

## Задание к контрольной работе №2

### ЧАСТЬ 2

#### Сверление, зенкерование и развёртывание

**Задача 2.1.** На вертикально-сверлильном станке 2Н135 производят обработку отверстия диаметром  $D$  и глубиной  $l$  (табл. 5.1.). Обработку точных отверстий проводят в три операции. Сверлят отверстие диаметром  $d_c$  или рассверливают предварительно изготовленное отверстие до диаметра  $d_1$ , затем зенкеруют полученное отверстие зенкером до диаметра  $d_3$  и наконец окончательно развёртывают отверстие до диаметра  $D$ . Необходимо выбрать режущий инструмент, назначить режимы резания и определить машинное время.

#### Методические указания

Решение задачи проводится в следующей последовательности.

- I. по справочникам(1,2) выбрать режущие инструменты (сверло, зенкер и развёртку) и установить их геометрические параметры.
- II. назначить режимы резания (по СТМ том 2)
1. Глубина резания для рассверливания, зенкерования и развёртывания.

$$t = \frac{D - d}{2}$$

2. выбрать подачу по табл. 1-3 приложения 1(П1) и скорректировать по паспорту станка (3,с.282).
3. Для сверления проверить прямую подачу по осевой силе, допускаемой прочностью механизма подачи станка  $P_0 \leq P_{M.П}$

$$P_0 = C_p D^q S^y K^p$$

Где  $C_p$ ,  $q$ ,  $y$  – определяется по табл. 8 П1.

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{S_B}{750} \right)^{0.75} \text{ - сталь}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^{0.6} \text{ - серый чугун}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{150} \right)^{0.6} \text{ - ковкий чугун}$$

Для цветного сплава  $K_{MP}$  определяется по табл. П.3,(4,с.15)

4. Назначить период стойкости сверла, зенкера и развёртки по табл. 6.П1
5. Рассчитать скорость резания

$$V_u = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v$$

$C_v$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$  определяются по табл. 4-5 П1

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{nv}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{750}{S_B} \right)^{n_v} - \text{сталь}$$

$n_v = 0.9$  для быстрорежущей стали

$n_v = 1$  для твёрдого сплава

$$K_{mp} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{1.3} - \text{серый чугун}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{1.3} - \text{ковкий чугун}$$

$K_{MV}$  для цветных сплавов определяются по табл. П7(4, с.20)

$K_{UV}$  определяется по табл. П9(4, с.21)

$K_{LV}$  определяется по табл. 7 П1

6. определить частоту вращения шпинделя по формуле

$$n = \frac{1000V_u}{pD}$$

скорректировать полученное значение по паспорту

7. Определить действительную скорость резания по формуле

$$V_\delta = \frac{pDn_\delta}{1000}$$

8. Определить крутящий момент от сил сопротивления резанию только при сверлении по формуле

$$M = 10C_m D^{q_H} S^{y_H} K_m$$

$C_m, q, y$  определяются по табл. 8 П1.

9. Определить мощность, затрачиваемую на резание по формуле

$$N_{рез} = \frac{M_n}{9750}$$

10. Проверить достаточность мощности привода станка по условию

$$N_{рез} \leq N_{ин}$$

$$N_{ин} = N_{\delta\sigma} h, h = 0.8$$

11. Рассчитать машинное время обработки.

$$T_m = \frac{L}{nS}$$

$$L = l + y + \Delta$$

12. Изобразить схемы резания с указанием длин рабочих ходов.

Варианты заданий

Таблица 5.1

№ вар.	Материал заготовки	I, мм	d <sub>с</sub> , мм	d <sub>1</sub> , мм	d <sub>3</sub> , мм	D, мм
1	Латунь НВ160	60	18	-	19.8	20Н9
2	Бронза S <sub>n</sub> >10%	45	20	-	21.8	22Н9
3	Сталь σ <sub>в</sub> =750 МПа	75	22	-	24.7	25Н9
4	Серый чугун НВ 170	80	28	-	29.7	30Н9
5	Ковкий чугун НВ160	60	30	-	31.8	32Н9
6	Латунь Z <sub>n</sub> >40%	45	32	-	34.7	35Н9
7	Силумин σ <sub>в</sub> =155 МПа	80	37	30	39.8	40Н9
8	Сталь σ <sub>в</sub> =880 МПа	100	40	30	41.7	42Н9
9	Серый чугун НВ 190	90	42	30	44.8	45Н9
10	Ковкий чугун НВ180	80	22	-	25.8	24Н9
11	Дюралюминий НВ100	50	48	40	49.7	50Н9
12	Силумин σ <sub>в</sub> =100 МПа	100	52	45	54.8	55Н9
13	Латунь НВ 150	40	58	30	59.7	60Н9
14	Сталь σ <sub>в</sub> =650 МПа	70	16	-	17.8	18Н9
15	Серый чугун НВ 220	60	14	-	15.8	16Н9
16	Ковкий чугун НВ165	60	12	-	13.8	14Н9
17	Бронза Рb<10%	100	50	40	51.7	52Н9
18	Сталь σ <sub>в</sub> =650 МПа	50	34	20	35.8	36Н9
19	Серый чугун НВ 210	50	10	-	11.8	12Н9
20	Серый чугун НВ 155	40	25	-	27.7	28Н9

Примечание: чётные варианты - отверстие сквозное, нечётные – глухие

## Задание к контрольной работе №2 Часть 3

### Фрезерование

**Задача 3.1.** На вертикально-фрезерном станке мод. 6М13П производят торцевое фрезерование плоской поверхности шириной В и длиной l. Припуск на обработку – h.(табл. 6,1 №1 - 10).Выбрать режущий инструмент. Назначить режимы резания и определить машинное время.

**Задача 3.2.** На горизонтально-фрезерном станке мод. 6М82Г производят фрезерование цилиндрической фрезой плоской поверхности шириной В и длиной l. Припуск на обработку – h.(табл. 6,1 №11 - 20).Выбрать режущий инструмент. Назначить режимы резания и определить машинное время.

**Задача 3.3.** На горизонтально-фрезерном станке мод. 6М82Г производят черновое фрезерование дисковой фрезой паза шириной В, длиной l и глубиной – h.(табл. 6,2 ).Выбрать режущий инструмент. Назначить режимы резания и определить машинное время.

### Методические указания

Решение задачи проводится в следующей последовательности.

- I. по справочникам(1,2) выбрать фрезу и установить её геометрические параметры.
  - для цилиндрической фрезы  $L_{\phi}=L+10...20$  мм
  - для торцевой  $D=(1.25...1.5)B$
- II. Назначить режимы резания
  1. глубина резания  $h=t$
  2. назначить подачу (табл.9-12 П2.)скорректировать ее по паспорту станка (3,с,282)
  3. назначить период стойкости фрезы (табл.14 П2)
  4. рассчитать скорость резания

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y B^u Z^p} K_v$$

$C_v, q, m, x, y, u, p$  определяются по табл. 4-5 П1

$$K_v = K_{mv} K_{uv} K_{nv}$$

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{S_B} \right)^{n_v} \text{ - сталь}$$

$n_v = 0.9$  для быстрорежущей стали

$n_v = 1$  для твёрдого сплава

$$K_{mp} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{1.3} \text{ - серый чугун}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{1.3} \text{ - ковкий чугун}$$

Для медных сплавов и алюминиевых сплавов

$K_{MV}$  определяются по табл. П7(4, с.20)

$K_{NV}$  определяется по табл.П8(4,с.21)

$K_{UV}$  определяется по табл. 79(4,с.21)

5. определить частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000V_u}{pD}$$

скорректировать полученное значение по паспорту

6. определить действительную скорость резания

$$V_\delta = \frac{pDn_\delta}{1000}$$

7. определить минутную подачу

$$S_m = S_z z n_\delta$$

скорректировать полученное значение по паспорту

8. определить окружную силу

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp}$$

где  $C_p, q, x, y, u, w$  определяются по табл. 15П2

$$K_{mp} = \left( \frac{S_B}{750} \right)^{0.3} \text{ - сталь}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^{1/0.55} \text{ - серый чугун}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{150} \right)^{1/0.55} \text{ - ковкий чугун}$$

**Примечание:** в числителе указан показатель степени для твёрдого сплава, а в знаменателе – для быстрорежущей стали.

Для медных сплавов и алюминиевых сплавов  $K_{mp}$  определяется по табл. П3

9. определить мощность, затрачиваемую на резание

$$N_{рез} = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} (\kappa Bm)$$

10. проверить достаточность мощности привода станка по условию

$$N_{рез} \leq N_{эф}$$

$$N_{эф} = N_{дв} h, h = 0.8$$

11. рассчитать машинное время обработки

$$T_m = \frac{L}{S_m}$$

$$L = l + y + \Delta$$

12. Изобразить схему резания с указанием длин рабочих ходов

Таблица 6,1

№ вар.	Материал заготовки	Заготовка	Вид обработки	В, мм	l, мм	h, мм
1	Сталь $\sigma_B=500$ МПа	поковка	черновая	50	180	3,5
2	Серый чугун НВ 170	отливка	черновая	90	200	4
3	Ковкий чугун НВ160	отливка	черновая	70	150	3,5
4	Силумин $\sigma_B=155$ МПа	штамповка	Получистовая Ra=2	100	400	1,5
5	Сталь $\sigma_B=800$ МПа	прокат	Получистовая Ra=2.5	165	300	1,7
6	Серый чугун НВ 200	отливка	черновая	150	400	3,5
7	Бронза	отливка	черновая	85	320	4
8	Сталь $\sigma_B=900$ МПа	штамповка	Получистовая Ra=2	60	220	1,5
9	Ковкий чугун НВ170	отливка	черновая	120	350	3,5
10	Силумин $\sigma_B=250$ МПа	отливка	черновая	80	350	3,5
11	Сталь $\sigma_B=700$ МПа	поковка	черновая	60	100	3
12	Серый чугун НВ 150	отливка	черновая с коркой	50	120	3,5
13	Силумин $\sigma_B=150$ МПа	штамповка	Получистовая Ra=2.5	75	140	1,5
14	Бронза НВ 150	Отливка (с коркой)	черновая	115	280	4
15	Сталь $\sigma_B=850$ МПа	поковка	черновая	100	350	3,5
16	Серый чугун НВ 190	Отливка (с коркой)	черновая	80	280	4
17	Ковкий чугун НВ160	отливка	Получистовая Ra=2	95	320	1,7
18	Латунь НВ 110	прокат	черновая	130	420	3,5
19	Силумин НВ >65	отливка	черновая	110	240	3
20	Бронза Pb>10%	Отливка (с коркой)	черновая	95	380	3,5

Таблица 6.2

№ вар	Материал заготовки	заготовка	В, мм	l, мм	h, мм
1	Силумин НВ >65	отливка	20	150	8
2	Бронза Pb>10%	отливка	18	300	10
3	Сталь $\sigma_B=580$ МПа	поковка	22	40	10
4	Серый чугун НВ 160	отливка	24	450	12

5	Ковкий чугун HB160	отливка	25	380	10
6	Латунь HB 100	прокат	30	450	15
7	Силумин $\sigma_B=220$ МПа	отливка	20	500	12
8	Сталь $\sigma_B=800$ МПа	штамповка	28	300	8
9	Серый чугун HB 220	отливка	36	250	10
10	Ковкий чугун HB180	отливка	40	400	6

## Приложение 1

Таблица П.1

Подача мм/об при сверлении стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов сверлами из быстрорежущей стали.

Диаметр сверла D, мм	Сталь				Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	HB < 160	HB 160-240	HB 240-300	HB > 300	HB ≤ 170	HB > 170
2-4	0,09-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	0,04-0,06	0,12-0,18	0,09-0,12
4-6	0,13-0,19	0,10-0,15	0,07-0,11	0,06-0,09	0,18-0,27	0,12-0,18
6-8	0,19-0,26	0,15-0,20	0,11—0,14	0,09-0,12	0,27-0,36	0,18-0,24
8-10	0,26-0,32	0,20-0,25	0,14-0,17	0,12-0,15	0,36-0,45	0,24-0,31
10-12	0,32-0,36	0,25-0,28	0,17-0,20	0,15-0,17	0,45-0,55	0,31-0,35
12-16	0,36-0,43	0,28-0,33	0,20-0,23	0,17-0,20	0,55-0,66	0,35-0,41
16-20	0,43-0,49	0,33-0,38	0,23-0,27	0,20-0,23	0,66-0,76	0,41 -0,47
20-25	0,49-0,58	0,38-0,43	0,27-0,32	0,23-0,26	0,76-0,89	0,47-0,54
25-30	0,58-0,62	0,43-0,48	0,32-0,35	0,26-0,29	0,89-0,96	0,54-0,60
30-40	0,62-0,78	0,48-0,58	0,35-0,42	0,29-0,35	0,96-1,19	0,60-0,71
40-50	0,78-0,89	0,58-0,66	0,42-0,48	0,35-0,40	1,19-1,36	0,71-0,81

Примечание: приведённые подачи применяют при сверлении отверстий глубиной  $l \leq 3D$  с точностью не выше 12-го квалитета в условиях [ жесткой технологической схемы. В противном случае вводят поправочные коэффициенты:

1. на глубину отверстия -  $K_{is}=0.9$  при  $L \leq 5D$ ;  $K_{is}=0.8$  при  $L \leq 7D$ ; ;  $K_{is}=0.75$  при  $L \leq 10D$
2. на достижении более высокого качества отверстия в связи с последующей операцией развертывания или нарезания резьбы –  $K_{os}=0.5$
3. на недостаточную жесткость системы СПИД: при средней жесткости  $K_{Жс}=0.75$ ; при малой жесткости  $K_{Жс}=0.5$



4. на инструментальный материал —  $K_{us} = 0,6$  для сверла с режущей частью из твердого сплава

Таблица П.2

Подачи, мм/об, при обработке отверстий зенкерами из быстрорежущей стали и твёрдого сплава

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера $D$ , мм								
	До 15	Св. 15 до 20	Св. 20 до 25	Св. 25 до 30	Св. 30 до 35	Св. 35 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80
Сталь	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,9	0,8-1,0	0,9-1,1	0,9-1,2	1,0-1,3	1,1-1,3	1,2-1,5
Чугун, $HB \leq 200$ и медные сплавы	0,7-0,9	0,9-1,1	1,0-1,2	1,1-1,3	1,2-1,5	1,4-1,7	1,6-2,0	1,8-2,2	2,0-2,4
Чугун, $HB > 200$	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,1	1,0-1,2	1,2-1,4	1,3-1,5	1,4-1,5

Примечания:

1. Приведенные значения подачи применять для обработки отверстий с допуском не выше 12-го качества. Для достижения более высокой точности (9—11-й качества), а также при подготовке отверстий под последующую обработку их одной разверткой или под нарезание резьбы метчиком вводить поправочный коэффициент  $K_{os} = 0,7$ .

2. При зенкерование глухих отверстий подача не должна превышать 0,3—0,6 мм/об.

Подачи, мм/об, при предварительном (черновом) развёртывании отверстий  
развёртками из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	Диаметр развертки $D$ , мм									
	До 10	Св. 10 до 15	Св. 15 до 20	Св. 20 до 25	Св. 25 до 30	Св. 30 до 35	Св. 35 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0
Чугун, $HB \leq 200$ и медные сплавы	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3	5,0
Чугун, $HB > 200$	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8

## Примечания:

1. Подачу следует уменьшать: а) при чистовом развёртывании в один проход с точностью по 9 —11-му квалитетам и параметром шероховатости поверхности  $Ra$  — 3,2 ÷ 6,3 мкм или при развёртывании под полирование и хонингование, умножая на коэффициент  $K_{os} = 0,8$ ; б) при чистовом развёртывании после чернового с точностью по 7-му квалитету и параметром шероховатости поверхности  $Ra = 0,4 \div 0,8$  мкм, умножая на коэффициент  $K_{os} = 0,7$ ; в) при твердосплавной рабочей части, умножая на коэффициент  $K_{us} = 0,7$ .

2. При развёртывании глухих отверстий подача не должна превышать 0,2—0,5 мм/об.

Значение коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инст-	Подача $s$ , мм/об	Коэффициент и показатели степени				Охлаждение
			$C_v$	$q$	$y$	$m$	
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа	P6M5	$\leq 0,2$	7,0	0,40	0,70	0,20	Есть
$> 0,2$		9,8	0,50				
Сталь жаропрочная 12X18H9T, $HB$ 141		-	3,5	0,50	0,45	0,12	
Чугун серый, $HB$ 190	BK8	$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,12	Нет
		$> 0,3$	17,1		0,40		
Чугун ковкий, $HB$ 150	BK8	-	34,2	0,45	0,30	0,20	
		P6M5	$\leq 0,3$	21,8	0,25	0,55	0,12
$> 0,3$	25,3	0,40	5				
Медные гетерогенные сплавы средней твердости ( $HB$ 100-140)	P6M5	-	40,4	0,45	0,3	0,20	Нет
		$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,12	Есть
$> 0,3$	32,6	0,40	5				
Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_B = 100 - 200$ МПа, $HB \leq 65$ ; дюралюминий, $HB \leq 100$	P6M5	$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,12	Есть
$> 0,3$	40,7	0,40	5				

**Примечание.** Для сверл из быстрорежущей стали рассчитанные по приведенным данным скорости резания действительны при двойной заточке и подточенной перемычке. При одинарной заточке сверл из быстрорежущей стали

рассчитанную скорость резания следует уменьшать, умножая ее на коэффициент  $K_{3v} = 0,75$ .

Таблица П.5

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формуле скорости резания при рассверливании, зенкеровании и развёртывании

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал режущей части инст-	Коэффициент и показатели степени					Охлаждение
			$C_v$	q	x	y	m	
Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_b = 750$ МПа	Рассверливание	P6M5 BK8	16,2 10,8	0,4 0,6	0,2	0,5 0,3	0,2 0,25	Есть
	Зенкерование	P6M5 T15K6	16,3 18,0	0,3 0,6		0,5 0,3	0,3 0,25	
	Развертывание	P6M5 T15K6	10,5 100,6	0,3 0,3	0,2 0	0,65 0,65	0,4	
Конструкционная закаленная сталь, $\sigma_b = 1600 \div 1800$ МПа, HRC 49 -54	Зенкерование	T15K6	10,0	0,6	0,3	0,6	0,45	
	Развертывание		14,0	0,4	0,75	1,05	0,85	
Серый чугун, HB 190	Рассверливание	P6M5 BK8	23,4 56,9	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,12 5 0,4	Нет
	Зенкерование	P6M5 BK8	18,8 105,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,12 5 0,4	
	Развертывание	P6M5 BK8	15,6 109,0	0,2 0,2	0,1 0	0,5 0,5	0,3 0,45	

Ковкий чугун, <i>HV</i> 150	Расверливание	P6M5 BK8	34,7 77,4	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,12 5 0,4	Есть
	Зенкерование	P6M5 BK8	27, 9 143, 0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,12 5 0,4	Есть
	Развертывание	P6M5 BK8	23, 2 148, 0	0,2 0,2	0,1 0	0,5 0,5	0,3 0,45	Нет

Таблица П.6

**Среднее значение периода стойкости свёрл, зенкоров и развёрток**

Инструмент (операция)	Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость T, мин, при диаметре инструмента, мм							
			До 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-80
Сверло (сверление и расверливание)	Конструкционная углеродистая и легированная	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70	90	110	-
		Твердый сплав	8	15	20	25	35	45	-	-
	Коррозионно-стойкая сталь	Быстрорежущая сталь	6	8	15	25	-	-	-	-

Сверло (сверление и рас- сверливание)	Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	Быстрорежущая сталь	20	35	60	75	105	140	170	
		Твердый сплав	15	25	45	50	70	90	-	-
Зенкеры (зенкерование)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь, серый	Быстрорежущая сталь и твердый сплав	-	-	30	40	50	60	80	100
Развертки (развертывание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	-	25	40	80	80	120	120.	120
		Твердый сплав	-	20	30	50	70	90	ПО	140
	Серый и ковкий чугун	Быстрорежущая сталь	-	-	60	120	120	180	180	180
		Твердый сплав	-	-	45	75	105	135	165	210

Таблица П.7

Поправочный коэффициент  $K_{tv}$  на скорость при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия

Параметр	Сверление					Рассверливание , зенкерование, развертывание
	3D	4D	5D	6D	8D	
Глубина обрабатываемого отверстия Коэффициент $K_b$						-
	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	1,0

Таблица П.8

Значения коэффициентов и показателей степени в формулах крутящего момента и осевой силы при сверлении, рассверливании и зенкеровании.

Обрабатываемый материал	Наименование операции	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени в формулах							
			крутящего момента				осевой силы			
			$c_m$	$q$	$x$	$y$	$C_p$	$q$	$x$	$y$
Конструкционная углеродистая	Сверление	Быстрорежущая сталь	0,0345	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
сталь, $\sigma_B = 750$ МПа	Рассверливание и зенкерование		0,09	1,0	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65
Жаропрочная сталь 12X18H9T, HB 141	Сверление		0,041	2,0	-	0,7	143	1,0	-	0,7
	Рассверливание и зенкерование		0,106	1,0	0,9	0,8	140	-	1,2	0,65

Серый чугун, <i>HB</i> 190	Сверление	Твердый сплав	0,012	2,2	-	0,8	42'	1,2	-	0,75
	Рассверливание и зенкерование		0,196	0,8 5	0,8	0,7	46	-	1,0	0,4
	Сверление	Быстрорежущая сталь	0,021	2,0	-	0,8	42,7	1,0	-	0,8
	Рассверливание и зенкерование		0,085	-	0,7 5	0,8	23,5	-	1,2	0,4
Ковкий чугун, <i>HB</i> 150	Сверление	Твердый сплав	0,021	2,0	-	0,8	43,3	1,0	-	0,8
	Рассверливание и зенкерование		0,01	2,2	-	0,8	32,8	1,2	-	0,75
			0,17	0,8 5	0,8	0,7	38	-	1,0	0,4
Гетерогенные медные сплавы	Сверление	Быстрорежущая сталь	0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
средней твёрдости, <i>HB</i> 120	Рассверливание и зенкерование		0,031	0,8 5	-	0,8	17,2	-	1,0	0,4
Силумин и дюралюминий	Сверление		0,005	2,0	-	0,8	9,8	1,0	-	0,7

**Примечание.** Рассчитанные по формуле осевые силы при сверлении действительны для сверл с подточенной перемычкой; с неподточенной перемычкой осевая сила при сверлении возрастает в 1,33 раза.



## Приложение 2

Таблица П.9

Подачи при черновом фрезеровании торцевыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами с пластинами из твёрдого сплава.

Мощность станка, кВт	сталь		Чугун и медные сплавы	
	Подача на зуб фрезы $S_z$ мм, при твёрдом сплаве			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
5-10	0,09-0,18	0,12-0,18	0,14-0,24	0,20-0,29
Св. 10	0,12-0,18	0,16-0,24	0,18-0,28	0,25-0,38

Примечание:

1. приведённые значения подач для цилиндрических фрез действительны при ширине фрезерования  $B \leq 30$  мм; при  $B > 30$  мм табличные значения подач следует уменьшить на 30%
2. приведённые значения подач для дисковых фрез действительны при фрезеровании плоскостей и уступов; при фрезеровании пазов табличные значения подач следует уменьшить в 2 раза.
3. при фрезеровании с приведёнными в таблице подачами достигается параметр шероховатости поверхности  $Ra=0.8...1.6$  мкм

Таблица П.10

Подачи при черновом фрезеровании торцевыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали.

Мощность станка или фрезерной головки, кВт	Жёсткость системы заготовка - приспособление	Фрезы			
		Торцевые и дисковые		Цилиндрические	
		Подача на зуб фрезы $S_z$ мм, при твёрдом сплаве			
		Конструкционной стали	Чугуна и медных сплавов	Конструкционной стали	Чугуна и медных сплавов
Фрезерование с крупным зубом и фрезы со вставными ножами					
Св. 10	Повышенная	0,2-0,3	0,4-0,6	0,4-0,6	0,6-0,8
	Средняя	0,15-0,25	0,3-0,5	0,3-0,4	0,4-0,6
	Пониженная	0,1-0,15	0,2-0,3	0,2-0,3	0,25-0,4
5-10	Повышенная	0,12-0,2	0,3-0,5	0,25-0,4	0,3-0,5
	Средняя	0,08-0,15	0,2-0,4	0,12-0,2	0,2-0,3
	Пониженная	0,06-0,1	0,15-0,25	0,1-0,15	0,12-0,2
До 5	Средняя	0,06-0,07	0,15-0,3	0,08-0,12	0,1-0,18
	Пониженная	0,04-0,06	0,1-0,2	0,06-0,1	0,08-0,15
Фрезы с мелким зубом					
5-10	Повышенная	0,08-0,12	0,2-0,35	0,1-0,15	0,12-0,2
	Средняя	0,06-0,1	0,15-0,3	0,06-0,1	0,10-0,15
	Пониженная	0,04-0,08	0,1-0,2	0,06-0,08	0,08-0,12
До 5	Средняя	0,04-0,06	0,12-0,2	0,05-0,08	0,06-0,12
	Пониженная	0,03-0,05	0,08-0,15	0,03-0,06	0,05-0,1

Примечание:

1. большие значения подач брать для меньшей глубины и ширины фрезерования, меньшие – для больших значений глубины и ширины.
2. при фрезеровании жаропрочной и коррозионно – стойкой стали подачи те же, что и для конструкционной стали, но не выше 0,3мм/зуб

Поддачи при фрезеровании твёрдосплавными концевыми фрезами плоскостей и уступов стальных заготовок.

Черновое фрезерование								
Вид твёрдосплавных элементов	Диаметр фрезы, мм	Подача на зуб фрезы $S_z$ мм, при глубине фрезерования $t$ , мм						
		1-3	5	8	12	20	30	40
Коронка	10-12	0,01-0,03	-	-	-	-	-	-
	14-16	0,02-0,06	0,02-0,04	-	-	-	-	-
Винтовые пластинки	18-22	0,04-0,07	0,03-0,05	0,02-0,04	-	-	-	-
	20	0,06-0,01	0,05-0,08	0,03-0,05	-	-	-	-
	25	0,08-0,12	0,06-0,1	0,05-0,1	0,05-0,08	-	-	-
	30	0,1-0,15	0,08-0,12	0,06-0,1	0,05-0,09	-	-	-
	40	0,1-0,18	0,08-0,13	0,06-0,11	0,05-0,1	0,04-0,07	-	-
	50	0,1-0,2	0,1-0,15	0,08-0,12	0,06-0,1	0,05-0,09	0,05-0,08	0,05-0,06
	60	0,12-0,2	0,1-0,16	0,1-0,12	0,08-0,12	0,06-0,1	0,06-0,1	0,06-0,08
Чистовое фрезерование								
Диаметр фрезы, мм	10-16	20-22	25-35	40-60				
Подача фрезы $S$ , мм/об	0,02-0,06	0,06-0,12	0,12-0,24	0,3-0,6				

Примечание:

1. при черновом фрезеровании чугуна подачи, приведённые для черного фрезерования стали, могут быть увеличены на 30-40%; при чистовом фрезеровании чугуна сохраняется величина подачи, рекомендованная для чистового фрезерования стали.
2. верхние пределы подач при черновом фрезеровании применять при малой ширине фрезерования на станках высокой жесткости, нижние пределы – при большой ширине фрезерования на станках недостаточной жесткости.
  - а. при работе с подачами для чистового фрезерования достигается параметр шероховатости  $Ra=0.8...1.6$  мкм

Таблица П.12

Подачи , мм/об, при чистовом фрезеровании плоскостей и уступов торцевыми, дисковыми и цилиндрическими фрезами.

Параметр шероховатости поверхности $Ra, \text{мкм}$	Торцевые и дисковые фрезы со вставными ножами		Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали при диаметре фрезы, мм, в зависимости от обрабатываемого материала					
	Из твёрдого сплава	Из быстрорежущей стали	Конструкционная углеродистая и легированная сталь			Чугун, медные и алюминиевые сплавы		
			40-75	90-130	150-200	40-75	90-130	150-200
6,3	-	1,2-2,7	-	-	-	-	-	-
3,2	0,5-1	0,5-1,2	1-2,7	1,7-3,8	2,3-5	1-2,3	1,4-3	1,9-3,7
1,6	0,4-0,6	0,23-0,5	0,6-1,5	1-2,1	1,3-2,8	0,6-1,3	0,8-1,1	1,1-2,1
0,8	0,2-0,3	-	-	-	-	-	-	-
0,4	0,15	-	-	-	-	-	-	-

Значение коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части	Операции	Параметры срезаемого слоя			Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания							
			B	t	$S_z$	$C_v$	q	x	y	u	p	m	
Обработка конструкционной углеродистой стали $\sigma_B=750$ МПа													
Торцевые	T15K6* <sup>1</sup>	Фрезерование плоскостей	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2	
	P6M5* <sup>2</sup>		-	-	$\leq 0,1$	64,7	0,25	0,1	0,2	0,15	0	0,2	
-			-	$> 0,1$	41		0,4						
Цилиндрические	T15K6* <sup>1</sup>		$\leq 35$	$\leq 2$		390		0,19					
				$> 2$		443	0,17	0,38	0,28	-0,05	0,1	0,33	
			$> 35$	$\leq 2$	-	616	0,17	0,19	0,28	0,08	0,1	0,33	
				$> 2$		700		0,38					
	P6M5* <sup>2</sup>		-	-	$< 0,1$	55		0,2	0,2	0,1	0,1	0,33	
			-	-	$\geq 0,1$	35,4	0,45	0,3	0,4				
Дисковые со вставными ножами	T15K6* <sup>1</sup>		Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	$< 0,12$	1340		0,4	0,12	0	0	0,35
		-		-	$\geq 0,12$	740	0,2	0,4	0,4				
	P6M5* <sup>2</sup>	Фрезерование пазов	-	-	$< 0,06$	1825		0,3	0,12	0,1	0	0,35	
			-	-	$\geq 0,06$	690	0,2	0,3	0,4				
Дисковые со вставными ножами	P6M5* <sup>2</sup>	Фрезерование плоскостей, уступов и	-	-	$\leq 0,1$	75,5		0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	
			-	-	$> 0,1$	48,5	0,25	0,3	0,4				

Дисковые цельные	P6M5*2	пазов	-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевые с коронками	T15K6*1		-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Концевые с напаянными пластинами			-	-	-	243	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Концевые цельные	P6M5*2		-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные	P6M5*2	Прорезание и отрезание	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Фасонные с выпуклым профилем	P6M5*2	Фасонное фрезерование	-	-	-	53	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Угловые и фасонные с вогнутым профилем		Фрезерование угловых канавок и фасонное	-	-	-	44	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Шпоночные двухпёрые	P6M5*2	Фрезерование шпоночных пазов	-	-	-	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26
Обработка жаропрочной стали 12X18H9T в состоянии поставки												
Торцевые	BK8*1	Фрезерование плоскостей	-	-	-	108	0,2	0,06	0,3	0,2	0	0,32
	P6M5*2		-	-	-	49,6	0,15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,14
Цилиндрические	P6M5*2		-	-	-	44	0,29	0,3	0,34	0,1	0,1	0,24
Концевые	P6M5*2	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	22,5	0,35	0,21	0,48	0,03	0,1	0,27

Обработка серого чугуна HB 190													
Торцевые	ВК6 <sup>*1</sup>	Фрезерование плоскостей	-	-	-	445	0.2	0.15	0.35	0.2	0	0.32	
	Р6М5 <sup>*1</sup>		-	-	-	42	0.2	0.1	0.4	0.1	0.1	0.15	
Цилиндрические	ВК6 <sup>*1</sup>		≤2			923			0.19				
			<2.5	>2		588	0.37	0.13	0.47	0.23	0.14	0.42	
			≥2.5	≤2		1180	0.37	0.4	0.19	0.23	0.14	0.42	
			>2		750			0.47					
	Р6М5 <sup>*1</sup>			-	-	≤0,15	57..6	0.7	0.5	0.2	0.3	0.3	0.25
						>0,15	27			0.6			
Дисковые со вставными ножами	Р6М5 <sup>*1</sup>		Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	-	85	0.2	0.5	0.4	0.1	0.1	0.15
Дисковые цельные	Р6М5 <sup>*1</sup>			-	-	-	72	0.2	0.5	0.4	0.1	0.1	0.15
Концевые	Р6М5 <sup>*1</sup>	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	72	0.7	0.5	0.2	0.3	0.3	0.25	
Прорезные и отрезные	Р6М5 <sup>*1</sup>	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	30	0.2	0.5	0.4	0.2	0.1	0.15	
Обработка ковкого чугуна HB 150													
Торцевые	ВК6 <sup>*1</sup>	Фрезерование плоскостей	-	-	≤0,18	994	0.22	0.17	0.1	0.22	0	0.33	
			-	-	>0,18	695			0.32				
	Р6М5 <sup>*2</sup>		-	-	≤0,1	90.5	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2	

					>0,1	57.4			0.4			
Цилиндрические	P6M5*2		-	-	≤0,1	77	0.45	0.3	0.2	0.1	0.1	0.33
					>0,1	49.5			0.4			
Концевые	P6M5*2	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	68.5	0.45	0.3	0.2	0.1	0.1	0.33
Дисковые со вставными ножами	P6M5*2	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	≤0,1	105.8	0.25	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
					>0,1	68			0.4			
Дисковые цельные	P6M5*2		-	-	-	95.8	0.25	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
Прорезные и отрезные	P6M5*2	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	74	0.25	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твёрдости НВ 100-140												
Торцевые	P6M5*1	Фрезерование плоскостей	-	-	0.1	136	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2
					0.1	86.2			0.4			
Цилиндрические	P6M5*1		-	-	0.1	115.5	0.45	0.3	0.2	0.1	0.1	0.33
					0.1	74.3			0.4			
Дисковые со вставными ножами	P6M5*1	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	0.1	158.5	0.25	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
					0.1	102			0.4			
Дисковые цельные	P6M5*1		-	-	-	144	0.25	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
Концевые	P6M5*1	Фрезерование плоскостей и		-	-	103	0.45	0.3	0.2	0.1	0.1	0.33



		уступов										
Прорезные и отрезные	P6M5*1	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	111.3	0.25	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\sigma_B=100-200$ МПа, $HB\leq 65$ и дюралюминия $\sigma_B=300-400$ МПа, $HB\leq 100$												
Торцевые	P6M5*1	Фрезерование плоскостей	-	-	$\leq 0,1$	245	0.25	0.1	0.2	0.15	0.1	0.2
			$> 0,1$	155								
Цилиндрические	P6M5*1	Фрезерование плоскостей	-	-	$\leq 0,1$	208	0.45	0.3	0.2	0.1	0.1	0.33
			$> 0,1$	133.5								
Дисковые со вставными ножами	P6M5*1	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	$\leq 0,1$	285	0.25	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
Дисковые цельные	P6M5*1		$> 0,1$	183.4								
Концевые	P6M5*1	Фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	185.5	0.45	0.3	0.2	0.1	0.1	0.33
Прорезные и отрезные	P6M5*1	Прорезание пазов и отрезание	-	-	-	200	0.25	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2

Примечание: Скорость резания для торцевых фрез, рассчитанная по табличным данным, действительна при главном угле в плане  $\varphi=60^\circ$ . При других величинах этого угла значения скорости следует умножать на коэффициенты: при  $\varphi=15^\circ$  на 1,6; при  $\varphi=30^\circ$  на 1,25; при  $\varphi=45^\circ$  на 1,1; при  $\varphi=75^\circ$  на 0,93; при  $\varphi=90^\circ$  на 0,87

Таблица П.14

## Среднее значение стойкости T фрез

Фрезы	Стойкость T, мин при диаметре фрезы, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцевые	-		120	180				240		300	400	
Цилиндрические со вставными ножами и цельные с крупным зубом	-			180			240	-				
Цилиндрические с мелким зубом	-		120	180		-						
Дисковые	-				120	150	180	240	-			
Концевые	80	90	120	180	-							
Прорезные и отрезные	-			60	75	120	150	-				
Фасонные и угловые	-		120	180	-							

Таблица П.15

Фрезы	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					
		$C_p$	x	y	u	q	w
Обработка конструкционной углеродистой стали $\sigma_B=750$ МПа							
Торцевые	Твёрдый сплав быстрорежущая сталь	825	1	0,75	1,1	1,3	0,2
		82,5	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Цилиндрические	Твёрдый сплав быстрорежущая сталь	101	0,88	0,75	1	0,87	0
		68,2	0,86	0,72	1	0,83	0
Дисковые, прорезные и отрезные	Твёрдый сплав быстрорежущая сталь	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
		68,2	0,86	0,72	1	0,86	0
Концевые	Твёрдый сплав быстрорежущая сталь	12,5	0,85	0,75	1	0,73	-0,13
		68,2	0,86	0,72	1	0,86	0

Фасонные и угловые	быстрорежущая сталь	47	0,86	0,72	0,1	0,86	0
Обработка жаропрочной стали 12Х18Н9Т в состоянии поставки							
Торцевые	Твёрдый сплав	218	0,92	0,78	1	1,15	0
Концевые	быстрорежущая сталь	82	0,75	0,6	1	0,86	0
Обработка серого чугуна НВ 190							
Торцевые	Твёрдый сплав быстрорежущая сталь	54,5	0,9	0,74	1	1	0
		50	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Цилиндрические	Твёрдый сплав быстрорежущая сталь	58	0,9	0,8	1	0,9	0
		30	0,83	0,65	1	0,83	0
Дисковые, концевые, прорезные и отрезные	быстрорежущая сталь	30	0,83	0,65	1	0,83	0
Обработка ковкого чугуна НВ 150							
Торцевые	Твёрдый сплав быстрорежущая сталь	491	1	0,75	1,1	1,3	0,2
		50	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Цилиндрические, Дисковые, концевые, прорезные и отрезные	быстрорежущая сталь	30	0,86	0,72	1	0,86	0
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твёрдости НВ 100-140							
Цилиндрические, Дисковые, концевые, прорезные и отрезные	быстрорежущая сталь	22,6	0,86	0,72	1	0,86	0

Примечание:

1. окружную силу  $P_z$  при фрезеровании алюминиевых сплавов рассчитывать, как для стали, с введением коэффициента 0,25
2. окружная сила  $P_z$  рассчитанная по табличным данным, соответствует работе фрезой без затупления. При затуплении фрезы до допускаемой величины износа сила возрастает: при обработке мягкой стали ( $\sigma_B < 600$  МПа) в 1,75-1,9 раз. во всех остальных случаях в 1,2-1,4 раза