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 машиностроительных производств»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»

очная и заочная формы обучения

Энгельс 2026

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:

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

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 $V_Д$, м/мин, допускаемую режущим инструментом по формуле:

$$V_Д = \frac{C_v K_v}{T^m t^x S^y}, \qquad \textbf{(2)}$$

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:

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

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 чугунной 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$^{-1}$:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_Д}{\pi \cdot D}, \qquad \textbf{(4)}$$

где $V_Д$ – 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:

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

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:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \qquad \textbf{(6)}$$

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:

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

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.

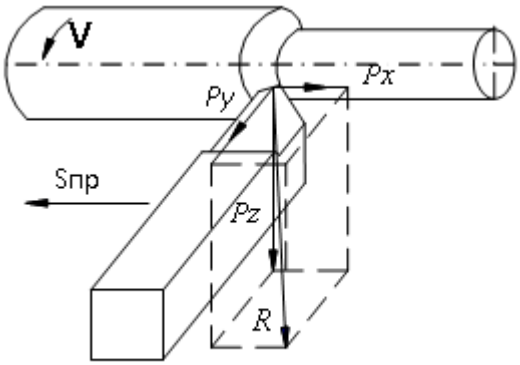

Рис. 1. Силы, действующие на резец при точении

Определить мощность резания Np, кВт, по формуле:

$$N_p = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \qquad \textbf{(8)}$$

где Pz – 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:

$$Np \le N \cdot \eta \qquad \textbf{(9)}$$

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 $\boldsymbol{M_{кр}}$, кН·мм:

$$M_{кр} = \frac{P_Z \cdot D}{2}, \qquad \textbf{(10)}$$

крутящий момент на шпинделе станка $\boldsymbol{M_{ст}}$, кН·мм:

$$M_{ст} = \frac{974000 \cdot N \cdot \eta}{n}, \qquad \textbf{(11)}$$

где Pz – 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 $\boldsymbol{T_0}$, мин:

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

где i – число проходов;

S – подача, мм/об;

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

$$L = \ell + \ell_1 + \ell_2, \qquad \textbf{(13)}$$

где ℓ – длина обрабатываемой поверхности, мм;

ℓ_1 – длина пути врезания резца, мм:

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

ℓ_2 – длина перебега резца, мм: ℓ_2=1÷3.

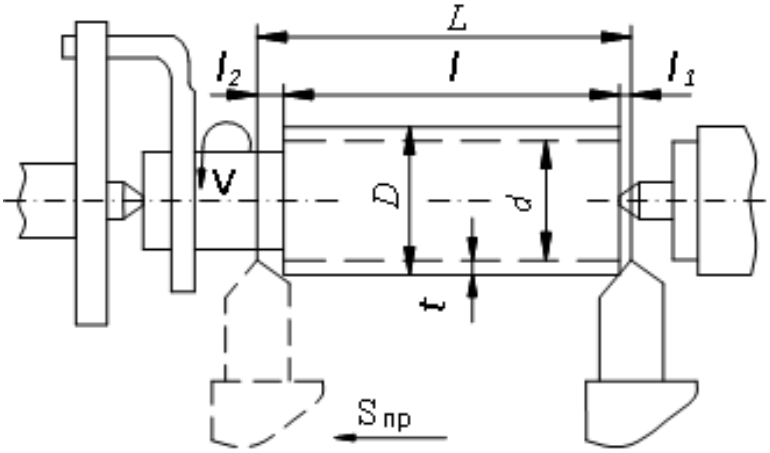

Рис. 2. Схема обработки при точении

3. Определение режимов резания при сверлении

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

Определить глубину резания *t*, мм:

$$t = 0{,}5 \cdot D, \qquad \textbf{(14)}$$

где D – диаметр сверла, мм.

Назначить подачу *S*, мм/об:

$$S = Cs \cdot D^{0,6}, \qquad \textbf{(15)}$$

где C_S – коэффициент, учитывающий механические и технологические факторы:

- при обработке стали $\sigma_в \leq 600$ МПа, C_S= 0,063;
  $\sigma_в > 600$ МПа, C_S= 0,047;
- при обработке чугуна НВ ≤ 170, C_S= 0,097;
  НВ > 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 $V_Д$, м/мин, допускаемую режущим инструментом по формуле:

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

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:

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

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**:**

$$M_{кр} = 10 \cdot C_м \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \qquad \textbf{(18)}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \qquad \textbf{(19)}$$

где D – диаметр сверла, мм;

S – подача, мм/об;

$C_м, C_p$, 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:

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

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

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

$$P_0 \le P_{0ст}, \quad \textbf{(21)}$$

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:

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

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

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

где $C_м$, 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 *Np*, кВт, по формуле:

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

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:

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

где S – подача, мм/об;

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

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

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

где ℓ – длина (глубина) сверления, мм;

ℓ_1–длина пути врезания сверла, мм:

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

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

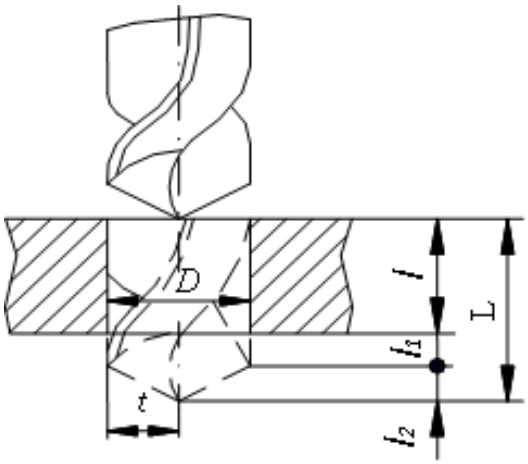

Рис. 3. Схема обработки при сверлении

4. Определение режимов резания при фрезеровании

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

Глубину резания *t*, мм, определяют в зависимости от типа применяемой фрезы, конфигурации обрабатываемой поверхности и от вида оборудования.

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 $S_м$, мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$S_м = S \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \qquad \textbf{(28)}$$

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 $V_Д$, м/мин, допускаемую режущими свойствами фрезы по формуле:

$$V_Д = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \qquad \textbf{(29)}$$

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:

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

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 $S_м$, мм/мин:

$$S_м = S_z \cdot z \cdot n, \quad \textbf{(31)}$$

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

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

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:

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

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, m, 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:

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

где D – диаметр фрезы, мм;

P_z – главная составляющая сила резания при фрезеровании, Н

Определить мощность резания *Np*, кВт, по формуле:

$$N_p = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \qquad \textbf{(35)}$$

где Pz – 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:

$$T_0 = \frac{L}{S_м}, \qquad \textbf{(36)}$$

где $S_м$ – минутная подача, мм/мин;

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

$$L = \ell + \ell_1 + \ell_2, \qquad \textbf{(37)}$$

где ℓ – длина обработки, мм;

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

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

$$\ell_1 = \ell_2 = \frac{1}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - B^2}) \quad \text{(для торцовых фрез),} \qquad \textbf{(38)}$$

где D – диаметр фрезы, мм;

B – ширина обработки, мм

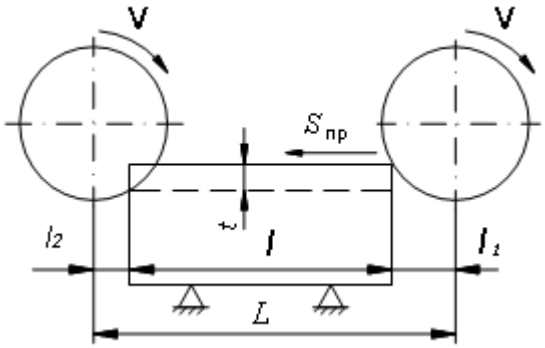

Рис. 4. Схема обработки цилиндрической фрезой

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

№ варианта	Материал заготовки: чугун–НВ, сталь–$\sigma_в$, МПа	Размеры заготовки, мм			Материал режущей части резца	Геометрические параметры режущей части инструмента				Сечение державки ВхН, мм	Число проходов, i
		D	d	l		$\varphi°$	$\gamma°$	$\lambda°$	r,мм		
1	$\sigma_в$ = 450	90	80	200	Т15К6	30	0	0	0,5	16х25	2
2	$\sigma_в$ = 550	90	70	300	Т15К6	45	10	5	1,0	25х40	3
3	$\sigma_в$ = 600	60	52	100	Т15К6	60	0	15	2,0	16х25	2
4	$\sigma_в$ = 650	60	40	120	Т15К6	30	10	0	0,5	16х25	4
5	$\sigma_в$ = 750	50	40	150	Т15К6	45	0	5	1,0	16х25	2
6	НВ=150	50	64	130	ВК8	60	12	15	2,0	25х40	3
7	НВ=150	80	32	200	ВК8	30	20	0	0,5	25х25	2
8	НВ=190	50	70	250	ВК6	45	15	5	1,0	25х40	1
9	НВ=190	90	74	270	ВК6	60	20	15	2,0	25х40	2
10	НВ=190	100	82	300	ВК6	30	12	0	0,5	25х40	3
11	$\sigma_в$ = 750	80	70	100	Т15К6	45	0	5	1,0	16х25	2
12	$\sigma_в$ = 650	120	104	110	Т15К6	60	10	15	2,0	25х40	2
13	$\sigma_в$ = 600	60	36	140	Т15К6	30	0	0	0,5	25х25	3
14	$\sigma_в$ = 550	40	28	160	Т15К6	45	10	5	1,0	25х25	3
15	$\sigma_в$ = 450	40	30	180	Т15К6	60	0	15	2,0	25х25	2
16	НВ=150	100	90	200	ВК8	30	25	0	0,5	25х40	2
17	НВ=150	90	74	250	ВК8	45	20	5	1,0	16х25	4
18	НВ=150	80	60	230	ВК8	60	15	15	2,0	16х25	3
19	НВ=150	70	56	280	ВК8	30	12	0	0,5	25х40	2
20	НВ=190	60	46	300	ВК6	45	20	5	1,0	16х25	3
21	$\sigma_в$ = 550	40	28	200	Т15К6	60	10	15	2,0	25х25	2
22	$\sigma_в$ = 600	50	12	180	Т15К6	30	0	0	0,5	25х40	2
23	$\sigma_в$ = 650	60	42	150	Т15К6	45	10	5	1,0	25х40	3
24	$\sigma_в$ = 700	100	90	130	Т15К6	60	0	15	2,0	16х25	1
25	$\sigma_в$ = 750	40	32	100	Т15К6	30	10	0	0,5	25х25	1
26	НВ=190	70	56	140	ВК6	45	25	5	1,0	25х40	2
27	НВ=190	90	78	160	ВК6	60	12	15	2,0	25х40	3
28	$\sigma_в$ = 750	100	88	180	Т15К6	30	0	0	0,5	16х25	2
29	$\sigma_в$ = 650	30	24	200	Т15К6	45	10	5	1,0	25х25	1
30	$\sigma_в$ = 550	50	26	250	Т15К6	60	0	15	2,0	25х25	3

Таблица 2.

Исходные данные для расчета режимов резания при сверлении

№ варианта	Диаметр сверла D, мм	Обрабатываемый материал: чугун–НВ, сталь–$\sigma_в$, МПа	Материал сверла (марка)	Глубина сверления ℓ, мм	№ варианта	Диаметр сверла D, мм	Обрабатываемый материал: чугун–НВ, сталь–$\sigma_в$, МПа	Материал сверла (марка)	Глубина сверления ℓ, мм
1	10	$\sigma_в$ = 550	Р6М5	30	**16**	10	$\sigma_в$ = 500	Р6М5	40
2	12	$\sigma_в$ = 650	Р6М5	40	**17**	15	$\sigma_в$ = 600	Р6М5	45
3	16	$\sigma_в$ = 750	Р6М5	50	**18**	10	$\sigma_в$ = 750	Р6М5	60
4	18	$\sigma_в$ = 450	Р6М5	72	**19**	14	НВ=150	ВК8	70
5	20	НВ=150	ВК8	40	**20**	18	НВ=150	ВК8	54
6	24	НВ=150	ВК8	72	**21**	14	$\sigma_в$ = 450	Р6М5	70
7	26	НВ=190	ВК8	78	**22**	16	$\sigma_в$ = 550	Р6М5	50
8	28	НВ=190	ВК8	84	**23**	8	$\sigma_в$ = 650	Р6М5	30
9	30	$\sigma_в$ = 450	Р6М5	90	**24**	10	$\sigma_в$ = 750	Р6М5	40
10	10	$\sigma_в$ = 550	Р6М5	30	**25**	12	НВ=150	ВК8	45
11	13	НВ=150	ВК8	60	**26**	10	НВ=190	ВК8	30
12	9	НВ=190	ВК8	30	**27**	10	НВ=190	ВК8	50
13	20	НВ=190	ВК8	60	**28**	13	$\sigma_в$ = 600	Р6М5	40
14	12	НВ=150	ВК8	36	**29**	16	НВ=190	ВК8	48
15	25	$\sigma_в$ = 450	Р6М5	75	**30**	18	НВ=190	ВК8	54

Таблица 3.

Исходные данные для расчета режимов резания при фрезеровании

№ варианта	Параметры обработки			Обрабатываемый материал: Чугун – НВ=150, 190; Сталь–$\sigma_в$, Мпа Медный сплав– НВ=100-140	Параметры фрезы					N, кВт	Жесткость технологической системы
	Ширина B, мм	Длина *l*, мм	Глубина, t, мм		Тип: Т-торцовая; Ц-цилиндрическая	Марка инструментальн-ого материала	Диаметр D, мм	Число зубьев, z	Величина зубьев: К- крупный; М- мелкий		
1	60	200	2	НВ=190	Ц	Р6М5	80	12	К	до 5	пониженная
2	45	240	3	НВ=190	Т	ВК6	63	16	К	5 – 10	пониженная
3	65	280	4	НВ=150	Ц	Р6М5	83	14	К	св. 10	пониженная
4	55	320	5	НВ=150	Т	ВК6	80	18	К	5 - 10	пониженная
5	60	240	6	НВ=150	Ц	Р6М5	80	12	М	5 - 10	пониженная
6	65	360	3	НВ=150	Т	Р6М5	100	20	М	5 - 10	пониженная
7	70	400	4	НВ=150	Ц	Р6М5	80	12	М	до 5	пониженная
8	75	240	5	НВ=150	Т	ВК6	125	22	М	5 - 10	повышенная
9	80	260	2	НВ=190	Ц	Р6М5	100	16	К	св. 10	повышенная
10	85	320	3	НВ=100	Т	Р6М5	125	22	К	5 - 10	повышенная
11	90	280	4	НВ=140	Ц	Р6М5	125	18	К	св. 10	пониженная
12	95	300	5	НВ=110	Т	Р6М5	160	24	К	5 - 10	пониженная
13	100	360	6	НВ=115	Ц	Р6М5	125	18	К	св. 10	повышенная
14	105	400	3	НВ=120	Т	Р6М5	160	24	М	5 - 10	повышенная
15	110	450	4	НВ=130	Ц	Р6М5	200	22	М	5 - 10	повышенная
16	105	400	5	$\sigma_в$ = 550	Т	Т15К6	160	16	М	5 - 10	средняя
17	100	320	2	$\sigma_в$ = 600	Ц	Т15К6	200	14	М	5 - 10	средняя
18	95	300	3	$\sigma_в$ = 650	Т	Т15К6	160	16	М	5 - 10	средняя
19	90	280	4	$\sigma_в$ = 700	Ц	Т15К6	125	10	М	св. 10	средняя
20	85	200	5	$\sigma_в$ = 750	Т	Т15К6	125	14	К	5 - 10	пониженная
21	80	220	6	$\sigma_в$ = 700	Ц	Р6М5	100	10	К	5 - 10	пониженная
22	75	260	3	$\sigma_в$ = 650	Т	Р6М5	100	12	К	св. 10	пониженная
23	70	200	2	$\sigma_в$ = 600	Ц	Т15К6	100	10	К	св. 10	пониженная
24	65	240	3	$\sigma_в$ = 550	Т	Т15К6	80	10	К	5 - 10	пониженная
25	60	280	5	$\sigma_в$ = 700	Ц	Т15К6	80	8	К	св. 10	пониженная
26	35	320	4	$\sigma_в$ = 550	Т	Р6М5	40	6	М	до 5	средняя
27	70	240	6	$\sigma_в$ = 600	Ц	Р6М5	90	14	М	5 - 10	средняя
28	55	360	4	$\sigma_в$ = 650	Т	Т15К6	60	16	М	5 - 10	средняя
29	100	400	5	$\sigma_в$ = 700	Ц	Т15К6	110	12	М	до 5	пониженная
30	60	240	4	$\sigma_в$ = 700	Т	Т15К6	75	10	М	5 - 10	пониженная

Приложение 2

Таблица 1.

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

<table>
<tr><th rowspan="3">Диаметр детали, мм</th><th rowspan="3">Размер державки резца, мм</th><th colspan="8">Обрабатываемый материал</th></tr>
<tr><th colspan="4">Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная</th><th colspan="4">Чугун и медные сплавы</th></tr>
<tr><th colspan="8">Подача S, мм/об, при глубине резания t, мм</th></tr>
<tr><th></th><th></th><th>До 3</th><th>Св. 3 до 5</th><th>Св. 5 до 8</th><th>Св. 8 до 12</th><th>До 3</th><th>Св. 3 до 5</th><th>Св. 5 до 8</th><th>Св. 8 до 12</th></tr>
<tr><td>До 20</td><td>От 16х25 до 25х25</td><td>0,3-0,4</td><td>–</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="3">–</td><td>–</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="2">–</td><td rowspan="3">–</td></tr>
<tr><td>Св. 20 до 40</td><td>От 16х25 до 25х25</td><td>0,4-0,5</td><td>0,3-0,4</td><td>0,4-0,5</td></tr>
<tr><td>» 40 » 60</td><td>От 16х25 до 25х40</td><td>0,5-0,9</td><td>0,4-0,8</td><td>0,3-0,7</td><td>0,6-0,9</td><td>0,5-0,8</td><td>0,4-0,7</td></tr>
<tr><td>» 60 » 100</td><td>От 16х25 до 25х40</td><td>0,6-1,2</td><td>0,5-1,1</td><td>0,5-0,9</td><td>0,4-0,8</td><td>0,8-1,4</td><td>0,7-1,2</td><td>0,6-1,0</td><td>0,5-0,9</td></tr>
<tr><td>» 100 » 400</td><td>От 16х25 до 25х40</td><td>0,8-1,3</td><td>0,7-1,2</td><td>0,6-1,0</td><td>0,5-0,9</td><td>1,0-1,5</td><td>0,8-1,9</td><td>0,8-1,1</td><td>0,6-0,9</td></tr>
</table>

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, $\sigma_в \leq 750$ МПа						
Наружное продольное точение проходными резцами	Т15К6*	S до 0,3 S св.0,3 до 0,7 S св.0,7	420 350 340	0,15	0,20 0,35 0,45	0,20
То же, резцами с дополнительным лезвием	Т15К6*	S ≤ t S > t	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
Обработка серого чугуна, НВ 190						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК6*	S ≤ 0,40 S > 0,40	292 243	0,15	0,20 0,40	0,20
Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	ВК6**	S ≥ t S < t	324 324	0,40 0,20	0,20 0,40	0,28 0,28
Обработка ковкого чугуна, НВ 150						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК8*	S ≤ 0,40 S > 0,40	317 215	0,15 0,15	0,20 0,45	0,20 0,20

Примечание: * Без охлаждения.
** С охлаждением.

При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стальных отливок резами 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	$K_{mv} = K_г \cdot \left(\frac{750}{\sigma_в}\right)^{nv}$
Серый чугун	$K_{mv} = K_г \cdot \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv}$
Ковкий чугун	$K_{mv} = K_г \cdot \left(\frac{150}{HB}\right)^{nv}$
Гетерогенные медные сплавы: НВ > 140 НВ 100 - 140	 *0,7* *1,0*

Примечание:

1. $\sigma_в$ и НВ –фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания.
2. Коэффициент $K_г$, характеризующий группу стали по обрабатываемости, и показатель степени n_v см. таблицу 4

Таблица 4.

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

Обрабатываемый материал	Коэффициент $K_г$ 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 *$\sigma_в$, МПа:* < 450 450-550 > 550	 1,0 1,0 1,0	 1,0 1,0 1,0	 -1,0 1,75 1,75	 1,0 1,0 1,0	 -0,9 -0,9 0,9	 1,0 1,0 1,0	 -0,9 -0,9 0,9	 1,0 1,0 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	*Т15К6* 1,00	
Серый и ковкий чугун	*ВК6* 1,0	*ВК8* 0,83
Сталь, чугун и медные сплавы	*Р6М5* 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, НВ 190	158	1,0	0,75	0
Ковкий чугун, НВ 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 $\sigma_{в,}$ Мпа: ≤ 600 > 600	$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_в}{750}\right)^n$	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: НВ > 120 НВ < 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 45 60	Твердый сплав	$K_{\varphi p}$	1,08 1,00 0,94
	30 45 60	Быстрорежущая сталь		1,08 1,0 0,98
Передний угол γ °	0 10	Твердый сплав	$K_{\gamma p}$	1,1 1,0
	12-15 20-25	Быстрорежущая сталь		1,15 1,00
Угол наклона главного лезвия λ °	0 5 15	Твердый сплав	$K_{\lambda p}$	1,0
Радиус при вершине *r*, мм	0,5 1,0 2,0	Быстрорежущая сталь	K_{rp}	0,87 0,93 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, $\sigma_в \leq 750$ МПа	Р6М5	≤ 0,2 > 0,2	7,0 9,8	0,40	0,70 0,50	0,20
Чугун серый, НВ 190	ВК8	–	34,2	0,45	0,30	0,20
Чугун ковкий, НВ 150	ВК8	–	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*			
		$C_м$	q	x	y	C_p	q	x	y
Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_в \leq$ 750 МПа	Быстрорежущая сталь	0,0345	2,0	–	0,8	68	1,0	–	0,7
Серый чугун, НВ 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, НВ 150		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	
	Т15К6	ВК6
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 ≤ 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 – приспособ-ление	*Фрезы*			
		торцовые		цилиндрические	
		Подача на зуб фрезы S_z, мм, при обработке			
		Конструк-ционной стали	Чугуна и медных сплавов	Конструк-ционной 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 срезаемого слоя			Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания						
		B	*t*	S_z	*Cv*	*q*	*x*	*y*	*u*	*p*	*m*
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\sigma_в \leq 750$ МПа											
Торцовые	Т15К6	–	–	–	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	Р6М5	–	–	≤ 0,1	64,7	0,25	0,1	0,2	0,15	0	0,2
				> 0,1	41			0,4			
Цилиндрические	Т15К6	≤ 35	≤ 2	–	390	0,17	0,19	0,28	-0,05	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				
	Р6М5	–	–	≤ 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, НВ 100 - 140											
Торцовые	Р6М5			≤ 0,1	136	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
				> 0,1	86,2			0,4			
Цилиндрические	Р6М5			≤ 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, НВ 190											
Торцовые	ВК6	–	–	–	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	Р6М5	–	–	–	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Цилиндрические	ВК6	–	< 2,5	≤ 0,2	923	0,37	0,13	0,19	0,23	0,14	0,42
				> 0,2	588			0,47			
		–	≥ 2,5	≤ 0,2	1180	0,37	0,40	0,19	0,23	0,14	0,42
				> 0,2	750			0,47			
	Р6М5	–	–	≤0,15	57,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
				>0,15	27			0,6			
Обработка ковкого чугуна, НВ 150											
Торцовые	ВК6	–	–	≤0,18	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33
				>0,18	695			0,32			
	Р6М5	–	–	≤ 0,1	90,5	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
				> 0,1	57,4			0,4			
Цилиндрические	Р6М5	–	–	≤ 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, $\sigma_в \leq 750$ 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, НВ 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, НВ 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, НВ 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.