения работы аналогичен предыдущим.

Таблица 7

№	Материал заготовки и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости поверхности, мкм	Размер шлифуемой поверхности, мм	Припуск на сторону, мм	Кол-во одновременно обрабатываемых деталей	Модель станка
1	2	3	4	5	6	7
1	Сталь 45XH закаленная, HRC45	Окончательная, Ra=0,8	D=60h8 l=240	0,22	1	3M131
2	Сталь 40X незакаленная	Окончательная, Ra=0,4	D=55h7 l=40	0,15	1	3M131
3	Серый чугун СЧ30, HB220	Предварительная, Ra=1,6	D=120H8 l=140	0,25	1	3K228B

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7
4	Серый чугун СЧ15, HB190	Окончательная, Ra=0,8	D=80H7 l=60	0,2	1	3K228B
5	Сталь 12X18H9T незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	B=250 l=300	0,4	2	3П722
6	Сталь 40X закаленная, HRC52	Окончательная, Ra=0,4	D=55H7 l=50	0,18	1	3K228B
7	Сталь 47A закаленная, HRC60	Окончательная, Ra=0,8	B=200 l=300	0,25	6	3П722
8	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительная, Ra=1,6	B=280 l=650	0,5	1	3П722
9	Бронза Бр АЖН 10-4 HB170	Окончательная, Ra=0,8	D=45h7 l=120	0,2	1	3M131
10	Сталь 40 закаленная, HRC35	Окончательная, Ra=0,4	D=84h7 l=300	0,1	1	3M131
11	Сталь Ст5 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	D=120h8 l=48	0,25	1	3M131
12	Сталь 45X закаленная, HRC45	Окончательная, Ra=0,8	D=85H7 l=60	0,18	1	3П722
13	Сталь 40XHMA закаленная, HRC55	Окончательная, Ra=0,8	B=120 l=270	0,2	6	3П722
14	Латунь ЛМцЖ 52-4-1	Предварительная, Ra=1,6	D=120H8 l=80	0,25	1	3K228B
15	Сталь 48A закаленная, HRC60	Окончательная, Ra=0,4	D=80H7 l=70	0,15	1	3K228B
16	Сталь 35 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	D=75h8 l=55	0,3	1	3M131
17	Сталь 45 закаленная, HRC40	Окончательная, Ra=0,8	D=38h7 l=100	0,15	1	3M131

18	Серый чугун СЧ10, HB180	Предварительная, Ra=1,6	D=65h7 l=90	0,2	1	3М131
19	Серый чугун СЧ30, HB220	Окончательная, Ra=0,8	B=45 l=250	0,25	10	3П722
20	Сталь 40 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	D=58H8 l=60	0,3	1	3К228В
21	Сталь 40Х закаленная, HRC50	Окончательная, Ra=0,4	D=65H7 l=70	0,25	1	3К228В
22	Сталь Ст3 незакаленная	Предварительная, Ra=1,6	B=55 l=150	0,45	20	3П722
23	Сталь 45Х закаленная, HRC52	Предварительная, Ra=1,6	B=80 l=250	0,35	8	3П722
24	Серый чугун СЧ20, HB200	Предварительная, Ra=1,6	D=110h8 l=280	0,2	1	3М131
25	Сталь 30ХГТС закаленная, HRC55	Окончательная, Ra=0,4	D=65h7 l=50	0,25	1	3М131
26	Сталь 40Х закаленная, HRC40	Окончательная, Ra=0,8	D=65h7 l=200	0,3	1	3М131

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Резание металлов и режущий инструмент. – М.: Машиностроение, 1976.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2. Под ред. А.А. Малова. – М.: Машиностроение, 1972.
4. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. – М.: Машиностроение, 1967.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 2. – М.: Машиностроение, 1967.
6. Справочник по обработке металлов резанием. Абрамов Ф.Н. и др. – К.: Техника, 1983.
7. Справочник нормировщика-машиностроителя: в 2 т./Под ред. Е.М. Стружестраха. – М.: ГОСИздат, 1961. – Т.2. – 892 с.

## ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

### Токарно-винторезный станок 16К20

Высота центров, мм - 215  
 Расстояние между центрами, мм - до 2000.  
 Мощность двигателя,  $N_d=10$  кВт  
 КПД станка  $\eta=0,75$ .  
 Частота вращения шпинделя, об/мин: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.  
 Продольные подачи, мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,36; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8.  
 Поперечные подачи, мм/об: 0,025; 0,03; 0,0375; 0,045; 0,05; 0,0625; 0,075; 0,0875; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4.  
 Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи.  
 $P_x=600$  кгс $\approx$ 6000 Н.

### Вертикально-фрезерный станок 6В12

Площадь рабочей поверхности стола 320x1250 мм.  
 Мощность двигателя,  $N_d=7,5$  кВт  
 КПД станка  $\eta=0,8$ .  
 Частота вращения шпинделя, об/мин: 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600.  
 Подачи стола продольные и поперечные, мм/мин: 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.  
 Подачи стола вертикальные, мм/мин: 8; 10; 13,3; 21; 26,6; 33,3; 41,6; 53,3; 66,6; 83,3; 105; 133,3; 166,6; 210; 266,6; 333,3; 400.

### Горизонтально-фрезерный станок 6Р82Г

Мощность, частота вращения и подачи такие же, как у станка 6Р12.

### Зубофрезерный станок 53А50

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса, мм – 500.  
 Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм – 8.  
 Мощность двигателя,  $N_d=8$  кВт  
 КПД станка  $\eta=0,65$ .  
 Частота вращения шпинделя, об/мин: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 240; 315; 405.

Вертикальные подачи суппорта (фрезы) за один оборот заготовки, мм/об: 0,75; 0,92; 1,1; 1,4; 1,7; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,1; 3,4; 3,7; 4,0; 5,1; 6,2; 7,5.

Радиальные подачи, мм/об: 0,22; 0,27; 0,33; 0,4; 0,48; 0,55; 0,66; 0,75; 0,84; 1,0; 1,2; 1,53; 1,8; 2,25.

### Зубодолбежный станок 5122

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса, мм – 200.

Наибольший модуль нарезаемого колеса, мм – 5.

Мощность двигателя,  $N_d=3$  кВт.

КПД станка  $\eta=0,65$ .

Число двойных ходов долбяка в 1 мин: 200; 280; 305; 400; 430; 560; 615; 850.

Круговые подачи за один двойной ход долбяка, мм/дв.ход: 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6.

Радиальные подачи, мм/дв.ход: 0,006; 0,009; 0,013; 0,036; 0,051; 0,072; 0,15.

### Круглошлифовальный станок 3М131

Наибольший диаметр шлифуемой заготовки, мм – 280.

Наибольшая длина заготовки, мм – 700.

Мощность двигателя шлифовальной бабки  $N_d=7,5$  кВт.

КПД станка  $\eta=0,8$ .

Частота вращения круга, об/мин: 1112 и 1285.

Частота вращения обрабатываемой заготовки регулируется бесступенчато, об/мин: 40÷400.

Скорость продольного хода стола регулируется бесступенчато, об/мин: 50÷5000.

Периодическая поперечная подача шлифовального круга регулируется бесступенчато, мм/ход.стола: 0,002÷0,1.

Непрерывная подача для врезного шлифования, мм/мин: 0,1÷4,5.

Размеры шлифовального круга (нового)  $D_k=600$  мм,  $B_k=63$  мм.

### Внутришлифовальный станок 3К228В

Наибольший диаметр шлифуемого отверстия, мм – 200.

Наибольшая длина шлифуемой поверхности, мм – 200.

Мощность двигателя шлифовального шпинделя  $N_d=5,5$  кВт.

КПД станка  $\eta=0,85$ .

Частота вращения обрабатываемой заготовки регулируется бесступенчато, об/мин: 100÷600.

Частота вращения шлифовального круга, об/мин: 4500; 6000; 9000; 13000.

Скорость продольного хода шлифовальной бабки регулируется бесступенчато, об/мин: 1÷7.

Поперечная подача шлифовального круга мм/ход: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006.

Наибольшие размеры шлифовального круга  $D_k=175$  мм,  $B_k=63$  мм.

### Плоскошлифовальный станок ЗП722

Размер стола 320x1250 мм.

Мощность двигателя  $N_d=15$  кВт.

КПД станка  $\eta=0,85$ .

Частота вращения шлифовального круга, об/мин: 1500.

Скорость движения стола – регулируется бесступенчато, м/мин: 3÷45.

Поперечная подача шлифовальной бабки – регулируется бесступенчато, мм/ход: 2÷48.

Вертикальная подача круга, мм, на реверс шлифовальной бабки: 0,004; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06; 0,065; 0,07; 0,075; 0,08; 0,085; 0,09; 0,095; 0,1.

Размер шлифовального круга (нового)  $D_k=450$  мм,  $B_k=80$  мм.

### Горизонтально-протяжной станок 7A510

Номинальная тяговая сила,  $H=100000$ .

Длина рабочего хода, мм – 1250.

Высота планшайбы,  $l_{пл}=70$  мм.

Толщина фланца, планшайбы,  $l_a=50$  мм.

Толщина стола станка  $l_c=70$  мм.

### Вертикально-сверлильный станок 2Н135

Мощность двигателя  $N_d=4,5$  кВт.

КПД станка  $\eta=0,8$ .

Частота вращения шпинделя, об/мин: 31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1440.

Подачи, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6.

Максимальная осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка

$$P_{\max}=15000 \text{ Н.}$$

Выбор характеристик шлифовальных кругов для различных условий шлифования (скорость круга  $V=35$  м/с).

### Приложение 2.

Вид шлифования	Ra, мкм	Конструкционная (углеродистая и легированная) сталь с твердостью HRC			Жаропрочная и коррозионно-стойкая сталь	Чугун и бронза
		30	30-50	50		
1	2	3	4	5	6	7
Крулое	20-10	15A50C1K	15A50CM2K	15A50CM1K	15A50CM1B, K	54C50CM1K

наружное продольной подачей	c	2,5-1,25	15A40-50C2K	15A40-50C1K	15A40-50CM2K	15A40-50C1Б, К	54C40-50CM1K
		1,25-0,63	15A, 24A40CT1K	24A40C1K	24A40CM2K	24A40CM2Б, К	63C, 24A40CM2K
		0,63-0,32	24A16-25CT1K	24A16-25C2K	24A16-25C1K	24A16-25CM2Б, К	63C, 25A16-25CM2K
Круглое наружное радиальной подачей	c	20-10	15A50C2K	15A50C1K	15A50CM2K	15A50CM2Б, К	54C50CM2K
		2,5-1,25	15A40-50CT1K	15A40-50CM2K	15A40-50CM2K	15A40-50CM2Б, К	54C40-50CM2K
		1,25-0,63	15A, 24A40CT1K	24A40C1K	24A40C1K	24A40C1Б, К	63C, 24A40C1K
Круглое внутреннее		0,63-0,32	24A16-25CT2K	24A16-25C2K	24A16-25C2K	24A16-25C1Б, К	63C, 24A16-25C1K
		20-10	24A50C1K	24A50CM2K	24A50CM2K	24A50CM1К, Б	54C50CM1K
		2,5-1,25	24A40C2K	24A40C1K	24A40CM2K	24A40CM2К, Б	54C40CM2K
Плоское периферией круга		1,25-0,63	24A25C2K	24A25C2K	24A25C1K	24A25C1К, Б	63C, 24A25CM2K
		0,63-0,32	24A16CT1K	24A16C2K	24A16C2K	24A16C1К, Б	63C, 24A16C1K
		20-10	15A50CM2K	15A50CM1K	15A50M3K	15A50M3К, Б	63C, 54C, 24A50CM2K
		2,5-1,25	15A40CM2K	15A40CM1K	15A40M3K	15A40M3К, Б	63C, 54C, 24A40CM2K
Плоское торцом круга		1,25-0,63	15A25C1K	15A25CM2K	15A25CM1K	15A25CM1К, Б	63C, 54C, 24A25C1K
		0,63-0,32	15A16C1K	15A16CM2K	15A16CM1K	15A16CM1К, Б	63C, 54C, 24A16C1K
		20-10	15A50CM1Б	15A50CM1Б	15A50CM2Б	15A50M2Б	63C, 54C, 24A50CM2Б
		2,5-1,25	15A40CM1Б	15A40CM1Б	15A40M2Б	15A40M2Б	63C, 54C, 24A40CM2Б
Бесцентровое с продольной подачей		1,25-0,63	15A25CM2Б	15A25CM1Б	15A25M3Б	15A25M3Б	63C, 54C, 24A25C1Б
		0,63-0,32	15A25CM2Б	15A25CM1Б	15A25M3Б	15A25M3Б	63C, 54C, 24A25C1Б
		20-10	15A50C2K	15A50C1K	15A50CM2K	15A50CM2Б, К	63C, 54C50CM2K
		2,5-1,25	15A, 24A40-50CT1K	15A40-50C2K	15A40-50CM2K	15A40-50CM2Б, К	63C, 54C40-50CM2K
Бесцентровое с радиальной подачей		1,25-0,63	15A, 24A40CT1K	15A, 24A40C2K	15A, 24A40C1K	15A, 24A40C1Б, К	63C, 54C15A40C1K
		0,63-0,32	24A16-25CT2K	24A16-25CT1K	24A16-25C2K	24A16-25C1Б, К	63C, 54C15A1625C2K
		20-10	15A50CT1K	15A50C2K	15A50C1K	15A50C1Б, К	63C, 54C50C1K
		2,5-1,25	15A40-50CT1K	15A40-50C2K	15A40-50C1K	15A40-50CM1Б, К	63C, 54C40-50C1K
	1,25-0,63	15A, 24A40CT2K	15A, 24A40CT1K	15A, 24A40C2K	15A, 24A40C2Б, К	63C, 54C15A40C2K	
	0,63-0,32	24A16-25CT2K	24A16-25CT1K	24A16-25C2K	24A16-25C2Б, К	63C, 54C15A1625C2K	

### Приложение 3

Параметры шероховатости поверхности и соответствующие им классы шероховатости

Класс шероховатости	Параметры шероховатости для документации, разработанной до 1975 г. (ГОСТ 2789-73)		Параметры шероховатости по ГОСТ 2789-73 (соответствует предпочтительному ряду)
	Rz	Ra	
1		320	50
2		160	25
3		80	12,5
4		40	6,3
5		20	3,2
6	2,5		1,6
7	1,25		0,8
8	0,63		0,4
9	0,32		0,2
10	0,16		0,1
11	0,08		0,05
12	0,04		0,025
13		0,1	0,012

14		0,05	0,012
----	--	------	-------

## Приложение 4

Среднее значение припусков на диаметр, снимаемых зенкерами и развертками, в мм

Припуск	Диаметр отверстия, в мм			
	11-18	19-30	31-50	51-80
Под зенкерование	0,5-0,8	1,0-1,5	1,6-1,8	3-4
Общий под черновое и чистовое развертывание	0,30	0,35	0,40	0,55
Под черновое развертывание	0,25	0,25	0,30	0,40
Под чистовое развертывание	0,05	0,10	0,10	0,15

Приведенные припуски определяют глубину резания для зенкеров и разверток.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
Общие указания	1
Практическое занятие №1	
Определение сил, действующих при точении, и мощности	1
Практическое занятие №2	
Расчет режима резания при точении аналитическим способом	4
Практическое занятие №3	
Расчет режима резания при токарных работах с помощью нормативно-справочной литературы	9
Практическое занятие №4	
Назначение режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании	14
Практическое занятие №5	
Расчет режима резания при фрезеровании	18
Практическое занятие №6	
Расчет режима резания при нарезании зубьев зубчатых колес	22
Практическое занятие №7	
Расчет режима резания при шлифовании	27
Литература	34
Приложение 1	

Паспортные данные металлорежущих станков	35
Приложение 2	
Выбор характеристик шлифовальных кругов для различных условий шлифования (скорость круга=35 м/с)	37
Приложение 3	
Параметры шероховатости поверхности и соответствующие им классы шероховатости	38
Приложение 4	
Средние значения припусков на диаметр, снимаемых зенкером и развертками	38