Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»
Институт экономики и управления
Кафедра экономики и социологии труда

Технико-технологические нормативно-справочные материалы к лабораторному практикуму по дисциплине «Техника и технология отраслей народного хозяйства»

Ижевск 2010г.

Технико-технологического характера нормативно-методические и справочные материалы подготовлены доцентом кафедры «Экономики и социологии труда» Овчинниковым В. Ф. с использованием общемашиностроительных нормативов режимов резания на металлорежущих станках.

Предназначены для использования при выполнении лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Техника и технология отраслей народного хозяйства» студентами специальностей «Экономика труда», «Национальная экономика», «Менеджмент организации».

Содержание практикума обсуждено и одобрено на заседании кафедры ЭиСТ 19 марта 2010г. (протокол №2)

Зав. кафедрой ЭиСТ
к.э.н., доцент Н.Н. Олимских

© Овчинников В. Ф. Технико-технологические нормативно-справочные материалы к лабораторному практикуму по дисциплине «Техника и технология отраслей народного хозяйства» - Ижевск: Изд-во ИЭиУ ГОУ ВПО «УдГУ», 2010. – 69 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие методические указания по назначению режимов резания 4
2. Режимы резания при точении 9
3. Режимы резания при сверлении, зенкеровании, развертывании 20
4. Режимы резания при фрезеровании 28
5. Режимы резания при шлифовании 39

Приложение 1. Скорость резания при точении и растачивании. Сталь конструкционная. Резцы с пластинками Т5К10 44
Приложение 2. Скорость резания при точении и растачивании. Чугун серый. Резцы с пластинками ВК6 46
Приложение 3. Мощность резания при точении, растачивании. Сталь. Резцы с пластинками из твердого сплава 47
Приложение 4. Мощность резания при точении, растачивании. Чугун. Резцы с пластинками из твердого сплава 48
Приложение 5. Режимы резания при фрезеровании плоскостей и уступов на стальных заготовках. Фрезы концевые Т15К6 49
Приложение 6. Режимы резания при фрезеровании пазов. Чугун серый. Фрезы дисковые из стали Р18 50
Приложение 7. Режимы резания при фрезеровании стальных заготовок. Фрезы торцевые с пластинками Т15К6 52
Приложение 8. Мощность резания при фрезеровании стальных заготовок. Фрезы торцевые с пластинками Т15К6 53
Приложение 9.Паспортные данные некоторых станков 54
Приложение 10. Механические свойства материалов 56

1. Общие методические указания по назначению режимов резания

Необходимым условием для установления режимов резания следует считать наличие разработанного технологического процесса по операциям и переходам и паспортных данных станков.

Назначение оптимальных режимов резания сводится, главным образом, к определению наиболее выгодного сочетания глубины резания, скорости и подачи, обеспечивающих в данных условиях с учетом целесообразного использования режущих свойств инструмента и кинематических возможностей оборудования наибольшую производительность или наименьшую стоимость операции.

Параметры режима резания обычно устанавливаются с учетом следующего.

Глубина резания при черновой (предварительной) обработке назначается по возможности максимальная, равная припуску или его большей части; при чистовой (окончательной) обработке – в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

Подача при черновой обработке также назначается максимально возможная, исходя из жесткости и прочности системы СПИД, мощности привода станка, прочности инструмента и других ограничивающих факторов; при чистовой обработке – с учетом степени точности и требуемого параметра шероховатости обработанной поверхности.

Скорость резания рассчитывается по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки, которые имеют общий вид:

$$V = C_v \times K_v / T^m \times t^x \times S^y,$$

Где C_v – коэффициент, учитывающий вид и некотрые технологические условия обработки;

T – стойкость инструмента в минутах основного времени;

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

K_v – общий поправочный коэффициент.

Дифференцированные значения коэффициента C_v и показателей степени m, x, y приводятся в таблицах для каждого вида обработки. Общий поправочный коэффициент K_v определяется как произведение ряда коэффициентов. Важнейшими из них, общими для различных видов обработки, являются:

K_{mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (табл. 1.1. – 1.3.);

K_{nv} – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки (табл. 1.4.);

K_{uv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента (табл. 1.5.).

Таблица 1.1.

Формулы для расчета поправочного коэффициента K_{mv}

Обрабатываемый материал	Расчетная формула
Сталь	$K_{mv} = K_г\ (750 / \delta_в)^{пv}$
Серый чугун	$K_{mv} = (190 / HB)^{пv}$
Ковкий чугун	$K_{mv} = (150 / HB)^{пv}$

Примечания: 1. HB и $\delta_в$ – фактические параметры, характеризующие соответственно твердость и прочность обрабатываемого материала.

2. Значение коэффициентов $K_г$ и показателей степени $П_v$ даны в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Значение коэффициента $K_г$ и показателя степени $П_v$ для расчета величины K_{mv}

Обрабатываемый материал	Значение $K_г$ для материала инструмента	Значение $П_v$		
		Резцами	Сверлами, зенкерами, развертками	Фрезами
Сталь:				
углеродистая (С≤ 0,6%, $\delta_в$< 450)	1,0/1,0	-0,1/1,0	-0,9/1,0	-0,9/1,0
то же 450 ≤ $\delta_в$ ≤ 550	1,0/1,0	1,75/1,0	-0,9/1,0	-0,9/1,0
то же $\delta_в$ >550	1,0/1,0	1,75/1,0	0,9/1,0	0,9/1,0
повышенной обрабатываемости резанием	1,2/1,1	1,75/1,0	1,05/1,0	-/1,0
углеродистая (С > 0,6%)	0,8/0,9	1,5/1,0	0,9/1,0	1,35/1,0
хромистая (15Х, 40Х и др.)	0,85/0,95	1,75/1,0	-	1,45/1,0
хромоникелевая (20ХН и др.), хромомарганцовистая (18ХГ и др.), хромокремнемарганцовистая (30ХГС и др.), хромоникельмолибденовая (30ХН2МФА и др.), хромолибденоалюминиевая (38Х2Ю и др.), хромолибденованадиевая (20ХМ и др.)	0,7/0,8	1,25/1,0	-	1,0/1,0
марганценистая (15Г и др.)	0,75/0,8	1,5/1,0	-	-

Продолжение табл. 1.2.

хромоникельвольфрамовая	0,8/0,85	1,25/1,0	-	-
быстрорежущая	0,6/0,7	-	-	-
Чугун:				
серый	-	1,7/1,25	1,3/1,3	0,95/1,25
ковкий	-	-	-	0,85/1,25

Примечание: Первое значение соответствует обработке инструментом из быстрорежущей стали, второе – обработке твердосплавным инструментом.

Таблица 1.3.

Значения коэффициентов K_{mv} и K_{mp} для медных и алюминиевых сплавов

Обрабатываемый материал	K_{mv}	K_{mp}
Медные сплавы:		
гетерогенные, НВ >140	0,7	0,75
то же, 100 ≤ НВ ≤ 140	1,0	1,0
свинцовые при основной гетерогенной структуре	1,7	0,7
гомогенные	2,0	1,8-2,2
медь	8,0	1,7-2,1
с содержанием свинца свыше 15%	12,0	0,25-0,45
Алюминиевые сплавы:		
силумин и литейные сплавы (закаленные), $\delta_в$ = 200/300 МПа, НВ > 60	0,8	1,0
дюралюминий (закаленный), $\delta_в$ = 400/500 МПа, НВ > 100	0,8	2,8
силумин и литейные сплавы, $\delta_в$ = 100/200 МПа, НВ ≤ 65, дюралюминий, $\delta_в$ = 300/400 МПа, НВ ≤ 100	1,0	2,0/2,5
дюралюминий, $\delta_в$ = 200/300 МПа	1,2	1,4/1,8

Таблица 1.4.

Значения поправочного коэффициента K_{nv}

Поверхность заготовки без корки	Поверхность с коркой при заготовке				
	прокат	локовка	Стальные и чугунные отливки при корке		Медные и алюминиевые сплавы
			нормальной	сильно загрязненной	
1,0	0,9	0,8	0,8-0,85	0,5-0,6	0,9

Таблица 1.5.

Значения поправочного коэффициента K_{uv}

Обрабатываемый материал	Значение коэффициента K_{uv} при марке инструментального материала					
сталь конструкционная	Т5К10 0,65	Т14К18 0,8	Т15К6 1,0	Т15К10 1,15	Т30К4 1,4	ВК8 0,4
сталь закаленная	HRC 35-40			HRC 51-62		
	Т15К6 1,0	Т30К4 1,25	ВК6 0,85	ВК4 1,0	ВК6 0,92	ВК8 0,74
серый и ковкий чугун	ВК8 0,83	ВК6 1,0	ВК4 1,1	ВК3 1,15	-	-
сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	Р6М5 1,0	ВК4 2,5	ВК6 2,7	9ХС 2,7	ХВГ 0,6	У12А 0,5

Стойкость Т – период работы режущего инструмента до затупления. Значение стойкости, проводимые для различных видов обработки, соответствуют условиям одноинструментной обработки на одностаночном рабочем месте. При многоинструментной обработке период стойкости следует увеличить в зависимости, прежде всего от числа одновременно работающих инструментов, отношения времени резания ко времени рабочего хода материала инструмента, вида оборудования. При многостаночном обслуживании период стойки также необходимо увеличивать по мере возрастания числа станков на рабочем месте. С учетом этого принято, что ориентировочно период стойкости при многоинструментной обработке и многостаночном обслуживании следует определять по формуле:

$$T_м = T \times K_{mu} \times K_{mc} ,$$

где Т – стойкость лимитирующего инструмента, мин.;

K_{mu} и K_{mc} – коэффициент изменения периода стойкости соответственно при многоинструментальной обработке (табл. 1.6.) и при многостаночном обслуживании (табл. 1.7.).

При назначении режимов резания важно учитывать, особенно при черновой обработке, силовые характеристики процесса резания. Под силой резания обычно подразумевается ее главная составляющая P_z , которая определяет расходуемую на резание мощность и крутящий момент на шпинделе станка. Силовые характеристики рассчитывают по эмпирическим формулам, значения коэффициентов и показателей степени, в которых для различных видов обработки приведены в соответствующих разделах данного пособия.

Рассчитанные с использованием табличных данных, силовые характеристики учитывают конкретные технологические параметры (глубину резания, подачу и др.) и действительны при определенных значениях ряда других факторов. Для получения действительных силовых характеристик с учетом физических условий резания вводится общий поправочный коэффициент K_p, представляющий собой произведение ряда коэффициентов. Важнейшим из них является коэффициент $K_{мр}$,учитывающий качество обрабатываемого материала. Значения $K_{мр}$ для медных и алюминиевых сплавов приведены в табл. 1.3., а а для стали и чугуна – в табл. 1.8.

Таблица 1.6.

Значения коэффициента $K_{ти}$ в зависимости от количества одновременно работающих инструментов

Количество инструмента	1	3	5	8	10	15
$K_{ти}$	1,0	1,7	2,0	2,0	3,0	4,0

Таблица 1.7.

Значения коэффициента $K_{тс}$ в зависимости от количества одновременно обслуживаемых станков

Количество станков	1	2	3	4	5	6	7	и более
$K_{тс}$	1,0	1,4	1,9	2,2	2,6	2,8	3,1	

Таблица 1.8.

Поправочный коэффициент $K_{мр}$ для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые характеристики

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени n при определении		
		силы резания P_z, при обработке резцами	крутящего момента M и осевой силы P_o при сверлении зенкеровании	окружной силы резания P_z, при фрезеровании
конструкционная углеродистая и легированная сталь $\delta_в \leq 600$ $\delta_в > 600$	$K_{мр} = (\delta_в / 750)^n$	0,75/0,35 0,75/0,75	0,75/0,75 0,75/0,75	0,3/0,3 0,3/0,3
серый чугун	$K_{мр}=(HB / 190)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
ковкий чугун	$K_{мр}=(HB / 150)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55

Примечание: в числителе даны значения для обработки твердосплавным инструментом, в знаменателе – для обработки инструментом из быстрорежущей стали.

2. Режимы резания при точении

При точении на каждом последующем проходе следует назначить меньшую глубину резания, чем на предшествующем. При параметре шероховатости обработанной поверхности R_a = 3,2 мкм включительно t = 0,5-2,0 мм, при $R_a \geq$ 0,8 мкм, t = 0,1-0,4 мм.

Рекомендуемые значения подач при черновом наружном точении приведены в табл. 2.1., а при черном растачивании – в табл. 2.2. Подачи при чистом точении выбирают в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца (табл. 2.3.).

При прорезании пазов и отрезании величина поперечной подачи зависит от свойств обрабатываемого материала, размеров паза и диаметра обработки (табл. 2.4.). Рекомендуемые подачи при фасонном точении даны в табл. 2.5.

Скорость резания при наружном продольном и поперечном точении и растачивании по эмпирической формуле:

$$V = C_v \times K_v / T^m \times t^x \times S^y$$

а при отрезании, прорезании пазов и фасонном точении – по формуле:

$$V = C_v \times K_v / T^m \times S^y$$

Среднее значение стойкости T при одноинструментной обработке – 30-60 мин. Значения коэффициентов C_v , показателей степени x, y, m приведены в табл. 2.6.

Коэффициент K_v представляет собой произведение коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{mv} (см. табл. 1.1.-1.8.), состояния поверхности K_{nv} (табл. 1.4.), материала инструмента K_{uv} (табл. 1.5.), геометрических параметров резца K_r и K_y (табл. 2.7.). При многоинструментной обработке и многостаночном обслуживании период стойкости увеличивают, вводя соответственно, коэффициенты K_{mu} (табл. 1.6.) и K_{mc} (табл. 1.7.).

Отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от чернового и межоперационного точения. В связи с этим рекомендуемые режимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных алмазных станках повышенной точности и расточных станках даны в отдельной табл. 2.8.

Возникающую в процессе резания силу принято раскладывать на составляющие элементы, направленные по осям координат станка (тангенци-

альную P_z, радиальную P_y и осевую P_x).При наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитывают по формуле:

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

При отрезании, прорезании и фасонном точении вместо глубины резания t в формулу подставляется длина лезвия резца.

Постоянная C_p и показатели степени x, y, n для конкретных (расчетных) условий обработки для каждой из составляющих силы резания приведены в табл. 2.9.

Поправочный коэффициент K_p рассчитывается как произведение ряда коэффициентов:

$$K_p = K_{мр} \times K_{\gamma p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}$$

учитывающих фактические условия резания. Численные значения этих коэффициентов следует брать из табл. 1.3., 1.8., 2.10. и др.

Мощность резания, кВт, рассчитывают по формуле:

$$N = P_z \times V / 1020 \times 60,$$

где P_z – сила резания, Н;

V – скорость резания, м/мин.

Таблица 2.1.

Подачи при черновом наружном точении

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал							
		Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная				Чугун и медные сплавы			
		Подача *S*, мм/об, при глубине резания *t*, мм							
		до 3	от 3 до 5	от 5 до 8	от 8 до 12	до 3	от 3 до 5	от 5 до 8	от 8 до 12
до 20	до 25х25	0,3/0,4	-	-	-	-	-	-	-
от 20 до 40	до 25х25	0,4/0,5	0,3/0,4	-	-	0,4/0,5	-	-	-
от 40 до 60	до 25х40	0,5/0,9	0,4/0,8	0,3/0,7	-	0,6/0,9	0,5/0,8	0,4/0,7	-
от 60 до 100	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
от 100 до 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
от 400 до 500	от 20х30 до 40х60	1,1/1,4	1,0/1,3	0,7/1,2	0,6/1,2	1,3/1,6	1,2/1,5	1,0/1,2	0,7/0,9
от 500 до 600	от 20х30 до 40х60	1,2/1,5	1,0/1,4	0,8/1,3	0,6/1,3	1,5/1,8	1,2/1,6	1,0/1,4	0,9/1,2

Примечания: 1. Нижние значения подач соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим размерам державки резца и менее пробным обрабатываемым материалам.

2. При обработке жаропрочной сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.

3. При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударами табличные значения подач следует уменьшать на коэффициент 0,75-0,85.

Таблица 2.2.

Подачи при черновом растачивании на токарных, токарно-револьверных и карусельных станках резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

Резец и оправка		Обрабатываемый материал									
Диаметр сечения резца или размеры сечения оправки, мм	Вылет резца или оправки, мм	Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная					Чугун и медные сплавы				
		Подача *S*, мм/об, при глубине резания *t*, мм									
		2	3	5	8	12	2	3	5	8	12
Токарные и токарно-револьверные станки											
10	50	0,08	-	-	-	-	0,12-0,16	-	-	-	-
12	60	0,10	0,08	-	-	-	0,12-0,20	0,12-0,18	-	-	-
16	80	0,1-0,2	0,15	0,1	-	-	0,20-0,30	0,15-0,25	0,1-0,38	-	-
20	100	0,5-0,3	0,15-0,25	0,12	-	-	0,3-0,4	0,25-0,35	0,12-0,25	-	-
25	125	0,25-0,5	0,15-0,2	0,12-0,2	-	-	0,4-0,6	0,3-0,5	0,25-0,35	-	-
30	150	0,4-0,7	0,2-0,5	0,12-0,3	-	-	0,5-0,8	0,4-0,6	0,25-0,45	-	-
40	200	-	0,25-0,6	0,15-0,4	-	-	-	0,6-0,81	0,3-0,8	-	-
40x40	150	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4-0,5	-
	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60x60	150	-	0,9-1,2	0,8-1,0	0,6-0,8	-	-	1,0-1,5	1,0-1,2	0,8-0,9	-
	300	-	0,7-1,0	0,5-0,8	0,4-0,7	-	-	0,9-1,2	0,7-0,5	0,5-0,7	-
75x75	300	-	0,9-1,3	0,8-1,1	0,7-0,9	-	-	1,1-1,6	0,9-1,3	0,7-1,0	-
	500	-	0,7-1,0	0,6-0,9	0,5-0,7	-	-	-	0,7-1,1	0,6-0,6	-
Карусельные станки											
-	200	-	1,3-1,7	1,2-1,5	1,1-1,3	0,9-0,12	-	1,5-2,0	1,4-2,0	1,2-1,6	1,0-1,4
	300	-	1,2-1,4	1,0-1,3	0,9-1,1	0,8-1,0	-	1,4-1,8	1,2-1,7	1,0-1,3	0,8-1,1
	500	-	1,0-1,2	0,9-1,1	0,7-0,9	0,6-0,7	-	1,2-1,6	1,1-1,5	0,8-1,1	0,7-0,9

Примечание: 1. Верхние пределы подач рекомендуются для меньшей глубины резания при обработке менее прочных материалов, нижнее – для большой глубины и более прочных материалов.

Таблица 2.6.

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

Вид обработки	Материал режущей части резца	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			C_v	x	y	m
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\delta_в$ = 750 МПа						
наружное продольное точение проходными резцами	Т15К6*	до 0,3 от 0,3 до 0,7 св. 0,7	420 350 340	0,15	0,20 0,35 0,45	0,20
то же, резцами с дополнительным лезвием	Т15К6*	$S \le t$ $S > t$	292 292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
отрезание	Т5К10* Р18**	-	47 23,7	-	0,80 0,66	0,20 0,25
фасонное точение	Р18**	-	22,7	-	0,50	0,30
нарезание крепежной резьбы	Т15К6*	-	244	0,23	0,30	0,20
	Р6М5	черновые ходы: $P \le 2$ *мм* $P > 2$ *мм* чистовые ходы:	 14,8 30 41,8	 0,70 0,60 0,45	 0,30 0,25 0,30	 0,11 0,08 0,13
Обработка серого чугуна, НВ 190						
наружное продольное точение проходными резцами	ВК6*	$S \le 0,40$ $S > 0,40$	292 243	0,15	0,20 0,40	0,20
то же, резцами с дополнительным лезвием	ВК6**	$S \ge t$ $S < t$	324 324	0,40 0,20	0,20 0,40	0,28 0,28
отрезание	ВК6*	-	68,5	-	0,40	0,20
Обработка ковкого чугуна, НВ 150						
наружное продольное точение проходными резцами	ВК8*	$S \le 0,40$ $S > 0,40$	317 215	0,15 0,15	0,20 0,45	0,20 0,20
отрезание	ВК6*	-	86	-	0,4	0,20

Продолжение табл. 2.6.

Обработка местных гетерогенных сплавов средней твердости, НВ 100-140						
наружное продольное точение	Р18* Р18	0,20 0,20	270 182	0,12	0,25 0,30	0,23
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\delta_в$ = 100*200 МПа, НВ65; дюралюминия, $\delta_в$ = 300÷400 МПа, НВ100						
наружное продольное точение проходными резцами	Р18* Р18	0,20 0,20	485 328	0,12	0,25 0,50	0,28

* без охлаждения;

** с охлаждением.

Примечания: 1. При внутренней обработке (растачивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимать скорость резания, равную скорости резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.

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

3. При отрезании и прорезании с охлаждением резца из твердого сплава Т15К6 конструкционных сталей и стальных отливок вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4.

4. При фасонном точении глубокого и сложного профиля на скорость резания вводить поправочный коэффициент 0,85.

Таблица 2.7.

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние параметров резца на скорость резания

Главный угол в плане, γ	Коэффициент $K_{\gamma v}$	Вспомогательный угол в лане, γ_1	Коэффициент $K_{\gamma 1 v}$	Радиус при вершине резца r* , мм	Коэффициент K_{rv}
20	1,4	10	1,0	1	0,94
30	1,2	15	0,97	2	1,0
45	1,0	20	0,94	3	1,03
60	0,9	30	0,91	-	-
75	0,8	45	0,87	5	1,13
90	0,7	-	-	-	-

* учитывают только для резцов из быстрорежущей стали.

Таблица 2.8.

Режимы резания при тонком точении и растачивании

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части режущего инструмента	Параметр шероховатости поверхности, R_a, мкм	Подача, S_o, мм/об	Скорость резания, м/мин
Сталь: $\delta_в$ < 650 МПа $\delta_в$ = 650÷800 МПа $\delta_в$ >800 МПа	Т30К4	1,25-0,63	0,06-0,12	250-300 150-200 120-170
Чугун: НВ149-163 НВ156-229 НВ170-241	ВК3	2,5-1,25		150-200 120-150 100-120

Примечания: 1. Глубина резания 0,1-0,15 мм.

2. Предварительный проход с глубиной резания 0,4 мм улучшает геометрическую форму обработанной поверхности.

3. Меньшие значения параметра шероховатости поверхности соответствуют меньшим подачам.

Таблица 2.9.

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

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени в формулах для составляющих											
			тангенциальной, P_z				радиальной, P_y				осевой, P_x			
			C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n
Серый чугун, НВ190	твердый сплав	наружное продольное и поперечное точение и растачивание	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	48	1,0	0,4	0
		наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	123		0,85		61	0,6	0,5		24	1,05	0,2	
	быстрорежущая сталь	отрезание и прорезание	158	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ковкий чугун, НВ150	твердый сплав	наружное продольное и поперечное точение и растачивание	31 100	1,0	0,75	0	43 88	0,9	0,75	0	38 40	1,0 1,2	0,4 0,65	0
		отрезание и прорезание	139		1,0		-	-	-	-	-	-	-	-
Конструкционная сталь и стальные отливки, $\delta_в$ = 750 МПа	твердый сплав	наружное продольное и поперечное точение и растачивание	300	1,0	0,75	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
		наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	384	0,90	0,90		-	-	-	-	-	-	-	-
		отрезание и прорезание	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	-

Продолжение табл. 2.9.

	быстрорежущая сталь	наружное продольное точение, подрезание и растачивание	200	1,0	0,75	-	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		отрезание и прореза-ние	247		1,0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Сталь жаропроч-ная 12Х18Н9Т НВ141	твердый сплав	наружное продольное точение, подрезание и растачивание	204	1,0	0,75	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	сталь	наружное продольное точение, подрезание, растачивание, подре-зание	40		0,75		-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 2.10.

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

Параметры		Материал режущей части инструмента	Поправочные коэффициенты			
Наименование	Величина		Обозначение	Величина коэффициента для составляющих		
				тангенциальной, P_z	радиальной, P_y	осевой, P_x
главный угол в плане, φ^o	30	твердый сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17
	30	быстрорежущая сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
передний угол, γ^o	-15	твердый сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,1	1,4	1,4
	10			1,0	1,0	1,0
	12-15	быстрорежущая сталь		1,15	1,0	1,7
	20-25			1,0	1,0	1,0
угол наклона главного лезвия, λ^o	-5	твердый сплав	$K_{\lambda p}$	1,0	0,75	1,07
	0				1,0	1,0
	5				1,25	0,85
	15				1,7	0,65
радиус при вершине r, мм	0,5	быстрорежущая сталь	K_{rp}	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	4,0			1,1	1,33	

Таблица 3.1.

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

Диаметр сверла *Д*, мм	Сталь				Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	НВ < 160	НВ 160-240	НВ 240-300	НВ > 300	НВ ≤ 170	НВ > 170
2-4	0,09-0,13	0,09-0,10	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	0,89-0,93	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: приведенные подачи применяют при сверлении отверстий глубины $R \leq 3\ Д$ с точностью не выше 12-го квалитета и условий жесткой технологической системы. В противном случае вводят поправочные коэффициенты:

1. на глубину отверстия - $K_{ls} = 0,9$ при $l \leq 5Д$; $K_{ls} = 0,8$ при $l \leq 7Д$; $K_{ls} = 0,75$ при $l \leq 10Д$;
2. на достижение 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 3.2.

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

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера *Д*, мм								
	до 15	от15 до 20	от20 до 25	от25 до 30	от30 до 35	от35 до 40	от40 до 50	от50 до 60	от60 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, НВ < 200	0,7-	0,9-	1,0-	1,1-	1,2-	1,4-	1,6-	1,8-	2,0-

и медные сплавы	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4
Чугун НВ > 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 квалитета. Для более высокой точности (9-11-й квалитеты), а так же при подготовке отверстий под последующую обработку их одной разверткой или под нарезание резьбы метчиком вводить поправочный коэффициент $K_{os}=0,7$.

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

Таблица 3.3.

Подачи, мм/об, при предварительном (черновом) развертывании отверстий развертками из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	Диаметр развертки D, мм								
	до 10	от10 до 15	от15 до 20	от20 до 25	от25 до 30	от30 до 35	от35 до 40	от40 до 50	от50 до 60
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7
Чугун, НВ ≤ 200 и медные сплавы	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3
Чугун НВ > 200	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4

Примечания: 1. подачу следует уменьшать:

а) при чистовом развертывании в один проход с точностью по 9-11-му квалитетами и параметром шероховатости поверхности $R_a = 3,2 \div 6,3$ мкм или при развертывании под полирование и хонингование, умножая на коэффициент $K_{os}=0,8$;

б) при чистовом развертывании после чернового с точностью по 7-му квалитету и параметром шероховатости поверхности $R_a = 0,4 \div 0,8$ мкм умножая на коэффициент $K_{os}=0,7$;

в) при твердосплавной рабочей части, умножая на коэффициент $K_{us}=0,7$.

2. При развертывании глухих отверстий подача не должна превышать 0,2-0,5 мм/об.

Таблица 3.4.

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				Охлаждение
			C_v	q	m	y	
Сталь конструкционная углеродистая, $\delta_в$= 750 МПа	Р6М5	0,2 0,2	7,0 9,8	0,40	0,70 0,50	0,20	есть
Сталь жаропрочная 12Х189Т, НВ141		-	3,5	0,50	0,45	0,12	

Чугун серый, НВ190		0,3 0,3	14,7 17,1	0,25	0,55 0,40	0,125	нет
	ВК8	-	34,2	0,45	0,30	0,20	
Медные гетерогенные сплавы средней твердости (НВ100-140)	Р6М5	0,3 0,3	28,1 32,6	0,25	0,55 0,40	0,125	есть
Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\delta_в$= 100÷200 МПа, НВ ≤ 65; дюралюминий, НВ≤100		0,3 0,3	36,3 40,7	0,25	0,55 0,40	0,125	

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 уменьшить, умножая ее на коэффициент $K_{sv}=0,75$.

Таблица 3.5.

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

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степени					Охлаждение
			C_v	q	x	y	n	
Конструкционная углеродистая сталь, $\delta_в$= 750 МПа	рассверливание	Р6М5 ВК8	16,2 10,8	0,4 0,6	0,2	0,5 0,3	0,2 0,25	есть
	зенкерование	Р6М5 Т15К6	16,8 10,0	0,3 0,8		0,5 0,3	0,3 0,25	
	развертывание	Р8М5 Т15К6	10,5 100,6	0,3 0,3	0,2 0	0,65 0,65	0,4	
Конструкционная закаленная сталь, $\delta_в$= 1600+1800 МПа, HRC49-54	зенкерование	Т15К6	10,0	0,8	0,3	0,6	3,48	
	развертывание	Т15К6	14,0	0,4	0,75	1,05	0,85	
Серый чугун, НВ180	рассверливание	Р6М5 ВК8	23,4 56,9	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	нет
	зенкерование	Р6М5 ВК8	18,8 105,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	
Ковкий чугун, НВ150	рассверливание	Р6М5 ВК8	34,7 77,4	0,25 0,5	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	есть
	зенкерование	Р6М5 ВК8	27,9 143,0	0,2 0,4	0,1 0,15	0,4 0,45	0,125 0,4	

Таблица 3.6.

Средние значения периода стойкости сверл, зенкеров и разверток

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
Сверло (сверление и рассверливание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	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	-	-	-
	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 и ковкий чугун	быстрорежущая сталь и твердый сплав	-	-	30	40	50	60	80
Развертки (развертывание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	быстрорежущая сталь	-	25	40	80	80	120	120
		твердый сплав	-	20	30	50	70	90	90
	Серый и ковкий чугун	быстрорежущая сталь	-	-	60	120	120	180	180

Таблица 3.7.

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

Параметр	Сверление					Рассверливание, зенкерование, развертывание
Глубина обрабатываемого отверстия	3D	4D	5D	6D	8D	-
Коэффициент K_{lv}	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	1,0

Таблица 3.8.

Значение 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 сталь, $\delta_в$= 750 МПа	сверление	быстрорежущая сталь	0,0345	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
	рассверливание и зенкерование		0,09	1,0	0,9	0,8	67	-	1,2	0,85
Жаропрочная сталь, 12Х18Н9Т, НВ141	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	0,03
Серый чугун, НВ190	сверление	твердый сплав	0,012	2,2	-	0,8	42	1,2	-	0,75
	рассверливание и зенкерование		0,196	0,85	0,8	0,7	46	-	1,0	0,4
Ковкий чугун, НВ150	сверление	быстрорежущая сталь	0,021	2,0	-	0,8	43,3	1,0	-	0,8
	рассверливание и зенкерование	твердый сплав	0,01	2,2	-	0,8	32,8	1,2	-	0,75
			0,17	0,85	0,8	0,7	38	-	1,0	0,4
Гетерогенные медные сплавы средней твердости, НВ120	сверление	быстрорежущая сталь	0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
	рассверливание и зенкерование		0,031	0,85	-	0,8	17,2	-	1,0	0,4

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

Таблица 2.3.

Подачи, мм/об, при чистовом точении

Параметр шероховатости, мкм		Радиус при вершине резца r, мм					
R_a	R_z	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	-	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	-	0,10	0,13	0,605	0,19	0,21	0,23
2,50	-	0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
-	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
-	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
-	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примечание: подачи даны для обработки сталей с $\delta_в$ = 700 ÷ 900 МПа и чугунов; для сталей с $\delta_в$ = 500 ÷ 700 МПа значения подач умножить на коэффициент K_s = 0,45; для сталей с $\delta_в$ = 900 ÷ 1100 МПа значения подач умножить на коэффициент K_s = 1,25.

Таблица 2.4.

Подачи, мм/об, при прорезании пазов и отрезании

Диаметр обработки, мм	Ширина резца, мм	Обрабатываемый материал	
		Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье	Чугун, медные и алюминиевые сплавы
Токарно-револьверные станки			
до 20	3	0,06-0,08	0,11-0,14
от 20 до 40	3-4	0,1-0,12	0,16-0,10
от 40 до 60	4-5	0,13-0,16	0,20-0,24
от 60 до 100	5-8	0,16-0,23	0,24-0,32
от 100 до 150	6-10	0,18-0,20	0,3-0,4
св. 150	10-15	0,28-0,36	0,4-0,55

Примечания: 1. При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм при приближении резца к оси детали до 0,5 радиуса табличные значения подачи следует уменьшить на 40-50%.

2. Для закаленной конструкционной стали табличные значения подачи уменьшать на 305 при HRC < 50 и на 50% при HRC > 50.

3. При работе резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения умножить на коэффициент 0,8.

Таблица 2.5.

Подачи, мм/об, при фасонном точении

Ширина резца, мм	Диаметр обработки, мм			
	20	25	40	80 и более
8	0,03-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09	0,04-0,09
10	0,03-0,07	0,04-0,085	0,04-0,085	0,04-0,085
15	0,02-0,05	0,035-0,075	0,04-0,08	0,04-0,08
20	-	0,03-0,06	0,04-0,08	0,04-0,08
30	-	-	0,035-0,07	0,035-0,07

Примечание: меньшие подачи брать для более сложных и глубоких профилей и твердых металлов, больше – для простых и мягких металлов.

Таблица 4.2.

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

Мощность станка или фрезерной головки, кВт	Жесткость системы заготовка - приспособление	Фрезы			
		торцовые и дисковые		цилиндрические	
		Подача на один зуб, S_z, мм, при обработке			
		конструкционной стали	чугуна и медных сплавов	конструкционной стали	чугуна и медных сплавов
		Фрезы с крупным зубом и фрезы со вставными ножами			
свыше 10	повышенная средняя пониженная	0,20-0,30 0,15-0,25 0,10-0,15	0,40-0,60 0,30-0,50 0,20-0,30	0,40-0,60 0,30-0,40 0,20-0,30	0,60-0,80 0,40-0,60 0,25-0,40
5-10	повышенная средняя пониженная	0,12-0,20 0,08-0,15 0,06-0,10	0,30-0,50 0,20-0,40 0,15-0,25	0,25-0,40 0,12-0,20 0,10-0,15	0,30-0,50 0,20-0,30 0,12-0,20
до 5	средняя пониженная	0,06-0,07 0,04-0,06	0,15-0,30 0,10-0,20	0,08-0,12 0,06-0,10	0,10-0,18 0,08-0,15
		Фрезы с мелким зубом			
5-10	повышенная средняя пониженная	0,08-0,12 0,06-0,10 0,04-0,08	0,20-0,35 0,15-0,30 0,10-0,20	0,10-0,15 0,06-0,10 0,06-0,08	0,12-0,20 0,10-0,15 0,08-0,12
до 5	средняя пониженная	0,04-0,08 0,03-0,05	0,12-0,20 0,08-0,15	0,05-0,08 0,03-0,06	0,06-0,12 0,05-0,10

Примечания. 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 брать те же, что и для конструкционной стали, но не выше 0,3 мм/зуб.

Таблица 4.3.

Подачи при фрезеровании стальных заготовок различными фрезами из быстрорежущей стали

Диаметр фрезы,D,мм	Фрезы	Подача на зуб, S_z, мм при глубине фрезерования t, мм							
		3	5	6	8	10	12	15	20
16	концевые	0,08-0,05	0,06-0,05						
20		0,10-0,06	0,07-0,04						
25		0,12-0,07	0,09-0,05	0,08-0,04					
35		0,16-0,10	0,12-0,07	0,10-0,05					
	угловые и фасонные	0,08-0,04	0,07-0,05	0,06-0,04					
40	концевые	0,20-0,12	0,14-0,08	0,12-0,07	0,08-0,05				
	угловые и фасонные	0,09-0,05	0,07-0,05	0,06-0,03	0,06-0,03				
	прорезные	0,009-0,005	0,007-0,003	0,01-0,007					
50	концевые	0,25-,015	0,15-0,10	0,13-0,08	0,10-0,07				
	угловые и фасонные	0,10-0,06	0,08-0,05	0,07-0,04	0,06-0,03				
	прорезные	0,010-0,006	0,008-0,004	0,012-0,008	0,012-0,008				
60	угловые и фасонные	0,10-0,06	0,08-0,05	0,07-0,04	0,06-0,04	0,05-0,03			
	прорезные	0,013-0,008	0,010-0,005	0,015-0,01	0,015-0,01	0,015-0,01			
	отрезные			0,025-0,015	0,022-0,012	0,02-0,01			
75	угловые и фасонные	0,12-0,08	0,10-0,06	0,09-0,05	0,07-0,05	0,06-0,04	0,06-0,03		
	прорезные		0,015-0,005	0,025-0.01	0,022-0,01	0,02-0,01	0,017-0,008	0,015-0,007	
	отрезные			0,03-0,015	0,027-0,012	0,025-0,01	0,022-0,01	0,02-0,01	

Примечания. 1. При фрезеровании чугуна, медных и алюминиевых сплавов подачи могут быть увеличены на 30-40%.

2. Приведены подачи для фасонных фрез с выпуклым плавно очерченным профилем; для таких же фрез с резко очерченным или вогнутым профилем подачи должны быть уменьшены на 40%.

3. Подачи для прорезных и отрезных фрез с мелким зубом установлены при глубине фрезерования до 5 мм, с крупным зубом – при глубине свыше 5 мм.

Таблица 4.4.

Подачи при фрезеровании твердосплавными концевыми фрезами плоскостей и уступов стальных заготовок

Черновое фрезерование							
Вид твердо-сплавных элементов	Диаметр фрезы, *D*, мм	Подача на один зуб, S_z, мм при глубине фрезерования *t*, мм					
		1-3	5	8	12	20	30
Коронка	10-12	0,01-0,03					
	14-16	0,02-0,06	0,02-0,04				
	18-22	0,04-0,07	0,03-0,05	0,02-0,04			
Винтовые пластинки	20	0,06-0,10	0,05-0,08	0,03-0,05			
	25	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,10	0,05-0,08		
	30	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,09		
	40	0,10-0,18	0,08-0,13	0,06-0,11	0,04-0,07		
	50	0,10-0,20	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,09	0,05-0,08
	60	0,12-0,20	0,10-0,16	0,10-0,12	0,08-0,12	0,06-0,10	0,06-0,10
Чистовое фрезерование							
Диаметр фрезы, *D*, 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	

Примечания. 1. При черновом фрезеровании чугуна подачи приведенные для чернового, фрезерование стали, могут быть увеличены на 30-40%; при чистовом фрезеровании чугуна сохраняется величина подачи, рекомендованная для чистового фрезерования стали.

2. Верхние пределы подачи при черновом фрезеровании применять при малой ширине фрезерования на станках высокой жесткости, нижние приделы – при большой ширине фрезерования на станках недостаточной жесткости

3. При работе с подачами для чистового фрезерования достигается параметр шероховатости $R_a = 0,8 \div 1,6$ *мкм.*

Таблица 4.5.

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

Параметр шероховатости поверхности R_a, мкм	Торцовые и дисковые фрезы со вставными ножами		Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали при диаметре фрезы, мм, в зависимости от обрабатываемого материала					
	из твердого 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	0,5-1,2	1,0-2,7	1,7-3,8	2,3-5,0	1,0-2,3	1,4-3,0	1,9-3,7
1,6	0,4-0,6	0,23-0,5	0,6-1,5	1,0-2,1	1,3-2,8	0,6-1,3	0,8-1,7	1,1-2,1

Таблица 4.6.

Подачи при фрезеровании стальных заготовок шпоночными фрезами из быстрорежущей стали

Диаметр фрезы, D, мм	Фрезерование на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей при глубине фрезерования на один двойной ход, составляющий часть глубины шпоночного паза		Фрезерование на вертикально-фрезерных станках за один проход	
			осевое врезание на глубину шпоночного паза	продольное движение при фрезеровании шпоночного паза
	глубина фрезерования, t, мм	Подача на один зуб, S_z, мм		
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8		0,12	0,007	0,022
10		0,16	0,008	0,024
12		0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028
18		0,28	0,011	0,030

Продолжение табл. 4.6.

20 24	0,4	0,31 0,38	0,011 0,012	0,032 0,036
28 32 36 40	0,5	0,45 0,50 0,55 0,65	0,014 0,015 0,016 0,016	0,037 0,037 0,038 0,038

Примечание. Подачи даны для конструкционной стали с $\delta_в$= 750 МПа, при обработке сталей, более высокой прочности подачи снижают на 20-40%.

Таблица 4.7.

Значение коэффициента и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

Фрезы	Материал режущей части	Операция	параметры срезаемого слоя, мм			Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания						
			B	*t*	S_z	C_v	*q*	*x*	*y*	*u*	*p*	*m*
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\delta_в$= 750 МПа												
торцовые	Т15К6*[1]	фрезерование плоскостей	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	Р6М5*[2]		-	-	≤ 0,1 > 0,1	64,7 41	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2
цилиндрические	Т15К6*[1]		≤ 35 > 35	≤ 2 > 2 ≤ 2 > 2	-	390 443 616 700	0,17 0,17	0,19 0,38 0,19 0,38	0,28 0,28	-0,05 0,08	0,1 0,1	0,33 0,33
	Р6М5*[2]		-	-	≤ 0,1 > 0,1	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
дисковые со вставными ножами	Т15К6*[1]	фрезерование плоскостей и уступов	-	-	≤ 0,1 > 12	1340 740	0,2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35

Продолжение табл. 4.7.

дисковые со вставными ножами	Т15К6*[1]	фрезерование пазов	-	-	≤ 0,06 > 0,06	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,33
	Р6М5*[2]	фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	≤ 0,1 > 0,1	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
дисковые цельные	Р6М5*[2]		-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
концевые с коронками	Т15К6*[1]		-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
концевые с напаянными пластинами			-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,1	0,33
концевые цельные	Р6М5*[2]		-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0.33
прорезные и отрезные	Р6М5*[2]	прорезание пазов и отрезание	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
шпоночные двухперые	Р6М5*[2]	фрезерование шпоночных пазов	-	-	-	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26
Обработка серого чугуна, НВ190												
торцовые	ВК6*[1]	фрезерование плоскостей	-	-	-	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	Р6М5*[1]		-	-	-	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
цилиндрические	ВК6*[1]		-	-	< 0,2 > 0,2	923 588	0,37	0,13	0,19 0,47	0,23	0,14	0,42
	Р6М5*[1]		-	-	≤ 0,15 > 0,15	57,6 27	0,7	0,5	0,2 0,6	0,3	0,3	0,25
дисковые со вставными ножами	Р6М5*[1]	фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	-	85	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15

Продолжение табл. 4.7.

дисковые цельные	Р6М5*[1]	фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	-	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
концевые	Р6М5*[1]	фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
прорезные и отрезные	Р6М5*[1]	прорезание пазов	-	-	-	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15
торцовые	ВК6*[1]	фрезерование плоскостей	-	-	≤ 0,18 > 0,18	994 695	0,22	0,17	0,1 0,32	0,22	0	0,33
	Р6М5*[2]		-	-	≤ 0,1 > 0,1	90,5 57,4	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
цилиндрические			-	-	≤ 0,1 > 0,1	77 49,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
дисковые со вставными ножами	Р6М5*[2]	фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	≤ 0,1 > 0,1	105,8 68	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
дисковые цельные			-	-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
концевые	Р6М5*[2]	фрезерование плоскостей и уступов	-	-	-	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
прорезные и отрезные		прорезание пазов и отрезание	-	-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов, $\delta_в$= 100-200МПа, НВ ≤ 65 и дюралюминия, $\delta_в$= 300-400МПа, НВ ≤ 100												
торцовые	Р6М5*[1]	фрезерование плоскостей	-	-	≤ 0,1 > 0,1	245 155	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2

Продолжение табл. 4.7.

цилиндрические	Р6М5*[1]	фрезерование плоскостей	-	-	≤ 0,1 > 0,1	208 133,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
дисковые со вставными ножами	Р6М5*[1]	фрезерование плоскостей и уступов	-	-	≤ 0,1 > 0,1	285 183,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
дисковые цельные			-	-	-	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
концевые			-	-	-	185,5	0,43	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
прорезные и отрезные		прорезание пазов и отрезание	-	-	-	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

*[1] без охлаждения; *[2] с охлаждением.

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

Таблица 4.8.

Средние 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	180	180	180	180	240	240
цилиндрическое со вставными ножами и цельные с крупным зубом	-	-	-	-	-	180	180	180	240	-
цилиндрические цельные с мелким зубом	-	-	120	120	180	180	-	-	-	-
дисковые	-	-	-	-	-	120	120	150	180	240
концевые	80	90	120	180	-	-	-	-	-	-
прорезные и отрезные	-	-	-	-	60	75	120	120	150	-

Таблица 4.9.

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

Фрезы	Материал ревущей части инст-румента	Коэффициент и показатели степени					
		C_p	x	y	u	q	w
Обработка конструкционной углеродистой стали, $\delta_в$= 750 МПа							
Торцовые	твердый сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	быстрорежущая сталь	82,5	0,95	0,8	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	0,88	0
Дисковые, прорезные,отрезные	твердый сплав	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Концевые	твердый сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	-0,13
	быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обработка жаропрочной стали 12Х18Н9Т в состоянии поставки, НВ 141							
Торцовые	твердый сплав	218	0,92	0,78	1,0	1,15	0
Концевые	быстрорежущая сталь	82	0,75	0,6	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
Дисковые, концевые,прорезные	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, концевые, прорезные и отрезные	быстрорежущая сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Примечания. 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 ($\delta_в$< 600 МПа) в 1,75-1,9 раза; во всех остальных случаях – 1,2-1,4 раза.

Таблица 5.1.

Параметры резания при различных видах шлифования, заточки и доводки

Обрабатываемый материал	Характеристика процесса шлифования	Скорость круга, V_k, м/с	Скорость заготовки, $V_з$, м/мин.	Глубина шлифования, t, мм	Продольная подача, S	Радиальная подача, S_p, мм/об
Круглое наружное шлифование						
Конструкционные металлы и инструментальные сплавы	с продольной подачей на каждый ход:	30-35				
	предварительное		12-25	0,01-0,025	(0,3-0,7)B	-
	окончательное		15-55	0,005-0,015	(0,2-0,4)B	-
	с продольной подачей на двойной ход:		20-30	0,015-0,05	(0,3-0,7)B	
	врезное:					
	предварительное		30-50	-	-	0,0025-0,075
	окончательное		20-40	-	-	0,001-0,005
Твердые сплавы	с продольной подачей:					
	предварительное	20-30	10-20	0,0075-0,01	0,5-0,8	-
	окончательное	30-35	20-30		0,3-0,5	-
Круглое внутреннее шлифование						
Конструкционные металлы и инструментальные сплавы	на станках общего назначения:	30-35				
	предварительное		20-40	0,005-0,02	-	-
	окончательное			0,0025-0,01	-	-
	на полуавтоматических станках:					
	предварительное		50-150	0,0025-0,005	(0,4-0,75)B	-
	окончательное			0,0015-0,0025	(0,25-0,4)B	-

Продолжение табл. 5.1.

Круглое бесцентровое шлифование						
Конструкционные металлы и инструментальные сплавы	на проход: предварительное при 20 мм окончательное	 30-35	 20-120 40-120	0,02-0,05 0,0025-0,01	0,5-3,8 1,2-2,0	 - -
	врезное: предварительное окончательное	 10-45 10-30	 - -	 - -	 0,001-0,005
Плоское шлифование периферией круга						
Конструкционные металлы и инструментальные сплавы	на станках с круглым столом: предварительное окончательное	 30-35	 20-60 40-60	 0,005-0,015 0,005-0,01	 (0,3-0,6)B (0,2-0,25)B	 - -
	на станках с прямоугольным столом в серийном производстве: предварительное окончательное	 30-35	 8-30 15-20	 0,015-0,04 0,005-0,015	 (0,4-0,7)B (0,2-0,3)B	 - -

Продолжение табл. 5.1.

Плоское шлифование торцом круга						
Конструкционные металлы и инструментальные сплавы	на станках с прямоугольным столом: предварительное окончательное	25-30	 4-12 2-3	 0,015-0,04 0,005-0,01	 - -	 - -
	на станках с круглым столом с вертикальной подачей на каждый оборот стола: предварительное окончательное		10-40	0,015-0,03 0,005	- -	- -
	на станках с круглым столом однопроходного шлифования с автоматической подачей заготовок: предварительное окончательное		 2-3	 0,1-0,15 0,005	 - -	 - -

Примечания. 1. В - толщина круга, мм.

2. Для расчета мощности при круглом шлифовании, если значение продольной подачи приведено в м/мин., вычисляют продольную подачу в мм/об заготовки по формуле $S\ (м/мин) = S\ (м/мин) \times \pi\ d\ /\ 1000\ V_з$, где d – диаметр заготовки, мм; $V_з$ – окружная скорость заготовки, м/мин.

Таблица 5.2.

Значения коэффициента и показателей степени в формулах мощности при шлифовании

Шлифование	обрабатываемый материал	Шлифовальный круг		Коэффициент и показатели степени					
		зернистость	твердость	C_n	r	x	y	q	z
Круглое наружное: с поперечной подачей на двойной ход с поперечной подачей на каждый ход врезное	СЗН	50-40 50 40 50	СМ1-СМ2 СМ2 СМ1-С1 С1	1,3 2,2 2,65 0,14	0,75 0,5 0,5 0,8	0,85 0,5 0,5 0,8	0,7 0,55 0,55 -	-	-
Круглое внутреннее	СН	40	С1	0,27	0,5	0,4	0,4	0,3	-
	СЗ	40-25	СМ1-С1	0,36	0,35				
	Ч	40	СМ1	0,3	0,35				
Круглое бесцентровое	СН	40-25 25	С1-СТ1 СМ2	0,1 0,075	0,85	0,6	0,7	0,5	-
напроход	СЗ	40 25	СМ1-С1	0,28 0,34	0,6	0,6	0,5	0,5	-
врезное	СЗН	40	СМ1-С1	0,07	0,65	0,65	-	0,5	1,0
Плоское периферией круга на станках: с прямоугольным столом	СН	50 50-40	СМ2 С1 СТ2 МЗ-С1	0,52 0,59 0,68 0,53	1,0 0,8	0,8 0,65	0,8 0,7	-	-
с круглым столом	СЗ	50-40	МЗ-СМ1	0,7	0,7	0,5	0,5	-	-
	СН	80-50 50	М1-СМ2 М3	1,9*[1] 1,31*[2]	0,5	-	-	-	0,6
	СЗ	80-50	М1-СМ2 М3	5,2*[1] 3,8*[2]	0,3	0,25	-	-	0,3
	Ч	80-50 50	СМ1-СМ2 СМ2	4,0*[1] 2,6*[2]	0,4	0,4	-	-	0,45

*[1] круг кольцевой;

*[2] круг сегментный.

Примечания. 1. СЗН – сталь закаленная и незакаленная; СЗ – стали закаленная; СН – сталь незакаленная; Ч – чугун. 2. Абразивный материал: электрокорунд – при обработке стали; карборунд – при обработке чугуна.

Приложение 1

Скорость резания при точении. Сталь конструкционная. Резцы с пластинками Т5К10

Предел прочности при растяжении, $\delta_в$, МПа							Подача, S в мм/об до												
44 - 49	50 - 55	56 - 62	63 - 70	71 - 79	80 - 89	90 - 100													
Твердость по Бринеллю, НВ																			
120-140	141-158	159-177	178-200	201-226	227-255	256-286													
Глубина резания, t в мм до																			
2	1	-	-	-	-	-	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	-	-	-	-
4	2	1	-	-	-	-	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	-	-	-
8	4	2	1	-	-	-	-	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	-	-
20	8	4	2	1	-	-	-	-	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	-
-	20	8	4	2	1	-	-	-	-	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8
-	-	20	8	4	2	1	-	-	-	-	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15
-	-	-	20	8	4	2	-	-	-	-	-	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65
-	-	-	-	20	8	4	-	-	-	-	-	-	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27

Характер обработки	Главный угол в плане φ	Скорость резания, *V*, м/мин												
наружное продольное и поперечное точение при отношении диаметров начальной и конечной обработки d ÷ D = 0,8 + 1,0	45-60	188	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58	51	46
	90	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58	51	46	41
поперечное точение при отношении диаметров начальной и конечной обработки d ÷ D = 0,5 + 0,7	45-60	230	200	179	159	141	125	111	90	88	78	70	62	55
	90	199	177	157	140	124	110	93	87	78	69	61	54	48
растачивание (до D = 500 мм)	45-60	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58	46	46	41
	90	148	132	117	104	93	82	73	65	58	51	51	41	36
Поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от состояния поверхности заготовки	Поверхность	Без корки					С коркой							
							литейной				литейной загрязненной			
	Коэффициент K_{nv}	1,0					0,8-0,85				0,5-0,6			
Мощность резания см. в приложении 3														

Приложение 2

Скорость резания при точении и растачивании. Чугун серый. Резцы с пластинками ВК6

Группа твердости по Бринеллю НВ			Подача, *S* в мм/об до												
143-229	170-225	197-269													
Глубина резания, *t* в мм до															
0,8	-	-	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3	-	-	-
1,8	0,8	-	-	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3	-	-
4	1,8	0,8	-	-	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3	-
9	4	1,8	-	-	-	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8	2,5	3,3
20	9	4	-	-	-	-	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8	2,5
-	20	9	-	-	-	-	-	0,14	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8

Характер обработки	Главный угол в плане φ	Скорость резания, *V*, м/мин												
наружное продольное и поперечное точение при отношении диаметров начальной и конечной обработки d / D = 0,8 + 1,0	45-60	174	154	137	122	108	96	86	76	68	60	53	47	42
	90	144	128	114	101	90	80	71	63	56	50	44	30	35
поперечное точение при отношении диаметров начальной и конечной обработки d / D = 0,5 + 0,7	45-60	209	186	185	147	130	116	103	82	82	72	64	57	51
	90	174	154	137	122	108	96	88	76	64	57	53	47	40
растачивание (до D = 500 мм)	45-60	157	140	124	110	93	87	77	69	61	55	48	43	38
	90	130	116	103	92	81	72	64	57	51	45	40	36	32

Поправочные коэффициенты на скорость резания для измененных условий работы в зависимости от:								
1) марки твердого сплава					2) состояния поверхности			
Марка	ВК6	ВК8	ВК3	ВК2	Состояние поверхности	Без корки	С коркой	
							литейной	литейной загрязненной
K_{uv}	1,0	0,83	1,15	1,2-1,25	Коэффициент K_{nv}	1,0	0,8-0,85	0,5-0,6
Мощность резания см. в приложении 4								

Приложение 3

Мощность резания при точении, растачивании. Сталь. Резцы с пластинками из твердого сплава

$\delta_в$, МПа			Подача, S в мм/об до																		
<580	581-970	>970																			
t мм до																					
2,0	-	-	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4	2,0	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,8	2,4	2,0	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-
3,4	2,8	2,4	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-	-	-	-	-	-
4,0	3,4	2,8	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-	-	-	-	-
4,8	4,0	3,4	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-	-	-	-
5,7	4,8	4,0	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-	-	-
6,8	5,7	4,8	-	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-	-
8,0	6,8	5,7	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-	-
9,7	8,0	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	-
11,5	9,7	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9
14,0	11,5	9,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5
ск-ть резания, V			Мощность резания, N, кВт																		
57			-	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20
70			1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24
86			1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	-
106			1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	-	-
131			1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	-	-	-
162			2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	-	-	-	-
200			2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	-	-	-	-	-
245			2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	-	-	-	-	-	-
300			3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	-	-	-	-	-	-	-
поправочные коэффициенты на мощность в зависимости от переднего угла и главного угла в плане			угол резца, град.									передний угол			+10			-10			
												угол в плане			45-90			45-90			
			Поправочный коэффициент K_n												1,0			1,2			

Приложение 4

Мощность резания при точении. Чугун. Резцы с пластинками из твердого сплава

Чугун серый																		Чугун ковкий
гл. рез-я *t* мм до																		гл. рез-я *t* мм до
2,8	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	-	-	-	-	-	-	-	3,2
3,4	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	-	-	-	-	-	-	3,8
4,0	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	-	-	-	-	-	4,6
4,8	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	-	-	-	-	5,4
5,7	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	-	-	-	6,5
6,8	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	-	-	7,8
8,0	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	-	9,3
9,7	-	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	11
11,5	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	13
14	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	16
ск-ть рез-я, *V*	Мощность резания, *N*, кВт																	ск-ть рез-я, *V*
24	-	-	-	-	-	-	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	24
29	-	-	-	-	-	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	29
35	-	-	-	-	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	35
41	-	-	-	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	41
49	-	-	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	49
59	-	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	59
70	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	70
84	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	84
100	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	100
120	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	120
142	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	142
170	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	-	170
200	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	-	-	200

Приложение 5

Режимы резания при фрезеровании плоскостей и уступов на стальных заготовках. Фрезы концевые Т15К6

Тип фрезы	D/Z	t в мм до	Подача на один зуб фрезы S_z в мм/зуб до											
			0,03		0,04		0,055		0,077		0,105		0,145	
			Режимы резания											
			V	$S_м$	V	$S_м$	V	$S_м$	V	$S_м$	V	$S_м$	V	$S_м$
Фрезы с коронками	12/6	1,3	124	510	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2,1	110	455	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3,4	98	405	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16/6	1,3	139	130	128	540	123	690	109	870	-	-	-	-
		2,1	123	380	113	480	108	610	98	780	-	-	-	-
		3,4	110	340	102	430	96	540	87	690	-	-	-	-
		5,6	97	300	90	380	86	480	77	610	-	-	-	-
	20/8	2,1	126	416	117	530	108	670	100	850	-	-	-	-
		3,4	112	370	104	470	97	600	88	750	-	-	-	-
		5,6	100	330	92	415	85	530	79	670	-	-	-	-
Фрезы с напаянными пластинками	20/3	3,4	230	280	213	355	196	450	182	570	170	725	-	-
		5,6	203	250	187	315	175	400	161	505	150	640	-	-
		9,0	181	220	167	280	156	355	144	450	134	570	-	-
	30/4	3,4	208	225	193	285	178	355	164	450	151	575	138	730
		5,6	186	200	171	250	158	315	145	400	134	510	123	650
		9,0	165	180	152	225	141	280	130	360	119	455	110	580
	40/6	3,4	255	315	236	400	220	510	206	640	191	820	172	1030
		5,6	226	280	210	355	195	450	183	570	167	720	153	920
		9,0	202	250	186	315	178	400	161	510	146	640	137	820

Поправочные коэффициенты на режимы резания в зависимости от:

1) механической характеристики стали	Сталь	НВ	149-169	172-197	200-228	232-266	269-309	2) материала режущей части инструмента	Марка твердого сплава	Т15К6	Т5К10
	$K_{mv}=K_{ms}=K_1$		1,26	1,12	1,0	0,89	0,79		$K_{uv}=K_{us}=K_3$	1,0	0,75

Приложение 6

Режимы резания при фрезеровании стальных заготовок. Фрезы торцовые с пластинками Т15К6

Подача на один зуб фрезы S_z в мм/зуб до													
D/z	*t*, мм до	0,07		0,1		0,13		0,18		0,24		0,33	
		Режимы резания											
		V	$S_м$	*V*	$S_м$	*V*	$S_м$	*V*	$S_м$	*V*	$S_м$	*V*	$S_м$
80/5	5,0	312	400	280	480	250	575	220	680	195	810	173	965
	1,5	352	450	316	545	282	650	240	770	220	920	186	1090
110/4	5,0	312	230	280	279	249	336	220	398	194	472	173	557
	1,5	352	260	316	315	282	280	249	450	220	535	183	630
150/6	16	380	230	260	274	220	327	194	375	173	465	154	547
	5	316	260	282	310	249	370	220	435	196	526	174	620
200/8	16	263	217	235	256	209	309	185	372	164	437	117	525
	5	298	245	266	290	236	350	209	420	186	495	166	585
250/8	16	263	172	235	208	209	247	185	292	165	350	147	420
	5	298	195	266	235	236	280	209	330	136	395	166	476
320/10	16	253	161	223	190	200	230	176	274	157	327	140	389
	5	286	182	252	215	226	260	199	310	178	370	158	440
400/12	16	235	142	209	172	185	203	164	243	147	292	129	345
	5	266	161	236	195	209	230	186	275	166	330	146	380

Поправочные коэффициенты к табличным значениям скорости резания и подач даны на следующей странице.

Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий работы в зависимости от:							
1) механической характеристики стали	Сталь $\delta_в$, МПа/НВ	до 560	560-620	630-700	710-790	800-890	900-1000
		до 160	160-177	180-200	203-226	228-255	257-285
	$K_1 = K_{mv} = K_{ms}$	1,42	1,26	1,12	1,0	0,89	0,79
2) состояние обрабатываемой поверхности	Состояние поверхности	без корки и прокат			с коркой		
					поковка или штамповка	отливка	
	$K_2 = K_{nv} = K_{ns}$	1,0			0,9	0,8	
3) отношения ширины фрезерования к диаметру фрезы	отношение B ÷ D	до 0,45			0,45-0,8	св. 0,8	
	$K_3 = K_{bv} = K_{bs}$	1,13			1,0	0,89	
	главный угол в плане φ	90	60		45		
4) главного угла в плане	$K_{\varphi s}$	0,7	1,0		1,0		
	$K_4 = K_{\varphi s}$ (с учетом увеличения подачи)	1,0	1,0		1,1		
	$K_{\varphi v}$	0,7	1,0		1,1		
5) марки твердого сплава инструмента	марка твердого сплава	Т14К8			ТТ7К12	Т5К12В	
	K_u	0,94			0,45	0,42	

Мощность резания при фрезеровании см. в приложении 7.

Приложение 7

Мощность резания при фрезеровании стальных заготовок. Фрезы торцовые с пластинками Т15К6

сталь $\delta_в$,МПа/НВ			Глубина резания t в мм до																			
до 560	до 1000	св. 1000																				
до 160	до 285	св. 285																				
ширина фрезерования B в мм до																						
45	38	-	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10	12	-	-	-	-	-	-	-
52	45	38	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10	12	-	-	-	-	-	-
62	52	45	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10	12	-	-	-	-	-
72	62	52	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10	12	-	-	-	-
85	72	62	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10	12	-	-	-
100	85	72	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10	12	-	-
117	100	85	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10	12	-
133	117	100	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10	12
162	133	117	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4	10
190	162	133	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0	8,4
214	190	162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9	7,0
250	214	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9	5,9
295	250	214	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2	4,9
350	295	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5	4,2
-	350	295	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,5

Приложение 8

диаметр фрезы и число зубьев			Мощность резания, *N*, кВт																				
80х5	110х4 150х6 200х8	250х8 320х10 400х12																					
минутная подача, мм/мин																							
-	-	106	-	-	-	-	-	-	-	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11
94	110	132	-	-	-	-	-	-	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13
116	140	165	-	-	-	-	-	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16
145	175	200	-	-	-	-	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19
181	220	255	-	-	-	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5
230	270	320	-	-	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5	27
282	340	400	-	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5	27	-
350	420	500	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5	27	-	-
440	530	620	1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5	27	-	-	-
550	660	770	1,6	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5	27	-	-	-	-
680	820	930	1,9	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5	27	-	-	-	-	-
850	1030	1200	2,3	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5	27	-	-	-	-	-	-
3070	1280	1500	2,7	3,2	3,8	4,6	5,5	6,6	7,8	9,4	11	13	16	19	22,5	27	-	-	-	-	-	-	-

Поправочные коэффициенты на мощность в зависимости от:

1) главного угла в плане	главный угол в плане	15	30	60	90	2) переднего угла	передний угол γ	0	+10
	K_φ	1,23	1,15	1,0	1,14		K_γ	0,89	0,79

3. Режимы резания при сверлении, зенкеровании, развертывании

При сверлении глубина резания $t = 0{,}5\ Д$, при рассверливании, зенкеровании и развертывании $t = 0{,}5(Д - d)$, где $Д$ и d – диаметр отверстия соответственно после и до обработки.

Рекомендуемые значения подач при сверлении, зенкеровании и развертывании даны в табл. 3.1. – 3.3. При рассверливании отверстий подача, рекомендованная для сверления может быть увеличена до 2 раз (при отсутствии ограничивающих условий, отраженных в примечаниях к таблицам).

Скорость резания при сверлении рассчитывается по формуле:

$$V = C_v \times Д^q \times K_v / T^m \times S^y,$$

а при рассверливании, зенкеровании, развертывании

$$V = C_v \times Д^q \times K_v / T^m \times t^x \times S^y$$

Значение коэффициентов C_v и показателей степени приведены для сверления в табл. 3.4., для рассверливания, зенкерования и развертывания – в табл. 3.5., а средние значения периода стойкости T – табл. 3.6.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} \times K_{uv} \times K_{lv},$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал (табл. 1.1.-1.3.);

K_{uv} - коэффициент на инструментальный материал (табл. 1.5.);

K_{lv} - коэффициент, учитывающий глубину сверления (табл. 3.7.).

При рассверливании и зенкеровании литых или штамповочных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент K_{nv} (табл. 1.4.).

Крутящий момент ($M_{кр}$, $Н_м$) и осевую силу (P_o, $Н$) рассчитываются по формулам:

– при сверлении: $M_{кр} = 10C_м \times Д^q \times S^y \times K_p$;

$$P_o = 10C_p \times Д^q \times S^y \times K_p$$

– при рассверливании и зенкеровании: $M_{кр} = 10C_м \times Д^q \times S^y \times K_p \times t^x$;

$$P_o = 10C_p \times t^x \times S^y \times K_p$$

Значение коэффициентов $C_м$ и C_p и показателей степени приведены в табл. 3.8.

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае отражает лишь материал заготовки и поэтому $K_p = K_{мр}$

Значение коэффициентов $K_{мр}$ приводились выше: для стали и чугуна – в табл. 1.8., для медных и алюминиевых сплавов – в табл. 1.3.

Для определения крутящего момента каждый зуб осевого режущего инструмента можно рассматривать как расточный резец. Исходя из этого, крутящий момент может быть рассчитан по формуле:

$$M_{кр} = C_p \times t^x \times S^y_z \times Д \times Z / 2 \times 100,$$

где S_z – подача на один зуб инструмента, мм/зуб;

Z – число зубьев инструмента.

Значения коэффициента C_p и показателей степени в этом случае следует брать по табл. 2.9.

Мощность резания (N, кВт) определяют по формуле:

$$N = M_{кр} \times n / 9750,$$

где n – частота вращения инструмента или заготовки, об/мин.

4. Режимы резания при фрезеровании

Глубина фрезерования *(t)* и ширина фрезерования *(B)* – понятия, связанные с размерами слоя припуска, срезаемого при фрезеровании. Во всех видах фрезерования, за исключением торцевого, *t* определяет продолжительность контакта зуба фреза с заготовкой; величину *t* измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. Ширина фрезерования *(B)* определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании; величину *B* измеряют в направлении, параллельном оси фрезы. При торцевом фрезеровании эти понятия меняются местами.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб (S_z), при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы *(S)*. Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в табл. 4.1.-4.6.

Скорость резания при фрезеровании рассчитывается по формуле:

$$V = C_v \times Д^q \times K_v / T^m \times t^x \times S^y_z \times B^u \times Z^p,$$

где *Д* – диаметр фрезы, мм;

T – период стойкости, мин.;

Z – число зубьев фрезы.

Величина общего поправочного коэффициента определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} \times K_{uv} \times K_{nv},$$

где K_{mv} – коэффициент на обрабатываемый материал (табл. 1.1.-1.3.);

K_{nv} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (табл. 1.4.);

K_{uv} – коэффициент на инструментальный материал (табл. 1.5.).

Значение коэффициента C_v и показателей степени для расчета скорости резания приведены в табл. 4.7., а средние значения периода стойкости *T* – в табл. 4.8.

Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила P_z, величина которой определяется по формуле:

$$P_z = 10C_p \times t^x \times S^y_z \times B^n \times Z \times K_{mp} / Д^q \times n^w,$$

где *Z* – число зубьев фрезы;

n – частота вращения фрезы, об/мин.

Значение коэффициента C_p и показателей степени приведены в табл. 4.9. коэффициента K_{mp} для стали и чугуна – в табл. 1.8. для медных и алюминиевых сплавов – в табл. 1.3.

Крутящий, момент *($M_{кр}$, $H_м$)* рассчитывается по формуле:

$$M_{кр} = P_z \times Д / 2 \times 100,$$

где *Д* – диаметр фрезы, мм.

Мощность резания *(N, кВт)*:

$$N = (P_z \times V) / (1020 \times 60).$$

Таблица 4.1.

Подачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами

Мощность станка, кВт	Сталь		Чугун и медные сплавы	
	Подача на зуб фрезы, S_z, мм, при твердом сплаве			
	Т15К6	Т5К10	ВК6	ВК8
5-10	0,09-0,18	0,12-0,18	0,14-0,24	0,20-0,29
свыше 10	0,12-0,18	0,16-0,24	0,18-0,28	0,25-0,38

Примечания. 1. Приведенные значения подач для цилиндрических фрез действительны при ширине фрезерования $B \leq 30$ *мм*; при $B > 30$ *мм* табличные значения подач следует уменьшать на 30%.

2. Приведенные значения подач для дисковых фрез действительны при фрезеровании плоскостей и уступов; при фрезеровании пазов табличные значения подач следует уменьшать в 2 раза.

5. Режимы резания при шлифовании

Режимы резания при шлифовании характеризуются следующими основными элементами:

- скорость вращательного или поступательного движения заготовки $V_з$, м/мин.;
- глубиной шлифования t, мм – слоем материала, снимаемого периферией или торцом круга в результате поперечной подачи на каждый ход или двойной ход при круглом или плоском шлифовании и в результате радиальной подачи S_p при врезном шлифовании;
- продольной подачей S – величиной перемещения шлифовального круга в направлении его оси в миллиметрах на один оборот заготовки при круглом шлифовании или в миллиметрах на каждый ход стола, а при плоском шлифовании периферией круга.

Выбор названных элементов режимов резания при шлифовании может осуществляться по табл. 5.1.

Мощность резания при шлифовании периферией круга с продольной подачей определяется по эмпирической зависимости:

$$N = C_n \times V_з^r \times t^x \times S^y \times d^q;$$

при врезном шлифовании периферией круга:

$$N = C_n \times V_з^r \times t^x \times S_p^y \times d^q \times b^z;$$

при шлифовании торцом круга:

$$N = C_n \times V_з^r \times t^x \times b^z,$$

где d – диаметр шлифуемой поверхности, мм;

b – ширина шлифования, равная длине шлифуемого участка при круглом врезном шлифовании и поперечному размеру поверхности заготовки при шлифовании торцом круга, мм.

Значения коэффициента C_n и показателей степени в формулах для расчета мощности даны в табл. 5.2.

Приложение 9

Паспортные данные некоторых металлорежущих станков

Токарно-винторезный станок 16К20

Высота центров 200 мм. Расстояние между центрами 710-1400 мм. Частота вращения шпинделя в минуту: 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 56; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600.

Соотношение частоты вращения шпинделя при прямом и обратном вращении 1,25. продольные подачи в мм/об: 0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,2; 2,8. поперечные подачи равны 0,5 продольных. Мощность электродвигателя главного движения 10 кВт, КПД станка 0,75.

Наибольшая осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи, $P_x = 5884$ *Н.*

Токарный многорезцовый автомат IA730

Высота центров 200 мм, расстояние между центрами 500 мм. Частота вращения шпинделя (оборотов в минуту): 56; 71; 91; 120; 140; 180; 224; 280; 355; 450; 560; 710. продольные подачи переднего суппорта, мм/об: 0,12; 0,17; 0,23; 0,34; 0,49; 0,71; 0,97; 1,38. поперечные подачи заднего суппорта, мм/об: 0,016; 0,02; 0,027; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,1; 0,11; 0,12; 0,13 и до 0,20 через каждые 0,01; 0,22 и до 0,29 через каждые 0,01; 0,31; 0,36; 0,4; 0,43; 0,46; 0,51; 0,58; 0,61; 0,62; 0,65; 0,74; 0,76; 0,82; 0,89; 0,95; 1,03; 1,13; 1,22; 1,29; 1,47; 1,66; 1,84; 2,37. мощность электродвигателя 14 кВт, КПД станка 0,8. Наибольшая осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи, $P_x = 44500$ *Н.*

Мощность, допускаемая по слабому звену, 11,6 кВт; V_{xx} попер. – 1,76; прод. – 1,98 м/мин.

Вертикально-сверлильный станок 2Н135

Наибольший диаметр сверления 35 мм. Частота вращения шпинделя, об/мин: 31,5; 45; 63; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400. подачи, мм/об: 0,1; 0,14; 0,2; 0,28; 0,4; 0,56; 0,8; 1,12; 1,6. мощность двигателя 4 кВт, КПД станка 0,8. Наибольшая осевая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка, $P_x = 14800$ *Н.*

Горизонтально-фрезерный станок 6Р82Г и вертикально-фрезерный 6Р12

Размеры рабочей поверхности стола 320 × 1250 мм. Частота вращения шпинделя, об/мин: 31,5; 40; 50; 60; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600. продольные подачи стола, мм/мин: 25; 31,5; 40; 50; 60; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 660; 800;

1000; 1250. мощность электродвигателя главного движения 7 кВт, КПД станка 0,75. Наибольшая сила резания, допускаемая механизмом подачи станка, $P_x = 14800$ *Н.*

Фрезерно-отрезной станок 8В66

Наибольший диаметр разрезаемого материала 240 мм. Наибольший диаметр сегментной пилы 710 мм. Частота вращения шпинделя, об/мин: 3,3; 5,15; 7,5; 11,5; 16,6; 25,5. Подачи 12-50 мм/мин. мощность электродвигателя 7,5 кВт.

Кругло-шлифовальный станок 3Б151

Наибольший диаметр и длина шлифуемой поверхности 180×630 мм. Диаметр и высота шлифовального круга соответственно 600 мм и 63 мм. Частота вращения шлифуемой детали 63-400 об/мин (регулирование бесступенчатое). Скорость продольного перемещения стола 0,1-6,0 м/мин (регулирование бесступенчатое). Периодическая поперечная подача шлифовального круга, мм/ход стола: от 0,0025 до 0,05 через каждые 0,0025 мм. Непрерывная подача при врезном шлифовании 0,1-2,0 мм/мин или 0,0005-0,01 мм/об. Скорость вращения круга 1400 об/мин. Мощность главного привода 7 кВт, КПД станка 0,8.

Бесцентрово-шлифовальный станок 3М184

Диаметр шлифования: наименьший 3 мм, наибольший 75 мм. Диаметр и высота шлифовального круга соответственно 500 мм и 200 мм. Частота вращения шлифовального круга 1340 и 1560 об/мин, а ведущего круга 10-130 об/мин (регулирование бесступенчатое). Мощность электродвигателя главного движения 14 кВт, КПД станка 0,8.

Зубофрезерный станок 5К324

Наибольший наружный диаметр нарезаемого колеса 500 мм. наибольший модуль нарезаемого колеса 8 мм. Частота вращения фрезы, об/мин: 40; 50; 63; 80; 100; 120; 155; 190; 240; 310. вертикальная подача суппорта с фрезой за один оборот заготовки, мм/об: 0,8; 1,0; 1,25; 1,65; 2,0; 2,5; 3,3; 4,0; 5,0. радиальная подача, мм/об: 0,25; 0,30; 0,40; 0,50; 0,66; 0,80; 1,0; 1,3; 1,7. мощность электродвигателя 7 кВт, КПД станка 0,65.

Приложение 10

Механические свойства материалов

Марка металла	$\delta_в$	НВ	δ, %	α, кДж/м^3
Сталь 20	412	163	25	510
45	598	197	16	490
12ГС	461	170	26	-
15Х	735	212	12	686
45Х	1030	282	9	490
45Г2	686	256	11	-
14Х2Н3МА	980	282	10	783
20Х13	647	140-198	16	780
ШХ15	715	180-207	21	441
АЛ4	196	70	1,5	-
Л60-1	до 610	до 150	до 38	-
Бр010С10	190	70	6	-
СЧ10	100	220	-	-
ВЧ38-17	370	160	17	600
КЧ30-6	300	163	6	-
У10	980	280	-	-
Р6М5	-	255	-	-