

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ОСНОВНЫХ ВИДАХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Методические рекомендации
к практической работе по курсам «Технология конструкционных
материалов», «Технологические процессы в машиностроении»,
«Основы технологии материалов»
для студентов всех специальностей и направлений
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроитель-
ных производств»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очная и заочная формы обучения

Энгельс 2024

УДК 621.7/9 (075.8)
ББК 34.1я73-1
А 86

А 86 Стекольников М.В., Коноплянкин С.В. Определение режимов резания при основных видах механической обработки: Методические рекомендации к практической работе по курсам «Технология конструкционных материалов», «Технологические процессы в машиностроении», «Основы технологии материалов» – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023. – 24 с.

Методические рекомендации посвящены определению режимов резания при точении, фрезеровании и сверлении. Рекомендация содержит все необходимые справочные данные и варианты заданий для самостоятельной работы студентов по закреплению рассматриваемой темы.

УДК 621.7/9 (075.8)
ББК 34.1я73-1

*Одобрено редакционно-издательским советом
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.*

Брошюра издается в авторской редакции

Цель работы: ознакомиться с основными элементами режима резания и освоить последовательность и методику их определения для основных видов лезвийной обработки.

Материалы и оборудование

1. Методика расчета основных элементов режимов резания.
2. Справочные данные, необходимые для расчета.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

1. Режимы резания

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Элементы режима резания обычно устанавливают в следующем порядке:

Глубина резания t : при черновой (предварительной обработке) назначают по возможности максимальную t , равную всему припуску на обработку или большей части его; при чистовой (окончательной) обработке – в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

Подача S : при черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из жесткости и прочности системы Станок-Инструмент-Приспособление-Деталь (СПИД), мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов; при чистовой обработке – в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

Скорость резания V рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки.

Стойкость T – период работы инструмента до затупления, приводимый для различных видов обработки.

Сила резания. Под силой резания обычно подразумевают ее главную составляющую P_z , определяющую расходуемую на резание мощность N_e и крутящий момент на шпинделе станка. Силовые зависимости рассчитывают по эмпирическим формулам, значения коэффициентов и показателей степени в которых для различных видов обработки приведены в соответствующих таблицах.

2. Определение режимов резания при точении

Определим режимы резания для чернового наружного точения цилиндрической поверхности на токарном станке в следующей последовательности:

Определить глубину резания t , мм:

$$t = \frac{D-d}{2 \cdot i}, \quad (1)$$

где D – диаметр заготовки, мм;

d – диаметр детали, мм;

i – число проходов.

Назначить подачу S , мм/об, в зависимости от вида обработки, режима обработки (черновой, чистовой), жесткости системы СПИД и др. факторов, согласно таблицы 1 приложения 2.

Выбирают модель токарного станка, на котором будет выполняться точение, и корректируют значение выбранной подачи S по паспортным данным этого станка.

Рассчитать теоретическую скорость резания V_D , м/мин, допускаемую режущим инструментом по формуле:

$$V_D = \frac{C_v K_v}{T^m t^x S^y}, \quad (2)$$

где T – стойкость инструмента, при одноинструментальной обработке принимают в пределах 30÷60 мин;

C_v, m, x, y – коэффициенты, значения которых определяются по таблице 2 приложения 2.

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

K_v – поправочный коэффициент, который определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (3)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки, определяется по таблице 3 приложения 2 ;

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки:

- для стальной заготовки $K_{nv}=0,9$;

- для чугуновой заготовки $K_{nv}=0,8$;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента, определяется по таблице 5 приложения 2.

Определить расчетную частоту вращения шпинделя n_p , мин⁻¹:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_D}{\pi \cdot D}, \quad (4)$$

где V_D – действительная скорость резания, рассчитанная по формуле (2), м/мин;

D – диаметр заготовки, мм;

Найденную расчетную частоту вращения шпинделя n_p скорректировать по паспорту станка, выбранного ранее: принять частоту вращения шпинделя n , имеющуюся на станке, ближайшую меньшую или большую, если она не превышает 5% от полученной n_p .

Рассчитать фактическую скорость резания V , м/мин,

по выбранной частоте вращения шпинделя n :

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (5)$$

где D – диаметр заготовки, мм;

n – частота вращения шпинделя, имеющаяся на станке, мин^{-1} .

Рассчитать составляющую силы резания P_z , Н,

(рис. 1) по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (6)$$

где t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

V – фактическая скорость резания, м/мин;

C_p, n, x, y – коэффициенты, значения которых определяются по таблице 6 приложения 2.

K_p – поправочный коэффициент, который определяется по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (7)$$

где K_{mp} – поправочный коэффициент, который определяется по таблице 7 приложения 2;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}$ – коэффициенты, учитывающий влияние

$K_{\lambda p}, K_{rp}$ геометрических параметров режущей части инструмента, определяются по таблице 8 приложения 2.

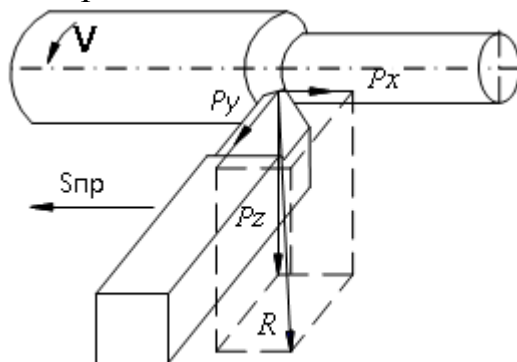


Рис. 1. Силы, действующие на резец при точении

Определить мощность резания N_p , кВт, по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (8)$$

где P_z – составляющая силы резания, Н;

V – фактическая скорость резания, м/мин.

Полученное значение мощности резания N_p сравнить с мощностью электродвигателя выбранного станка N , с учетом коэффициента полезного действия электродвигателя η :

$$N_p \leq N \cdot \eta \quad (9)$$

В случае если не выполняется условие (9), необходимо перейти к меньшему значению частоты вращения шпинделя n и повторно выполнить расчеты.

Рассчитать крутящий момент для осуществления процесса резания $M_{кр}$, кН·мм:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2}, \quad (10)$$

крутящий момент на шпинделе станка $M_{см}$, кН·мм:

$$M_{см} = \frac{974000 \cdot N \cdot \eta}{n}, \quad (11)$$

где P_z – составляющая силы резания, Н;

D – диаметр заготовки, мм;

N, η – мощностью электродвигателя выбранного станка и КПД электродвигателя;

n – частота вращения шпинделя, имеющаяся на станке, мин⁻¹.

Определить основное время T_0 , мин:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \quad (12)$$

где i – число проходов;

S – подача, мм/об;

L – расчетная длина обрабатываемой поверхности (рис. 2), мм:

$$L = \ell + \ell_1 + \ell_2, \quad (13)$$

где ℓ – длина обрабатываемой поверхности, мм;

ℓ_1 – длина пути врезания резца, мм:

$\ell_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi$, (φ – главный угол резца в плане);

ℓ_2 – длина перебега резца, мм: $\ell_2 = 1 \div 3$.

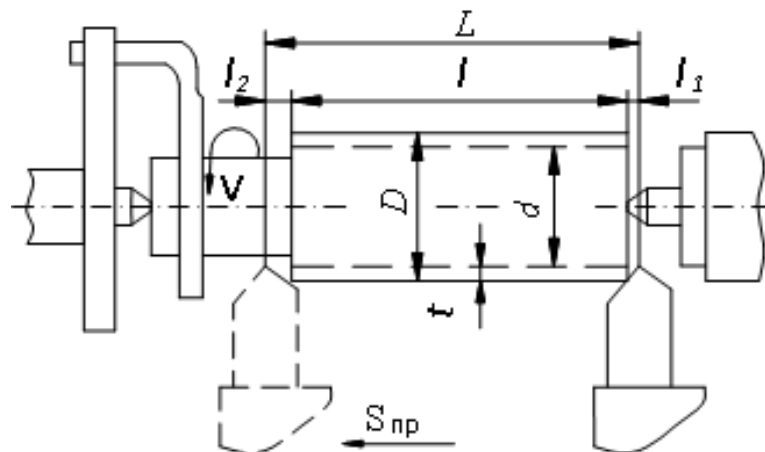


Рис. 2. Схема обработки при точении

3. Определение режимов резания при сверлении

Определим режимы резания для сквозного сверления отверстия на сверлильном станке в следующей последовательности:

Определить глубину резания t , мм:

$$t = 0,5 \cdot D, \quad (14)$$

где D – диаметр сверла, мм.

Назначить подачу S , мм/об:

$$S = C_S \cdot D^{0,6}, \quad (15)$$

где C_S – коэффициент, учитывающий механические и технологические факторы:

- при обработке стали $\sigma_s \leq 600$ МПа, $C_S = 0,063$;
 $\sigma_s > 600$ МПа, $C_S = 0,047$;
- при обработке чугуна $HB \leq 170$, $C_S = 0,097$;
 $HB > 170$, $C_S = 0,058$.

Выбрать модель сверлильного станка, на котором будет выполняться сверление, и скорректировать значение полученной подачи S по паспортным данным этого станка.

Рассчитать теоретическую скорость резания V_d , м/мин, допускаемую режущим инструментом по формуле:

$$V_d = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (16)$$

где D – диаметр сверла, мм;

S – подача, мм/об;

C_v, m, y – коэффициенты, значения которых определяются по таблице 9 приложения 2;

T – период стойкости инструмента, мин, определяется по таблице 11 приложения 2;

K_v – поправочный коэффициент на скорость, учитывающий фактические условия резания, определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (17)$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал, определяется по таблице 3 приложения 2;

K_{uv} – коэффициент на инструментальный материал, определяется по таблице 5 приложения 2;

K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления, определяется по таблице 10 приложения 2.

Определить и скорректировать частоту вращения шпинделя n , мин⁻¹

Рассчитать фактическую скорость резания V , м/мин, согласно формуле (5)

Рассчитать крутящий момент $M_{кр}$, Н·м, и осевую силу P_0 , Н:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (18)$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (19)$$

где D – диаметр сверла, мм;

S – подача, мм/об;

C_m, C_p, q, y – коэффициенты, значения которых определяются по таблице 12 приложения 2;

K_p – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением:

$$K_p = K_{mp}, \quad (20)$$

где K_{mp} – поправочный коэффициент, который определяется по таблице 7 приложения 2;

Полученное значение расчетной осевой силы P_0 сравниваем с осевой силой $P_{0\text{ст}}$, допускаемой станком:

$$P_0 \leq P_{0\text{ст}}, \quad (21)$$

если это условие не выполняется, то сверлится отверстие диаметром $d_0 \cong 0,3 \cdot D$, а потом это отверстие рассверливается до нужного диаметра.

Если расчетный крутящий момент $M_{кр}$ не обеспечивается условием:

$$M_{кр} \leq M_{кр.ст.}, \quad (22)$$

то необходимо уменьшить подачу S , мм/об, до значения, определяемого соотношением:

$$S = \left[\frac{M_{кр.ст.}}{C_m \cdot D^q} \right]^{\frac{1}{y}}, \quad (23)$$

где C_m, q, y – коэффициенты, значения которых определяются по таблице 12 приложения 2.

Найденную расчетную подачу S скорректировать по паспорту станка путем подбора ближайшего наименьшего значения.

Определить мощность резания N_p , кВт, по формуле:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (24)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м;

n – частота вращения шпинделя, имеющаяся на станке, мин⁻¹.

Полученное значение мощности резания N_p сравнить с мощностью электродвигателя выбранного станка

Определяют основное время T_0 , мин:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n}, \quad (25)$$

где S – подача, мм/об;

n – частота вращения шпинделя, имеющаяся на станке, мин⁻¹;

L – расчетная глубина сверления (рис. 3), мм:

$$L = \ell + \ell_1 + \ell_2, \quad (26)$$

где ℓ – длина (глубина) сверления, мм;

ℓ_1 – длина пути врезания сверла, мм:

$$\ell_1 = \frac{D}{2} \cdot \text{ctg} \varphi \approx 0,3 \cdot D; \quad (27)$$

ℓ_2 – длина перебега сверла, мм: $\ell_2 \geq 3 \cdot S$.



Определим режимы резания для чернового фрезерования плоской поверхности на фрезерном станке в следующей последовательности:

Назначить подачу S , мм/об

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

$$S_v = S \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \quad (28)$$

где n – частота вращения фрезы, мин^{-1} ;

z — число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина подачи на один зуб S_z , значение которой для различных фрез и условий резания приведены в таблице 13 и таблице 14 приложения Д.

Выбрать модель фрезерного станка, на котором будет выполняться фрезерование, с учетом заданной мощности станка.

Рассчитать теоретическую скорость резания V_D , м/мин, допускаемую режущими свойствами фрезы по формуле:

$$V_{\mathcal{D}} = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (29)$$

где D – диаметр фрезы, мм;

 S_z – подача, мм/зуб;

t — глубина обработки, мм;

B – ширина обработки, мм;

Z – число зубьев фрезы;

C_v, q, m, x, y, u, p – коэффициенты, значения которых определяются по таблице 15 приложения 2;

T – период стойкости инструмента, мин, определяется по таблице 16 приложения 2;

K_v – поправочный коэффициент на скорость, учитывающий фактические условия резания, определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (30)$$

где K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, определяется по таблице 3 приложения 2;

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки:

- для стальной заготовки $K_{nv}=0,9$;

- для чугунной заготовки $K_{nv}=0,8$;

- для медной заготовки $K_{nv}=0,9$;

K_{uv} – коэффициент, учитывающий влияние материала инструмента, определяется по таблице 5 приложения 2.

Определить и скорректировать частоту вращения фрезы n , мин⁻¹

Рассчитать фактическую скорость резания V , м/мин

Определить величину минутной подачи S_m , мм/мин:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n, \quad (31)$$

и скорректировать значение полученной подачи S_m по паспортным данным выбранного станка. С учетом откорректированного значения S_m скорректировать значение подачи S_z , мм/зуб:

$$S_z = \frac{S_m}{z \cdot n}, \quad (32)$$

где n – частота вращения фрезы, имеющаяся на станке, мин⁻¹;

z – число зубьев фрезы.

Определить главную составляющую силы резания при фрезеровании – окружную силу P_z , Н, по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (33)$$

где D – диаметр фрезы, мм;

S_z – подача, мм/зуб;

t – глубина обработки, мм;

B – ширина обработки, мм;

z – число зубьев фрезы;

n – частота вращения фрезы, имеющаяся на станке, мин⁻¹.

C_p, q, t, x, y, u, w – коэффициенты, значения которых определяются таблице 17 приложения 2;

K_{mp} – поправочный коэффициент, который определяется по таблице 7 приложения 2.

Рассчитать крутящий момент на шпинделе $M_{кр}$, Н·м:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (34)$$

где D – диаметр фрезы, мм;

P_z – главная составляющая сила резания при фрезеровании, Н

Определить мощность резания N_p , кВт, по формуле:

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (35)$$

где P_z – главная составляющая силы резания, Н;

V – фактическая скорость резания, м/мин.

Полученное значение мощности резания N_p сравнить с мощностью электродвигателя выбранного станка.

Определить основное время T_0 , мин:

$$T_0 = \frac{L}{S_m}, \quad (36)$$

где S_m – минутная подача, мм/мин;

L – длина хода режущего инструмента (рис. 4), мм:

$$L = \ell + \ell_1 + \ell_2, \quad (37)$$

где ℓ – длина обработки, мм;

ℓ_1, ℓ_2 – длина врезания и длина перебега, мм:

$$\ell_1 = \ell_2 = \sqrt{t \cdot (D - t)} \quad (\text{для цилиндрических фрез}); \quad (38)$$

$$\ell_1 = \ell_2 = \frac{1}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - B^2}) \quad (\text{для торцовых фрез}),$$

где D – диаметр фрезы, мм;

B – ширина обработки, мм

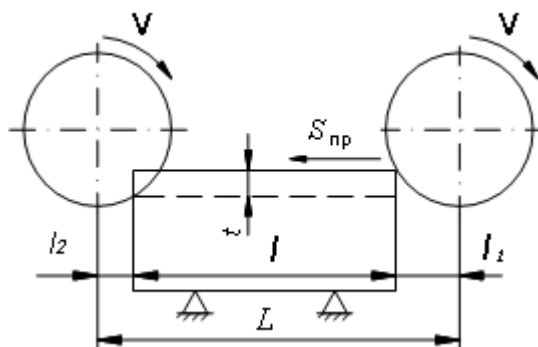


Рис. 4. Схема обработки цилиндрической фрезой

Последовательность выполнения работы

1. Изучить основные элементы режима резания и порядок их назначения.
2. Получить индивидуальные задания (приложение С таблицы 1, 2, 3).
3. Назначить режимы резания при точении, сверлении и фрезеровании.
4. Проанализировать полученные значения и оформить вывод.
5. Составить отчет о работе.

Приложение 1

Таблица 1.

Исходные данные для расчета режимов резания при точении

№ вариан-та	Материал заготовки: чугун–HB, сталь– σ_b , МПа	Размеры заготовки, мм			Материал режущей части резца	Геометрические параметры режущей части инструмента				Сечение державки ВхН, мм	Число проходов, i
		D	d	l		φ°	γ°	λ°	$r_{\text{м}}$		
1	$\sigma_b = 450$	90	80	200	T15K6	30	0	0	0,5	16x25	2
2	$\sigma_b = 550$	90	70	300	T15K6	45	10	5	1,0	25x40	3
3	$\sigma_b = 600$	60	52	100	T15K6	60	0	15	2,0	16x25	2
4	$\sigma_b = 650$	60	40	120	T15K6	30	10	0	0,5	16x25	4
5	$\sigma_b = 750$	50	40	150	T15K6	45	0	5	1,0	16x25	2
6	HB=150	50	64	130	BK8	60	12	15	2,0	25x40	3
7	HB=150	80	32	200	BK8	30	20	0	0,5	25x25	2
8	HB=190	50	70	250	BK6	45	15	5	1,0	25x40	1
9	HB=190	90	74	270	BK6	60	20	15	2,0	25x40	2
10	HB=190	100	82	300	BK6	30	12	0	0,5	25x40	3
11	$\sigma_b = 750$	80	70	100	T15K6	45	0	5	1,0	16x25	2
12	$\sigma_b = 650$	120	104	110	T15K6	60	10	15	2,0	25x40	2
13	$\sigma_b = 600$	60	36	140	T15K6	30	0	0	0,5	25x25	3
14	$\sigma_b = 550$	40	28	160	T15K6	45	10	5	1,0	25x25	3
15	$\sigma_b = 450$	40	30	180	T15K6	60	0	15	2,0	25x25	2
16	HB=150	100	90	200	BK8	30	25	0	0,5	25x40	2
17	HB=150	90	74	250	BK8	45	20	5	1,0	16x25	4
18	HB=150	80	60	230	BK8	60	15	15	2,0	16x25	3
19	HB=150	70	56	280	BK8	30	12	0	0,5	25x40	2
20	HB=190	60	46	300	BK6	45	20	5	1,0	16x25	3
21	$\sigma_b = 550$	40	28	200	T15K6	60	10	15	2,0	25x25	2
22	$\sigma_b = 600$	50	12	180	T15K6	30	0	0	0,5	25x40	2
23	$\sigma_b = 650$	60	42	150	T15K6	45	10	5	1,0	25x40	3
24	$\sigma_b = 700$	100	90	130	T15K6	60	0	15	2,0	16x25	1
25	$\sigma_b = 750$	40	32	100	T15K6	30	10	0	0,5	25x25	1
26	HB=190	70	56	140	BK6	45	25	5	1,0	25x40	2
27	HB=190	90	78	160	BK6	60	12	15	2,0	25x40	3
28	$\sigma_b = 750$	100	88	180	T15K6	30	0	0	0,5	16x25	2
29	$\sigma_b = 650$	30	24	200	T15K6	45	10	5	1,0	25x25	1
30	$\sigma_b = 550$	50	26	250	T15K6	60	0	15	2,0	25x25	3

Таблица 2.

Исходные данные для расчета режимов резания при сверлении

№ варианта	Диаметр сверла D, мм	Обрабатываемый материал: чугун– σ_b , МПа	Материал сверла (марка)	Глубина сверления ℓ , мм	№ варианта	Диаметр сверла D, мм	Обрабатываемый материал: чугун–HB, сталь– σ_b , МПа	Материал сверла (марка)	Глубина сверления ℓ , мм
1	10	$\sigma_b = 550$	P6M5	30	16	10	$\sigma_b = 500$	P6M5	40
2	12	$\sigma_b = 650$	P6M5	40	17	15	$\sigma_b = 600$	P6M5	45
3	16	$\sigma_b = 750$	P6M5	50	18	10	$\sigma_b = 750$	P6M5	60
4	18	$\sigma_b = 450$	P6M5	72	19	14	HB=150	BK8	70
5	20	HB=150	BK8	40	20	18	HB=150	BK8	54
6	24	HB=150	BK8	72	21	14	$\sigma_b = 450$	P6M5	70
7	26	HB=190	BK8	78	22	16	$\sigma_b = 550$	P6M5	50
8	28	HB=190	BK8	84	23	8	$\sigma_b = 650$	P6M5	30
9	30	$\sigma_b = 450$	P6M5	90	24	10	$\sigma_b = 750$	P6M5	40
10	10	$\sigma_b = 550$	P6M5	30	25	12	HB=150	BK8	45
11	13	HB=150	BK8	60	26	10	HB=190	BK8	30
12	9	HB=190	BK8	30	27	10	HB=190	BK8	50
13	20	HB=190	BK8	60	28	13	$\sigma_b = 600$	P6M5	40
14	12	HB=150	BK8	36	29	16	HB=190	BK8	48
15	25	$\sigma_b = 450$	P6M5	75	30	18	HB=190	BK8	54

Таблица 3.

Исходные данные для расчета режимов резания при фрезеровании

№ варианта	Параметры обработки			Обрабатываемый материал: Чугун – HB=150, 190; Сталь – σ_b , МПа Медный сплав – HB=100-140	Параметры фрезы					N, кВт	Жесткость технологической системы
	Ширина B, мм	Длина l, мм	Глубина t, мм		Тип: Т-торцовая; Ц-цилиндрическая	Марка инструментального материала	Диаметр D, мм	Число зубьев, z	Величина зубьев: К- крупный; М- мелкий		
1	60	200	2	HB=190	Ц	P6M5	80	12	К	до 5	пониженная
2	45	240	3	HB=190	Т	BK6	63	16	К	5 – 10	пониженная
3	65	280	4	HB=150	Ц	P6M5	83	14	К	св. 10	пониженная
4	55	320	5	HB=150	Т	BK6	80	18	К	5 - 10	пониженная
5	60	240	6	HB=150	Ц	P6M5	80	12	М	5 - 10	пониженная
6	65	360	3	HB=150	Т	P6M5	100	20	М	5 - 10	пониженная
7	70	400	4	HB=150	Ц	P6M5	80	12	М	до 5	пониженная
8	75	240	5	HB=150	Т	BK6	125	22	М	5 - 10	повышенная
9	80	260	2	HB=190	Ц	P6M5	100	16	К	св. 10	повышенная
10	85	320	3	HB=100	Т	P6M5	125	22	К	5 - 10	повышенная
11	90	280	4	HB=140	Ц	P6M5	125	18	К	св. 10	пониженная
12	95	300	5	HB=110	Т	P6M5	160	24	К	5 - 10	пониженная
13	100	360	6	HB=115	Ц	P6M5	125	18	К	св. 10	повышенная
14	105	400	3	HB=120	Т	P6M5	160	24	М	5 - 10	повышенная
15	110	450	4	HB=130	Ц	P6M5	200	22	М	5 - 10	повышенная
16	105	400	5	$\sigma_b = 550$	Т	T15K6	160	16	М	5 - 10	средняя
17	100	320	2	$\sigma_b = 600$	Ц	T15K6	200	14	М	5 - 10	средняя
18	95	300	3	$\sigma_b = 650$	Т	T15K6	160	16	М	5 - 10	средняя
19	90	280	4	$\sigma_b = 700$	Ц	T15K6	125	10	М	св. 10	средняя
20	85	200	5	$\sigma_b = 750$	Т	T15K6	125	14	К	5 - 10	пониженная
21	80	220	6	$\sigma_b = 700$	Ц	P6M5	100	10	К	5 - 10	пониженная
22	75	260	3	$\sigma_b = 650$	Т	P6M5	100	12	К	св. 10	пониженная
23	70	200	2	$\sigma_b = 600$	Ц	T15K6	100	10	К	св. 10	пониженная
24	65	240	3	$\sigma_b = 550$	Т	T15K6	80	10	К	5 - 10	пониженная
25	60	280	5	$\sigma_b = 700$	Ц	T15K6	80	8	К	св. 10	пониженная
26	35	320	4	$\sigma_b = 550$	Т	P6M5	40	6	М	до 5	средняя
27	70	240	6	$\sigma_b = 600$	Ц	P6M5	90	14	М	5 - 10	средняя
28	55	360	4	$\sigma_b = 650$	Т	T15K6	60	16	М	5 - 10	средняя
29	100	400	5	$\sigma_b = 700$	Ц	T15K6	110	12	М	до 5	пониженная
30	60	240	4	$\sigma_b = 700$	Т	T15K6	75	10	М	5 - 10	пониженная

Приложение 2

Таблица 1.

Поддачи при черновом наружном точении резцами из твердого сплава и
быстрорежущей стали

Диаметр детали, мм	Размер держав- ки рез- ца, мм	Обрабатываемый материал							
		Сталь конструкционная углеродистая, легирован- ная и жаропрочная				Чугун и медные сплавы			
		Подача <i>S</i> , мм/об, при глубине резания <i>t</i> , мм							
		До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12
До 20	От 16х25 до 25х25	0,3- 0,4	—	—	—	—	—	—	—
Св. 20 до 40	От 16х25 до 25х25	0,4- 0,5	0,3- 0,4			0,4- 0,5			
» 40 » 60	От 16х25 до 25х40	0,5- 0,9	0,4- 0,8			0,3- 0,7	0,6- 0,9	0,5- 0,8	
» 60 » 100	От 16х25 до 25х40	0,6- 1,2	0,5- 1,1	0,5- 0,9	0,4- 0,8	0,8- 1,4	0,7- 1,2	0,6- 1,0	0,5- 0,9
» 100 » 400	От 16х25 до 25х40	0,8- 1,3	0,7- 1,2	0,6- 1,0	0,5- 0,9	1,0- 1,5	0,8- 1,9	0,8- 1,1	0,6- 0,9

Примечание: Нижние значения подач соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам.

Таблица 2.

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формулах скорости резания при обработке резцами

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи S, мм/об	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_s \leq 750$ МПа						
Наружное продольное точение проходными резцами	T15K6*	S до 0,3	420	0,15	0,20	0,20
		S св.0,3 до 0,7	350		0,35	
		S св.0,7	340		0,45	
То же, резцами с дополнительным лезвием	T15K6*	$S \leq t$ $S > t$	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
Обработка серого чугуна, HB 190						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK6*	$S \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	243		0,40	
Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	BK6**	$S \geq t$	324	0,40	0,20	0,28
		$S < t$	324	0,20	0,40	0,28
Обработка ковкого чугуна, HB 150						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK8*	$S \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	215	0,15	0,45	0,20

Примечание: * Без охлаждения.

** С охлаждением.

При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стальных отливок резцами из быстрорежущей стали вводить поправочный коэффициент на скорость резания 0,8.

Таблица 3.

Поправочный коэффициент K_{mv} , учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}$
Серый чугун	$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_v}$
Ковкий чугун	$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{150}{HB} \right)^{n_v}$
Гетерогенные медные сплавы: HB > 140 HB 100 - 140	0,7 1,0

Примечание:

1. σ_s и HB – фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания.
2. Коэффициент K_z , характеризующий группу стали по обрабатываемости, и показатель степени n_v см. таблицу 4

Таблица 4.

Значения коэффициента K_z и показатели степени n_v в формуле для расчета коэффициента обрабатываемости стали K_{mv} , приведенные в таблице 3

Обрабатываемый материал	Коэффициент K_z для материала инструмента		Показатели степени n_v при обработке					
			Резцами		Сверлами		Фрезами	
	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава	из быстрорежущей стали	из твердого сплава
Сталь углеродистая $\sigma_s, \text{МПа}$: < 450 450-550 > 550	1,0	1,0	-1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
	1,0	1,0	1,75	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
	1,0	1,0	1,75	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
	1,0	1,0	1,75	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
Чугун:								
серый	—	—	1,7	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
ковкий	—	—	1,7	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25

Таблица 5.

Поправочный коэффициент K_{uv} , учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания

Обрабатываемый материал	Значения коэффициента K_{uv} в зависимости от марки инструментального материала	
Сталь конструкционная	T15K6 1,00	
Серый и ковкий чугун	BK6 1,0	BK8 0,83
Сталь, чугун и медные сплавы	P6M5 1,0	

Таблица 6.

Значения коэффициента C_p и показателей степени в формулах силы резания при точении

Обрабатываемый материал	Коэффициент и показатели степени в формулах для тангенциальной составляющей P_z			
	C_p	x	y	n
Сталь конструкционная	300	1,0	0,75	-0,15
Серый чугун, HB 190	158	1,0	0,75	0
Ковкий чугун, HB 150	100	1,0	0,75	0

Таблица 7.

Поправочный коэффициент K_{mp} для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени n
Конструкционная углеродистая и легированная сталь σ_s , МПа: ≤ 600 > 600	$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n$	0,75/0,35 0,75/0,75
Серый чугун	$K_{mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n$	0,4/0,55
Ковкий чугун	$K_{mp} = \left(\frac{HB}{150} \right)^n$	0,4/0,55
Гетерогенные медные сплавы: HB > 120 HB < 120	0,75 1,00	—

Примечание: в числителе приведены значения показателя степени n для твердого сплава, в знаменателе – для быстрорежущей стали.

Таблица 8.

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали и чугуна

Параметры		Материал режущей части инструмента	Обозначение	Величина коэффициента
Наименование	Величина			
Главный угол в плане φ°	30	Твердый сплав	$K_{\varphi p}$	1,08
	45			1,00
	60			0,94
	30	Быстрорежущая сталь		1,08
	45			1,0
	60			0,98
Передний угол γ°	0	Твердый сплав	$K_{\gamma p}$	1,1
	10			1,0
	12-15 20-25	Быстрорежущая сталь		1,15 1,00
Угол наклона главного лезвия λ°	0	Твердый сплав	$K_{\lambda p}$	1,0
	5			
	15			
Радиус при вершине r , мм	0,5	Быстрорежущая сталь	K_{rp}	0,87
	1,0			0,93
	2,0			1,00

Таблица 9.

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Подача S , мм/об	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	q	y	m
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_s \leq 750$ МПа	P6M5	$\leq 0,2$ $> 0,2$	7,0 9,8	0,40	0,70 0,50	0,20
Чугун серый, HB 190	BK8	—	34,2	0,45	0,30	0,20
Чугун ковкий, HB 150	BK8	—	40,4	0,45	0,30	0,20

Таблица 10.

Поправочный коэффициент K_{lv} на скорость резания при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия

Параметр	Сверление				
Глубина обрабатываемого отверстия	3D	4D	5D	6D	8D
Коэффициент K_{lv}	1,0	0,85	0,75	0,70	0,60

Таблица 11.

Средние значения периода стойкости сверл

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Стойкость Т, мин, при диаметре инструмента, мм				
		До 5	6-10	11-20	21-30	31-40
Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70
	Твердый сплав	8	15	20	25	35
Серый и ковкий чугун и медные сплавы	Быстрорежущая сталь	20	35	60	75	105
	Твердый сплав	15	25	45	50	70

Таблица 12.

Значения коэффициентов и показателей степени в формулах крутящего момента и осевой силы при сверлении

Обрабатываемый материал	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 сталь, $\sigma_s \leq 750$ МПа	Быстрорежущая сталь	0,0345	2,0	—	0,8	68	1,0	—	0,7
Серый чугун, HB 190	Твердый сплав	0,0120	2,2		0,8	42	1,2		0,75
	Быстрорежущая сталь	0,0210	2,0		0,8	42,7	1,0		0,8
Ковкий чугун, HB 150	Быстрорежущая сталь	0,0210	2,0		0,8	43,3	1,0		0,8
	Твердый сплав	0,0100	2,2		0,8	32,8	1,2		0,75

Таблица 13.

Подачи при черновом фрезеровании торцовыми и цилиндрическими фрезами с пластинами из твердого сплава

Мощность станка, кВт	Сталь	Чугун и медные сплавы
	Подача на зуб фрезы S_z , мм, при твердом сплаве	
	T15K6	BK6
5 - 10	0,09 - 0,18	0,14 - 0,24
Св. 10	0,12 - 0,18	0,18 - 0,28

Примечание: Приведенные значения подач для цилиндрических фрез действительны при ширине фрезерования $B \leq 30$ мм; при $B > 30$ мм табличные значения подач следует уменьшить на 30%.

Таблица. 14.

Подачи при черновом фрезеровании торцовыми и цилиндрическими фрезами с пластинами из быстрорежущей стали

Мощность станка, кВт	Жесткость системы заготовка – приспособление	Фрезы			
		торцовые		цилиндрические	
		Подача на зуб фрезы S_z , мм, при обработке			
		Конструкционной стали	Чугуна и медных сплавов	Конструкционной стали	Чугуна и медных сплавов
Фрезы с крупным зубом					
Св. 10	Повышенная	0,20-0,30	0,40-0,60	0,40-0,60	0,60-0,80
	Пониженная	0,10-0,15	0,20-0,30	0,20-0,30	0,25-0,40
5 - 10	Повышенная	0,12-0,20	0,30-0,50	0,25-0,40	0,30-0,50
	Пониженная	0,06-0,10	0,15-0,25	0,10-0,15	0,12-0,20
До 5	Пониженная	0,04-0,06	0,10-0,20	0,06-0,10	0,08-0,15
Фрезы с мелким зубом					
5 - 10	Повышенная	0,08-0,12	0,20-0,35	0,10-0,15	0,12-0,20
	Средняя	0,06-0,10	0,15-0,30	0,06-0,10	0,10-0,15
	Пониженная	0,04-0,08	0,10-0,20	0,06-0,08	0,08-0,12
До 5	Средняя	0,04-0,06	0,12-0,20	0,05-0,08	0,06-0,12
	Пониженная	0,03-0,05	0,08-0,15	0,03-0,06	0,05-0,10

Примечание: Большие значения подач брать для меньшей глубины и ширины фрезерования, меньшие – для больших значений глубины и ширины.

Таблица. 15.

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части	Параметры среза- емого слоя			Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания						
		<i>B</i>	<i>t</i>	<i>S_z</i>	<i>C_v</i>	<i>q</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>u</i>	<i>p</i>	<i>m</i>
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_b \leq 750$ МПа											
Торцовые	T15K6	—	—	—	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	P6M5	—	—	$\leq 0,1$	64,7	0,25	0,1	0,2	0,15	0	0,2
$> 0,1$				41	0,4						
Цилин- дриче- ские	T15K6	≤ 35	≤ 2	—	390	0,17	0,19	0,28	-	0,1	0,33
			> 2		443		0,38				
		> 35	≤ 2		616	0,17	0,19	0,28	0,08	0,1	0,33
			> 2		700		0,38				
	P6M5	—	—	$\leq 0,1$	55	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
				$> 0,1$	35,4			0,4			
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости, HB 100 - 140											
Торцовые	P6M5			$\leq 0,1$	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
				$> 0,1$	86,2			0,4			
Цилин- дриче- ские	P6M5			$\leq 0,1$	115,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
				$> 0,1$	74,3			0,4			
Обработка серого чугуна, HB 190											
Торцовые	BK6	—	—	—	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	P6M5	—	—	—	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилин- дриче- ские	BK6	—	$< 2,5$	$\leq 0,2$	923	0,37	0,13	0,19	0,23	0,14	0,42
			$> 0,2$	588	0,47						
		—	$\geq 2,5$	$\leq 0,2$	1180	0,37	0,40	0,19	0,23	0,14	0,42
			$> 0,2$	750	0,47						
	P6M5	—	—	$\leq 0,15$	57,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
				$> 0,15$	27			0,6			
Обработка ковкого чугуна, HB 150											
Торцовые	BK6	—	—	$\leq 0,18$	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33
				$> 0,18$	695			0,32			
	P6M5	—	—	$\leq 0,1$	90,5	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
				$> 0,1$	57,4			0,4			
Цилин- дриче- ские	P6M5	—	—	$\leq 0,1$	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
				$> 0,1$	49,5			0,4			

Таблица 16.

Среднее значения периода стойкости T фрез

Фрезы	Стойкость T , мин, при диаметре фрезы, мм									
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250
Торцовые	–		120	180					240	
Цилиндрические со вставными ножами и цельные с крупным зубом	–					180			240	–
Цилиндрические цельные с мелким зубом	–		120	180		–				

Таблица 17.

Значения коэффициента C_p и показателей степени в формуле окружной силы P_z при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					
		C_p	x	y	u	q	w
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_s \leq 750$ МПа							
Торцовые	Твердый сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Быстрорежущая сталь	82,5	0,95	0,80	1,1	1,1	0
Цилиндрические	Твердый сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обработка серого чугуна, HB 190							
Торцовые	Твердый сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Быстрорежущая сталь	50	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Цилиндрические	Твердый сплав	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Быстрорежущая сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Обработка ковкого чугуна, HB 150							
Торцовые	Твердый сплав	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Быстрорежущая сталь	50	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Цилиндрические	Быстрорежущая сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости, HB 100 - 140							
Торцовые, цилиндрические	Быстрорежущая сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0

ЛИТЕРАТУРА

1. Дальский А.М. Технология конструкционных материалов. / А.М. Дальский, Т.М. Барсуков, Л.Н. Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 2008 – 560 с.
2. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. – М.: Высшая школа, 2008. – 876 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой, М.: Машиностроение, 1986.
4. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. М.: Машиностроение, 1974.
5. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и др. М.; Машиностроение, 1986.
6. Справочник металлиста. Т.2. М.; Машиностроение.
7. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов Справочник: М.; Машиностроение, 1990.

Стекольников Максим Владимирович

Коноплянкин Сергей Владимирович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ
ПРИ ОСНОВНЫХ ВИДАХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Ответственный за выпуск Стекольников М.В.,
Оригинал-макет Коноплянкин С.В.

Подписано в печать _____

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать RISO.

Объем _____ Тираж _____ Заказ № _____

413100, Россия, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.