

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н.Э. БАУМАНА

Б.Д. Даниленко, Н.Н. Зубков

ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Продольное точение
Сверление спиральными сверлами
Фрезерование концевыми фрезами

***РЕКОМЕНДОВАНО РЕДСОВЕТОМ МГТУ ИМ. Н.Э.
БАУМАНА
В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ***

Под редакцией В.С. Булошников

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2005

УДК 621.91.01(075.8)

ББК 30.61

Д18

Рецензенты: *Р.З. Диланян, С.Ю. Шачнев*

Даниленко Б.Д., Зубков Н.Н.

Д18

Выбор режимов резания (продольное точение, сверление спиральными сверлами, фрезерование концевыми фрезами): Учеб. пособие / Под ред. В.С. Булошникова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. — 52 с.: ил.

ISBN 5-7038-2686-1

Представлена методика расчета режимов резания для операции наружного продольного точения на станках с ЧПУ, сверления спиральными сверлами и фрезерования концевыми фрезами. Цель пособия — научить студентов назначать режимы резания по таблицам нормативов, обеспечивающих максимальную производительность труда при минимальной себестоимости обработки.

Для студентов, обучающихся по специальностям 121300 «Инструментальные системы машиностроительных производств», 120200 «Металлообрабатывающие станки и комплексы», 120100 «Технология машиностроения», 120900 «Проектирование технических и технологических комплексов».

Ил. 6. Табл. 32. Библиогр. 3 назв.

УДК 621.91.01(075.8)

ББК 30.61

ISBN 5-7038-2686-1

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005

БОРИС ДМИТРИЕВИЧ ДАНИЛЕНКО
НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ ЗУБКОВ

ВЫБОР РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ
Продольное точение
Сверление спиральными сверлами
Фрезерование концевыми фрезами

Учебное пособие

Редактор *С.А. Серебрякова*
Компьютерная верстка *С.А. Серебряковой*

Подписано в печать 11.04.05. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Печ. л. 3,25. Усл. печ. л. 3,03. Уч.-изд. л. 2,32. Тираж 100 экз.
Заказ № 15.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5.

ВВЕДЕНИЕ

Назначение рациональных режимов резания является важным звеном в технологии машиностроения, так как обеспечивает такие показатели производственного процесса, как производительность труда, качество продукции, ее себестоимость и т. д.

Эффективность и качество изготовления деталей могут быть достигнуты при следующих условиях:

- выбран оптимальный для данной операции типоразмер инструмента и материал режущей части;
- инструмент имеет оптимальные геометрические параметры режущей части и качественную заточку лезвий;
- обработка ведется с технически и экономически обоснованными режимами резания;
- выбрано оборудование, которое в полной мере позволяет реализовать назначенные режимы и условия обработки.

В соответствии с ГОСТ 25762—83 под термином «режимы резания» понимается совокупность числовых значений глубины резания, подачи и скорости резания. От выбранных режимов резания зависят такие важные параметры, как стойкость инструмента, силы резания, мощность и другие факторы рабочего процесса, которые определяют технико-экономические показатели процесса обработки.

Режимы резания считаются рациональными, если они позволяют получить высокие технико-экономические показатели операции.

При выборе и назначении режимов резания обычно приходится согласовывать значения всех параметров с учетом возможности их реализации на используемом оборудовании.

Следует отметить, что решение задачи выбора режимов резания может быть многовариантным, т. е. поставленным требованиям могут удовлетворять несколько вариантов сочетаний режимных параметров.

Для одних и тех же исходных параметров могут быть использованы режимы резания разной интенсивности. Этот выбор будет зависеть от следующих факторов:

- типа производства (единичное, серийное, массовое и т. п.);
- принятого критерия оптимизации режима резания (минимальная себестоимость операции, производительность обработки, заданный расход инструмента, его надежность и др.);
- вида используемого оборудования (универсальные станки, станки с ЧПУ, агрегатные станки автоматических линий и т. п.);
- степени автоматизации смены инструмента и т. п.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Стойкостные зависимости для большинства инструментов чаще всего имеют вид, изображенный на рис. 1.

По интенсивности используемые режимы резания можно условно разделить на три вида: умеренные (наиболее низкие), нормальные (средние) и форсированные (повышенные). Следует отметить, что для каждого вида режущего инструмента и конкретных условий обработки значения параметров режима резания, характеризующие ту или иную интенсивность режима, могут отличаться.

Умеренные режимы резания (диапазон скоростей v_1-v_2 на рис. 1) характеризуются периодами стойкости инструмента, в несколько раз превышающими нормативный период стойкости, однако производительность обработки, которая в первую очередь определяется скоростью резания, для этих режимов минимальна. Такие режимы применяют, когда стремятся получить максимальную надежность инструмента, наименьшие расход и затраты по инструменту, когда операция при работе этим инструментом не является лимитирующей, если используют сложный и дорогостоящий инструмент и т.п. Обычно на таких режимах работают агрегатные станки автоматических линий в массовом производстве.

Нормальные режимы резания (диапазон скоростей v_0-v_3 на рис. 1) предполагают компромисс между относительно высокой стойкостью

и относительно высокой производительностью. Такие режимы широко используются в единичном и серийном производстве при работе на универсальных станках, и именно они чаще всего рекомендуются в общемашиностроительных нормативах. Нормативный период стойкости для нормальных режимов резания составляет 30...60 мин.

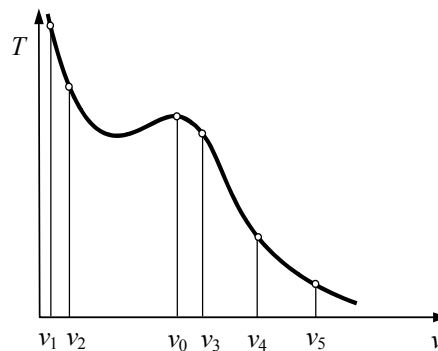


Рис. 1

Форсированные режимы резания (диапазон скоростей v_4 – v_5 на рис. 1) используют в тех случаях, когда данная операция является лимитирующей по производительности в технологической цепочке изготовления детали или при работе на сложном дорогом оборудовании, когда несмотря на повышенные затраты на инструмент важнее окупить дорогостоящее оборудование за счет большой производительности обработки. Использование таких режимов требует обязательного применения инструмента повышенного качества при наличии автоматической смены изношенного инструмента. Нормативный период стойкости для форсированных режимов может опускаться до 15 мин. Форсированные режимы применяют на многошпиндельных станках с ЧПУ.

На участке от v_3 до v_5 зависимость стойкости от скорости резания может быть описана формулой вида $T = \frac{C_T}{v^m}$. Таким образом,

задав нормативный период стойкости инструмента T , можно рассчитать обеспечивающую ее скорость резания по формуле $v = \frac{C_v}{T^m}$.

Коэффициенты C_T , C_v и m являются эмпирическими, найденными из экспериментов. Они зависят от инструментального и обрабатываемого материалов, геометрических параметров инструмента и других условий обработки и определяются из справочников.

Одним из важных элементов при назначении режимов резания для любого вида обработки является установление необходимого количества последовательных этапов удаления припуска для получения требуемого качества готовой детали.

Для большинства процессов механической обработки (в частности, для точения и многих видов фрезерования) обычно используются следующие этапы удаления припуска:

1-й этап — черновая обработка, позволяет получить 14 квалитет точности размеров и шероховатость поверхности Ra 12,5...50 мкм;

2-й этап — получистовая обработка, позволяет получить 12, 13 квалитеты точности и шероховатость Ra 6,3...12,5 мкм;

3-й этап — чистовая обработка, рассчитана на получение 9, 10 и 11 квалитета точности и шероховатости Ra 3,2...6,3 мкм;

4-й этап — отделочная обработка, позволяет получить 7, 8 квалитеты точности и шероховатость Ra 0,4...3,2 мкм.

Получение размеров указанных квалитетов точности на каждом этапе предусматривает использование заготовок с точностью предшествующего этапа обработки.

Для обработки отверстий порядок использования этапов обработки чаще всего выглядит следующим образом:

- 1) черновой этап — сверление;
- 2) получистовой этап — зенкерование;
- 3) чистовой этап — черновое развертывание;
- 4) отделочный этап — чистовое развертывание.

Параметры точности отверстий и шероховатость полученной поверхности в первом приближении примерно соответствуют указанным выше для точения.

Толщину снимаемого припуска (глубина резания) для каждого этапа обработки выбирают исходя из необходимости удаления погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем этапе. Общий припуск на обработку определяют как сумму припусков на обработку по всем этапам.

2. НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАЦИИ НАРУЖНОГО ПРОДОЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ

Описанная методика назначения режима резания предполагает, что выбор осуществляется из условия обработки детали на токарном станке с ЧПУ резцом, оснащенным сменной многогранной пластинкой (СМП) из твердого сплава.

2.1. Вычерчивание схемы обработки

На схеме обработки должно быть показано следующее:

1. Обрабатываемая деталь, закрепленная на токарном станке в соответствии с принятым способом крепления заготовки. Чаще всего применяют три способа крепления:

- крепление в патроне консольно (рис. 2, а). Этот способ применяют при небольшой длине заготовки, при обработке заготовки только на части ее длины около патрона, а также в случае необходимости подрезания правого свободного торца. Обточка наружной поверхности по всей длине не обеспечивается.

- крепление в центрах с поводком или через рифленый центр (рис. 2, б). Этот способ крепления обеспечивает высокую точность установки заготовки. Если в качестве поводка применяются стержни и упоры, передающие крутящий момент соответствующим элементам на торце заготовки, то обработка наружной поверхности может быть выполнена по всей длине заготовки.

- крепление в патроне с поджимом задним центром (рис. 2, в). Этот способ крепления наиболее распространен, однако он не обеспечивает возможность подрезания правого торца, а также обточки наружной поверхности по всей длине.

2. Многогранная пластинка выбранной формы изображается с державкой в начальном и конечном положении с учетом врезания и перебега. Выбор формы пластинки (см. далее табл. 5) осуществляется с учетом следующего:

- для повышения стойкости пластины и прочности ее вершины желательно использовать пластинку с наименьшими главными углами в плане φ (форма пластин 3–5). Пластинки с углом $\varphi = 45^\circ$ позволяют не только протачивать цилиндрическую поверхность, но и использовать такие пластины для формирования фасок;

– для обработки тонких и длинных заготовок (при $L/d > 10$) с целью уменьшения значения составляющей силы резания P_y , изгибающей заготовку, желательно использовать пластинки с большим углом φ . Это пластины формы 1, 2, 6. Большие главные углы в плане также снижают главную составляющую силы резания P_z , т. е. мощность, необходимую на резание. Пластины с углом $\varphi > 90^\circ$ могут быть использованы для обработки фасонных поверхностей сложной формы или имеющих торцовые уступы;

– чем больше режущих вершин имеет пластина, тем больше ее суммарная стойкость.

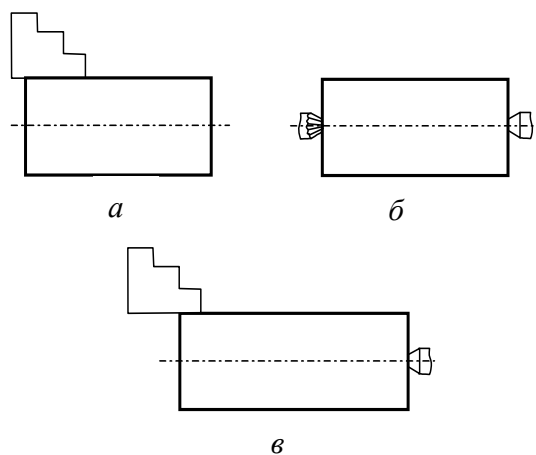


Рис. 2

3. Главное движение D_g , движение подачи D_s , глубина резания t , длина обрабатываемой поверхности l_d , путь подвода резца l_1 , длина врезания резца на полную глубину резания $l_{вр}$, величина перебега резца l_n , общая длина прохода резца L , диаметр заготовки до обработки d_1 , после обработки d с обозначением допуска по соответствующему качеству точности и шероховатость обработанной поверхности (см. также рис. 3). Обработанную поверхность выделяют красным цветом.

4. Таблица, имеющая графы: скорость резания, подача на оборот, глубина резания, число оборотов шпинделя, основное технологическое время и штучное время обработки. Таблицу заполняют после назначения режимов резания.

v , м/мин	
S_o , мм/об	
t , мм	
n , об/мин	
t_o , мин	
$t_{шт}$, мин	

2.2. Назначение припусков на обработку (глубины резания) для каждого этапа и общего припуска на обработку

В связи с тем, что процесс обработки всегда сводится к последовательному снятию с заготовки слоев материала с целью улучшения ее точности и шероховатости, глубина резания определяется этапом обработки.

Рекомендуемые значения припуска на обработку (глубина резания) t для каждого этапа обработки устанавливают по табл. 1 [1].

Таблица 1

Диаметр заготовки до обработки d_1 , мм	Квалитет точности заготовки			
	17, 16, 15	14	13, 12	11, 10, 9
	Квалитет точности детали			
	14	13, 12	11, 10, 9	8, 7
	Этапы обработки			
	1-й — черновая	2-й — полу-чистовая	3-й — чистовая	4-й — отделочная
	Припуск на обработку (глубина резания) t , мм, на каждом этапе, не менее			
18	2,0	0,9	0,5	0,2
30	2,5	1,0	0,6	0,2
50	3,0	1,3	0,7	0,3
80	3,5	1,5	0,8	0,3
120	4,5	1,7	0,9	0,3
180	5,0	2,0	1,0	0,4
250	5,5	2,2	1,1	0,4
320	6,5	2,4	1,2	0,5
100	7,5	2,6	1,4	0,5
500	8,5	2,8	1,6	0,6

Общий припуск на обработку определяется суммой припусков по всем установленным этапам.

2.3. Назначение подачи на оборот

Величину подачи на один оборот заготовки S_0 , мм/об, выбирают с учетом диаметра обрабатываемой заготовки, глубины резания и этапа обработки. Для черновой и получистовой обработки S_0 можно рассчитать по формуле

$$S_0 = \frac{C_s \cdot d^{z_s}}{t^{x_s}} \cdot K_m \cdot K_{mS} \cdot K_{HS} \cdot K_{\phi S} \cdot K_{ж} \cdot K_k \cdot K_{пр}.$$

Значения показателей степени z_s , x_s и коэффициентов C_s , K_m , зависящие от вида обрабатываемого материала и этапа обработки, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обрабатываемый материал	Этап обработки	C_s	z_s	x_s	K_m
Углеродистые и легированные стали	Черновая	0,042	0,60	0,25	1,0
	Получистовая	0,031	0,57	0,35	1,0
Жаропрочные, жаростойкие и коррозионно-стойкие стали	Черновая	0,042	0,60	0,25	0,5
	Получистовая	0,031	0,57	0,35	0,52
Серый чугун	Черновая	0,042	0,60	0,25	1,75
	Получистовая	0,031	0,57	0,35	2,4
Медные и алюминиевые сплавы	Черновая	0,042	0,60	0,25	1,3
	Получистовая	0,031	0,57	0,35	1,3

Поправочный коэффициент K_{mS} , характеризующий марку инструментального материала, выбирают по табл. 3.

При выборе инструментального материала следует принимать во внимание следующие соображения.

При обработке обычных конструкционных сталей следует использовать двухкарбидные твердые сплавы группы ТК. Для нор-

мальных условий обработки сталей обычно используются сплавы марок Т15К6 или Т14К8. Для черновой обработки по корке, при неравномерном припуске, работе с ударами и т. п. рекомендуется использовать более прочный сплав с увеличенным содержанием кобальтовой связки Т5К10.

Таблица 3

Обрабатываемый материал	Этап обработки	Поправочный коэффициент K_{mS} для различных инструментальных материалов						
		Т15К6	Т14К8	Т5К10	ВК6	ВК6М	ВК6-ОМ	ВК8
Углеродистые и легированные стали	Черновая	1,0	1,1	1,15	—	—	—	—
	Получистовая	1,0	1,0	0,95	—	—	—	—
Жаростойкие, жаропрочные и коррозионно-стойкие стали	Черновая	—	—	—	1,0	1,1	1,2	1,1
	Получистовая	—	—	—	1,1	1,1	1,2	1,0
Серый чугун	Черновая	—	—	—	0,95	1,0	—	1,0
	Получистовая	—	—	—	1,0	1,1	—	0,95
Медные и алюминиевые сплавы	Черновая	—	—	—	0,95	1,0	—	1,1
	Получистовая	—	—	—	1,0	1,1	—	0,95

Чугуны обрабатываются однокарбидными сплавами группы ВК. Для черновой обработки чаще всего используют сплав ВК8, для чистовой — более твердый, но менее прочный сплав ВК6.

Высоколегированные стали и сплавы с особыми свойствами, а также цветные сплавы чаще всего обрабатывают твердыми сплавами группы ВК, в том числе более дорогими мелкозернистыми сплавами этой группы с улучшенными свойствами серии М или ОМ.

Поправочный коэффициент K_{HS} характеризует механические свойства обрабатываемого материала:

$$\text{для обработки стали и чугуна } K_{HS} = \frac{C_{HS}}{(HB)^{n_s}};$$

$$\text{для обработки медных и алюминиевых сплавов } K_{HS} = \frac{C_{HS}}{(\sigma_B)^{n_s}}.$$

Значения параметров C_{HS} и n_s приведены в табл. 4.

Таблица 4

Обрабатываемый материал	C_{HS}	n_s
Сталь	59	0,77
Чугун серый	70	0,81
Чугун ковкий	63	0,81
Алюминиевые сплавы	2,45	0,14
Медные сплавы	4,0	0,21

Поправочный коэффициент $K_{\phi S}$ учитывает геометрические параметры резца в плане:

$$K_{\phi S} = \frac{2,9 \cdot \varepsilon^{0,16}}{\phi^{0,46}},$$

где ε — угол при вершине резца (угол при вершине СМП), град;
 ϕ — главный угол в плане, град.

Наиболее применяемые формы СМП и углы в плане ϕ при использовании этих пластин приведены в табл. 5.


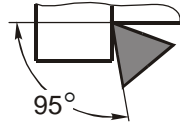

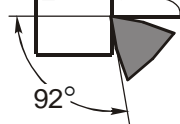



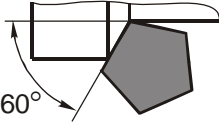
Поправочный коэффициент $K_{ж}$ учитывает жесткость заготовки и способ ее крепления на станке:

$$K_{ж} = \frac{C_{ж}}{(L/D)^{0,19}},$$

где L — длина заготовки, мм; D — диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Значения $C_{ж}$ для различных способов крепления заготовки приведены в табл. 6.

Таблица 5

№ п/п	Форма пластины в плане	Толщина пластины h , мм	Количество режущих вершин пластины	Радиус при вершине пластины r , мм	Угол при верши- не пласти- ны ϵ , град	Угол в плане для наиболее распространенных конст- рукций державок ϕ , град
1		3,7 5,2 5,7	3	0,6 0,8 1,0	60	
2		3,7 5,2 5,7 6,4	3	0,6 0,8 1,0 1,0	80	
3		3,7 4,7 5,7	4	0,6 0,8 1,0	90	
4		4,7 5,7 6,7	5	0,8 1,0 1,0	108	

Окончание табл. 5


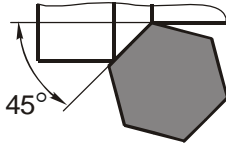
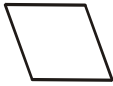
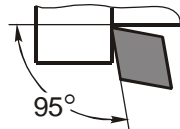
№ п/п	Форма пластины в плане	Толщина пластины h , мм	Количество режущих вершин пластины	Радиус при вершине пластины r , мм	Угол при верши- не пласти- ны ϵ , град	Угол в плане для наиболее распространенных конст- рукций державок ϕ , град
5		4,7	6	0,8	120	
		5,7		1,0		
		6,7		1,0		
6		4,7	2	0,8	80	
		5,7		1,0		
		6,7		1,0		

Таблица 6

Способ крепления заготовки на станке	$C_{\text{ж}}$
В трехкулачковом патроне консольно	1,10
В центрах с поводком	1,38
В патроне с поджимом задним центром	1,66

Поправочный коэффициент K_k характеризует состояние поверхности заготовки: для заготовок с коркой $K_k = 0,85$, для заготовок без корки $K_k = 1,0$. Поправочный коэффициент K_k используется в том случае, если рассматривается первый этап (черновая обработка). В остальных случаях $K_k = 1,0$.

Поправочный коэффициент $K_{пр}$ характеризует прочность режущей части резца:

$$K_{пр} = \frac{0,92 \cdot h^{0,28}}{t^{0,26}},$$

где h — толщина многогранной пластины (см. табл. 5).

Рекомендуемые приближенные соотношения между нагрузкой на резец, условно характеризуемой глубиной резания, и сечением державки, от которых зависит ее прочность и жесткость, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Глубина резания t , мм, не более	Рекомендуемые значения	
	Сечение державки резца $B \times H$, мм, не менее	Толщина режущей пластины h , мм, не менее
1,0	10 × 16	3,7
3,0	16 × 20	5,2
5,0	20 × 25	5,7
6,0	25 × 32	6,7

Подсчитанное значение подачи S_0 должно быть проверено по критерию получения заданной шероховатости поверхности. Такая проверка проводится только в том случае, если рассматриваемая операция является окончательной и требуемая шероховатость задана.

Предельные значения подачи по критерию шероховатости приведены в табл. 8.

Таблица 8

Шероховатость поверхности, мкм	Радиус при вершине пластинки, r , мм		
	0,6	0,8	1,0
$Rz > 40$	0,25 t		
$Rz 20 \dots 40$	0,4	0,45	0,5
$Rz 10 \dots 20$	0,25	0,28	0,3
$Ra < 5$	0,11	0,12	0,13

2.4. Назначение скорости резания

Скорость резания v , м/мин, может быть рассчитана по формуле

$$v = \frac{C_v \cdot K_T \cdot K_{Hv} \cdot K_{\Phi v} \cdot K_{mv}}{t^{X_v} \cdot S_o^{Y_v}}.$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени X_v и Y_v приведены в табл. 9.

Таблица 9

Обрабатываемый материал	S_o , мм/об	C_v	X_v	Y_v
Стали конструкционные углеродистые и легированные	< 0,4	141	0,15	0,25
	> 0,4	123	0,15	0,4
Высоколегированные, жаростойкие, жаропрочные и нержавеющие стали	< 0,4	88,7	0,15	0,4
	> 0,4	77,5	0,15	0,4
Чугун, медные и алюминиевые сплавы	< 0,4	112	0,15	0,4
	> 0,4	104	0,15	0,4

Поправочный коэффициент K_T учитывает заданный период стойкости:

$$K_T = \frac{3,89}{T^{0,4}}.$$

Коэффициент K_T используют в том случае, если заданный период стойкости отличается от нормативного. Нормативный период стойкости, являющийся экономическим периодом стойкости, для резцов, оснащенных СМП и используемых при работе на станках с ЧПУ, обычно составляет 30 мин [1].

Поправочный коэффициент K_{Hv} учитывает свойства обрабатываемого материала:

$$\text{для стали и чугуна } K_{Hv} = \frac{C_{HB}}{(HB)^{n_v}};$$

$$\text{для медных и алюминиевых сплавов } K_{Hv} = \frac{C_{HB}}{(\sigma_B)^{n_v}}.$$

Значения $C_{\text{НВ}}$ и n_v приведены в табл. 10.

Таблица 10

Обрабатываемый материал	$C_{\text{НВ}}$	n_v
Сталь	1000	1,3
Чугун	1720	1,42
Алюминиевые сплавы	8,9	0,36
Медные сплавы	6,5	0,29

Поправочный коэффициент $K_{\varphi v}$ учитывает геометрические параметры резца в плане:

$$K_{\varphi v} = \frac{3,62 \cdot \varphi^{0,004}}{\varepsilon^{0,29}}.$$

Поправочный коэффициент K_{mv} , учитывающий марку материала режущей части резца, определяется по табл. 11.

Таблица 11

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Поправочный коэффициент на скорость резания K_{mv} для различных инструментальных материалов						
		T15K6	T14K8	T5K10	BK6	BK6M	BK6-OM	BK8
Углеродистые и легированные стали	С коркой	1,0	1,1	1,1	—	—	—	—
	Без корки	1,0	0,95	0,9	—	—	—	—
Жаростойкие, жаропрочные и коррозионностойкие стали	С коркой	—	—	—	1,0	1,1	1,1	1,1
	Без корки	—	—	—	1,0	1,1	1,2	0,9
Серый чугун	С коркой	—	—	—	1,0	1,1	1,2	1,2
	Без корки	—	—	—	1,0	1,2	1,2	1,1
Медные и алюминиевые сплавы	С коркой	—	—	—	1,0	1,1	—	—
	Без корки	—	—	—	1,0	1,1	—	—

2.5. Определение частоты вращения шпинделя станка

Частоту вращения шпинделя n , об/мин, определяют по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}.$$

Полученное значение n проверяют на возможность его использования на данном оборудовании по табл. 12, где приведены диапазоны значений частоты вращения шпинделя для некоторых станков с ЧПУ токарной группы.

Таблица 12

Модель станка	Диаметр заготовки D_{\max} , мм	Длина заготовки L_{\max} , мм	Число оборотов шпинделя, об/мин	Скорость подачи, мм/мин	Мощность, кВт
16Б16Т1	125	750	40–2000	2–1200	7,1
16К20Ф3	220	1000	12,5–2000	3–1200	10
16К20Т1	215	900	10–2000	0,01–2,8 мм/об	11
16К30Ф305	320	1400	6,3–1250	1–1200	22
16К20Ф3С32	215	1000	10–2000	0,05–2800	11
1Б732Ф3	320	1400	25–1250	5–512	40
1740Ф3	400	1400	16–1600	0,01–10000	37
РТ755Ф301	570	2800	5–500	1–1200	45
1713Ф3	250	205	12,5–1250	5–6000	22

2.6. Определение скорости подачи резца

На станках с ЧПУ механизм подачи обеспечивает ее бесступенчатое регулирование, и эта величина характеризуется значением скорости подачи v_s , мм/мин:

$$v_s = S_o \cdot n.$$

Значение S_o установлено в разд. 2.3, значение n — в разд. 2.5. Значение v_s необходимо сверить с паспортными данными (см. табл. 12).

2.7. Определение главной составляющей силы резания

Главная составляющая силы резания P_z , Н, равна

$$P_z = C_p \cdot t^{X_p} \cdot S_0^{Y_p} \cdot K_H.$$

Значения коэффициента C_p и показателей степени, входящих в формулу, для случая работы резцом из твердого сплава по стали и чугуна приведены в табл. 13.

Поправочный коэффициент на силу резания K_H , учитывающий свойства обрабатываемого материала, можно рассчитать по формуле

$$K_H = C_H \cdot (\text{HB})^{n_p}.$$

Значения C_H и n_p приведены в табл. 13.

Таблица 13

Обрабатываемый материал	C_p	X_p	Y_p	C_H	n_p
Углеродистые и легированные стали	1950	1,0	0,81	0,04	0,61
Чугун серый и ковкий	1200	1,0	0,70	0,0065	0,96

2.8. Проверка назначенных режимов по допустимой силе резания

После расчета главной составляющей силы резания P_z необходимо провести проверочные расчеты, подтверждающие возможность работы при назначенных глубине резания t и подаче S_0 . Проверку проводят по следующим критериям:

- 1) по прочности державки резца;
- 2) по жесткости державки резца;
- 3) по прочности твердосплавной пластины;
- 4) по прочности механизма подачи станка;
- 5) по жесткости обрабатываемой заготовки.

Проверка по прочности державки резца. Допускаемое значение главной составляющей силы резания $[P_z]_{пр}$, Н, по прочности державки резца вычисляют по формуле

$$[P_z]_{пр} = \frac{W}{l} [\sigma_{и}],$$

где W — момент сопротивления изгибу, $W = \frac{B \cdot H^2}{6}$ (B — ширина державки резца, H — высота державки), m^3 ; l — вылет резца из резцедержки, м; $[\sigma_{из}]$ — допускаемое напряжение на изгиб материала державки резца. Для углеродистых конструкционных сталей $[\sigma_{из}] = 250$ МПа.

Если форма обрабатываемой заготовки позволяет обрабатывать заданную поверхность без увеличенного вылета резца, то обычно принимают $l \approx 1,5 \cdot H$, м.

Проверка по жесткости державки резца. Допускаемое жесткостью державки резца значение $[P_z]_{ж}$, Н, можно вычислить по формуле

$$[P_z]_{ж} = \frac{3 \cdot [f_p] \cdot E \cdot I_x}{l^3},$$

где $[f_p]$, — допускаемый прогиб резца, м: при черновом точении $3 \cdot 10^{-4}$ м, при получистовом точении $1,7 \cdot 10^{-4}$ м, при чистовом точении $1,2 \cdot 10^{-4}$ м; E — модуль упругости материала державки резца: для углеродистых конструкционных сталей $E = 220 \cdot 10^3$ МПа; I_x — осевой момент инерции, $I_x = \frac{B \cdot H^3}{12}$, m^4 .

Проверка по прочности твердосплавной пластины. Допустимая сила резания, разрушающая пластину, может быть вычислена по формуле:

$$[P_z]_{пл} = \frac{290 \cdot t^{0,77} \cdot h^{1,35}}{(\sin \varphi)^{0,8}}, H$$

где h — толщина используемой твердосплавной пластины, мм.

Проверка по прочности механизма подачи станка. Допускаемую силу подачи станка $[P_x]_{ст}$, Н, нужно сравнить с осевой составляющей силы резания P_x . Необходимо, чтобы выполнялось условие $[P_x]_{ст} > P_x$. Значение осевой составляющей силы резания можно приближенно вычислить по формуле

$$P_x = 0,035 \cdot P_z \cdot \varphi^{0,6}.$$

Для станков с ЧПУ токарной группы допустимая сила подачи $[P_x]_{\text{ст}}$ чаще всего составляет не менее 4000 Н.

Проверка по жесткости обрабатываемой заготовки. Прогиб обрабатываемой заготовки будет осуществляться равнодействующей двух составляющих P_z и P_y , т. е. силой P_{zy} . Значение этой силы будет зависеть от угла в плане ϕ и может быть приближенно определено по формуле

$$P_{zy} = P_z \cdot \sqrt{1 + 20/\phi^{1,6}}.$$

Ограничения по жесткости заготовки будут зависеть от метода крепления заготовки на станке.

1. При креплении заготовки консольно в патроне станка прогиб заготовки f_3 , м, можно подсчитать по формуле

$$f_3 = \frac{P_{zy} \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_x},$$

где L — длина заготовки (величина вылета из патрона), м; I_x — осевой момент инерции круглого сечения, $I_x = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$, м⁴.

2. При креплении заготовки в центрах станка прогиб равен

$$f_3 = \frac{P_{zy} \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x}.$$

3. При креплении заготовки в патроне токарного станка с поджатием задним центром прогиб составляет

$$f_3 = \frac{P_{zy} \cdot L^3}{102 \cdot E \cdot I_x}.$$

Допускаемый прогиб заготовки $[f_3]$ можно принимать равным: при черновом точении — 10^{-4} м; при получистовом точении — $7 \cdot 10^{-5}$ м; при чистовом точении — $5 \cdot 10^{-5}$ м.

Если превышен допускаемый прогиб заготовки, по значению $[f_3]$ подсчитывают допускаемое значение составляющей $[P_{zy}]$, а затем допускаемое значение $[P_z]$:

$$[P_z] = \frac{[P_{zy}]}{\sqrt{1 + 20/\varphi^{1,2}}}.$$

В том случае, если по какому-либо критерию допускаемое значение силы резания или прогиба детали будет превышено, необходимо уменьшить снимаемый припуск t или подачу S_o . Возможно также увеличение главного угла в плане φ . Чаще всего уменьшают значение подачи.

Новое значение подачи S_o , мм/об, может быть подсчитано по формуле

$$S_o = \left(\frac{[P_z]}{C_P \cdot t^{X_P} \cdot K_H} \right)^{\frac{1}{Y_P}}.$$

Значения параметров C_P , X_P , K_H и Y_P приведены в разд. 2.7.

2.9. Определение необходимой мощности станка

Необходимую мощность станка $N_{ст}$, кВт, находят по формуле

$$N_{ст} = \frac{P_z \cdot v}{6 \cdot 10^4 \cdot \eta},$$

где η — КПД станка, можно принимать равным $\eta = 0,75$. Рассчитанное значение сравнивается с паспортными данными станка (см. табл. 12).

2.10. Определение основных параметров нормирования

Основное технологическое (машинное) время t_o , мин, рассчитывают по формуле

$$t_o = \frac{L}{v_s},$$

где L — фактическая длина прохода резца, мм (рис. 3), $L = l_3 + l_1 + l_{вр} + l_{п}$ (l_3 — длина обрабатываемой поверхности заготовки, мм; l_1 — путь подвода резца, т. е. начальный, предохраняющий инструмент зазор между деталью и резцом, $l_1 \approx 2$ мм, $l_{вр}$ — длина вре-

зания резца на полную глубину резания, $l_{вр} = \frac{t}{\tan \varphi}$, $l_{п}$ — путь выхода резца из контакта с заготовкой (перебег). Если обработка ведется напроход, $l_{п} \approx 2 \text{ мм}$.

Количество заготовок, обработанных за период стойкости, K_3 , шт, рассчитывают по формуле

$$K_3 = \frac{T}{t_0}.$$

Штучное время обработки $t_{шт}$, мин, определяют как

$$t_{шт} = (t_0 + t_в) \cdot (1 + K_{обсл} + K_{отд}).$$

Сомножитель $(t_0 + t_в)$ является суммой основного t_0 и вспомогательного $t_в$ времени и называется оперативным временем.

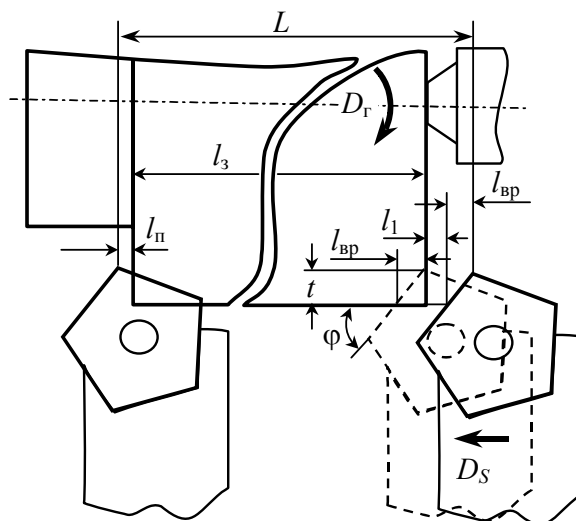


Рис. 3

Вспомогательное время $t_в$ затрачивается на закрепление и снятие обрабатываемых заготовок, пуск и останов станка, смену режущего инструмента, а также на его подвод и отвод на каждом переходе, на измерение размеров заготовки и т. п.

Коэффициент $K_{\text{обсл}}$ характеризует время на обслуживание станка. По нормативам для токарно-винторезных станков $K_{\text{обсл}} = 0,035$.

Коэффициент $K_{\text{отд}}$ характеризует затраты времени на отдых и личные надобности рабочего. По нормативам $K_{\text{отд}} = 0,06$ при ручной смене заготовок массой до 50 кг, $K_{\text{отд}} = 0,07 \dots 0,08$ для более тяжелых заготовок и $K_{\text{отд}} = 0,04$ при механической смене заготовок. При выполнении домашних заданий условно можно принять $K_{\text{отд}} = 0,06$.

Поскольку за период стойкости обрабатывается K_3 заготовок, время на смену инструмента, приходящееся на одну заготовку, будет составлять $t_{\text{см}} / K_3$, где $t_{\text{см}}$ — время, затрачиваемое на смену резца или поворот многогранной пластины, т. е. вспомогательное время может быть выражено как $t_{\text{в}} = \varepsilon \cdot t_0 + t_{\text{см}} / K_3$. В слагаемом $\varepsilon \cdot t_0$ с помощью коэффициента ε учитываются все временные вспомогательные затраты при обработке одной заготовки (исключая время на смену инструмента) в долях основного технологического времени t_0 .

По нормативным данным для токарно-винторезных станков $\varepsilon = 0,56$. Таким образом, формула для расчета штучного времени принимает вид

$$t_{\text{шт}} = t_0 \cdot \left(1 + \varepsilon + \frac{t_{\text{см}}}{T} \right) \cdot (1 + K_{\text{обсл}} + K_{\text{отд}}).$$

Время на смену резца или поворот многогранной пластины при работе на токарном станке по нормативам составляет от 0,5 до 1 мин. Будем условно принимать, что $t_{\text{см}} = 0,5$ мин.

Сменная выработка H , шт., равна

$$H = \frac{T_{\text{см}}}{t_{\text{шт}}},$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, можно принять 480 мин.

Сменный расход инструмента (количество необходимых СМП в смену) I , шт., определяют по формуле

$$I = \frac{H \cdot \tau}{K_3 \cdot Z},$$

где τ — коэффициент случайной убыли, обычно принимают $\tau = 1,2$; Z — число рабочих вершин многогранной пластины.

3. НАЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НОРМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛЯ ОПЕРАЦИИ СВЕРЛЕНИЯ СПИРАЛЬНЫМИ СВЕРЛАМИ

Выбор режима резания осуществляют исходя из условия обработки отверстия на универсальном вертикально-сверлильном станке сверлом с коническим хвостовиком средней серии по ГОСТ 10903—77 для трех возможных вариантов интенсивности режима сверления: нормального, умеренного и форсированного.

3.1. Назначение количества этапов обработки отверстия и диаметра сверла

При обработке отверстия заданной точности и шероховатости поверхности необходимо сначала установить последовательность работы осевых инструментов и их диаметры. Примерная последовательность этапов обработки и значения припуска для обработки отверстий диаметром $D = 10 \dots 30$ мм в зависимости от необходимой точности отверстия устанавливают на основе данных табл. 15.

Таблица 15

Квалитет точности отверстия	Этап обработки	Ориентировочное значение припуска на обработку t , мм
15, 14	I — сверление	—
13, 12, 11, 10	I — сверление II — зенкерование	— $0,3D^{0,5}$
8, 9	I — сверление II — зенкерование	— $0,3D^{0,5}$

	III — развертывание однократное	$0,002D + 0,1$
7	I — сверление	—
	II — зенкерование	$0,3D^{0,5}$
	III — развертывание черновое	$0,001D + 0,08$
	III — развертывание чистовое	$0,001D + 0,03$

Необходимый диаметр сверла d , мм, определяют по формуле

$$d = D - 2t_{\text{зен}} - 2t_{\text{разв. черн}} - 2t_{\text{разв. чист}}$$

где $t_{\text{зен}}$ — припуск под зенкерование, мм; $t_{\text{разв. черн}}$ — припуск под черновое развертывание, мм; $t_{\text{разв. чист}}$ — припуск под чистовое развертывание, мм.

Полученный диаметр сверла необходимо уточнить по ГОСТ 10903—77.

Принимают ближайшее меньшее значение диаметра из стандартного ряда:

8,0; 8,2; 8,5; 8,8; 9,0; 9,2; 9,5; 9,8; 10,0; 10,2; 10,5; 10,8; 11,0; 11,2; 11,5; 11,8; 12,0; 12,2; 12,5; 12,8; 13,0; 13,2; 13,5; 13,8; 14,0; 14,25; 14,5; 14,75; 15,0; 15,25; 15,5; 15,75; 16,0; 16,25; 16,5; 16,75; 17,0; 17,25; 17,5; 17,75; 18,0; 18,25; 18,5; 18,75; 19,0; 19,25; 19,5; 19,75; 20,0; 20,25; 20,5; 20,75; 21,0; 21,25; 21,5; 22,0; 22,25; 22,5; 22,75; 23,0; 23,25; 23,5; 23,75; 24,0; 24,25; 24,5; 24,75; 25,0; 25,25; 25,5; 25,75; 26,0; 26,25; 26,5; 26,75; 27,0; 27,25; 27,5; 27,75; 28,0; 28,25; 28,5; 28,75; 29,0; 29,25; 29,5; 30,0; 30,25; 30,5; 30,75

3.2. Вычерчивание схемы обработки

Схематично изображают закрепленную на столе станка обрабатываемую заготовку и сверло в отверстии в конечном положении. Принципы оформления схемы обработки изложены в разд. 2.1.

3.3. Выбор значения подачи на оборот сверла

Подача на оборот сверла S_o , мм/об, зависит прежде всего от диаметра сверла d , а также от физико-механических свойств обрабатываемого материала, глубины отверстия и некоторых других факторов:

$$\text{для сверл с } d \leq 10 \text{ мм } S_o = 0,025 \cdot K_S \cdot K_{HBS} \cdot K_{IS} \cdot K_{IS} \cdot d,$$

$$\text{для сверл с } d > 10 \text{ мм } S_o = 0,063 \cdot K_S \cdot K_{HBS} \cdot K_{IS} \cdot K_{IS} \cdot d^{0,6},$$

где K_S — коэффициент, учитывающий влияние марки обрабатываемого материала (определяется по табл. 16); K_{HBS} и K_{IS} — коэффициенты, учитывающие соответственно влияние твердости обрабатываемого материала и глубины отверстия l_o , мм (эти коэффициенты могут быть определены по табл. 17); K_{IS} — коэффициент, характеризующий условия сверления: для «нормальных» условий сверления $K_{IS} = 1,0$, для тяжелых условий $K_{IS} = 0,6$.

Под тяжелыми условиями подразумевается сверление отверстий в деталях малой жесткости, для получения сквозных отверстий, отверстий на наклонных поверхностях и т. п. [1]. Рассчитанное значение подачи S_o следует уточнить в большую сторону по паспортным данным оборудования и использовать значение $S_{o \text{ ст}}$ при дальнейших расчетах.

Ряд паспортных значений подачи $S_{o \text{ ст}}$, мм/об, для основных типов вертикально-сверлильных станков:

0,1; 0,14; 0,20; 0,28; 0,40; 0,56; 0,80

Ряд значений частоты вращения шпинделя $n_{\text{ст}}$, об/мин:

63, 90, 125, 180, 250, 350, 500, 700, 1000, 1400, 2000, 2800

Таблица 16

Обрабатываемый материал	K_S	K_v
Стали повышенной обрабатываемости (типа А20, А30 и др.)	1,2	1,2
Стали углеродистые (типа стали 40, 45, 50 и др.)	1,0	1,0
Стали низколегированные (типа 20Х, 30Х, 40Х и др.)	0,9	0,9
Стали среднелегированные (типа 35ХГСА, 38ХМА, 38ХС, 18ХНВА и др.)	0,8	0,75
Стали высоколегированные коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные (типа 20Х113, 12Х18Н10Т и др.)	0,7	0,6
Чугун серый	1,5	1,0

Таблица 17

Обрабатываемый материал	K_{HBS}	K_{IS}	K_{HBv}	K_{lv}
-------------------------	-----------	----------	-----------	----------

Сталь	$\left(\frac{200}{\text{HB}}\right)^{1,2}$	$1,4 \cdot \left(\frac{d}{l}\right)^{0,3}$	$\left(\frac{200}{\text{HB}}\right)^{0,9}$	$1,7 \cdot \left(\frac{d}{l}\right)^{0,5}$
Чугун	$\left(\frac{190}{\text{HB}}\right)^{1,5}$	$1,2 \cdot \left(\frac{d}{l}\right)^{0,2}$	$\left(\frac{190}{\text{HB}}\right)^{1,0}$	$1,5 \cdot \left(\frac{d}{l}\right)^{0,4}$

3.4. Назначение скорости резания для режима нормальной интенсивности

Скорость резания v , м/мин, при сверлении может быть рассчитана по формулам:

при сверлении стали:

$$v = \frac{9,8 \cdot d^{0,4}}{T^{0,2} \cdot S_{\text{от}}^{0,5}} \cdot K_v \cdot K_{\text{HBv}} \cdot K_{lv} \cdot K_m \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{ф}};$$

при сверлении чугуна:

$$v = \frac{8,3 \cdot d^{0,35}}{T^{0,125} \cdot S_{\text{от}}^{0,475}} \cdot K_v \cdot K_{\text{HBv}} \cdot K_{lv} \cdot K_m \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{ф}};$$

где T — заданная стойкость сверла, мин; рекомендуемое значение стойкости может быть принято по нормативам [2] или подсчитано по приближенным эмпирическим зависимостям, приведенным в табл. 18 (см. также приведенные ниже пояснения по выбору коэффициента $K_{\text{т}}$).

Таблица 18

Обрабатываемый материал	Стойкость, мин	
	Класс точности сверла А1	Класс точности сверла В и В1
Сталь	$10d^{0,6}$	$6d^{0,7}$
Чугун	$24d^{0,6}$	$17d^{0,5}$

Поправочный коэффициент K_v , характеризующий влияние марки обрабатываемого материала, находят по табл. 16.

Поправочный коэффициент K_{HBv} , характеризующий влияние твердости обрабатываемого материала, определяют по табл. 17.

Поправочный коэффициент K_{lv} , характеризующий длину (глубину) обрабатываемого отверстия l_0 , выбирают по табл. 17.

Поправочный коэффициент K_m , характеризующий инструментальный материал сверла, определяют по табл. 19.

При выборе инструментального материала для изготовления сверла следует принимать во внимание следующие соображения. Для обычных условий сверления углеродистых и низколегированных сталей (см. табл. 16), имеющих нормальную (HB 180...220) и пониженную твердость (HB < 180), можно использовать сверла из стали P6M5. Эту же марку можно применять при сверлении чугуна с HB < 200. Для обработки среднелегированных сталей, а также углеродистых и низколегированных сталей повышенной твердости HB 220...250 и чугуна с HB > 200 рекомендуется использовать сверла из стали P6M5K5. Для обработки высоколегированных, коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей, а также материалов с высокой твердостью (HB > 250) рекомендуется применять сверла из стали P9M4K8. Для сталей повышенной обрабатываемости, а также материалов с низкой твердостью HB 130...150, можно применять малолегированные недорогие быстрорежущие стали P2M5 и 11P3M3Ф2.

Таблица 19

Марка быстрорежущей стали	K_m
P6M5	1,0
P6M5K5	1,06
P6M4K8	1,17
P2M5, 11P3M3Ф2	0,92

Поправочный коэффициент K_n характеризует наличие износостойкого покрытия. Для сверл без покрытия принимают $K_n = 1,0$, для сверл с износостойким покрытием $K_n = 1,15$.

Поправочный коэффициент K_t , характеризующий степень точности сверла, определяют по табл. 20. Сверла повышенной точности класса A1, изготовленные методом вышлифовки канавок и спинок, имеют более высокую стойкость, используются обычно на ответственных работах, на автоматизированном оборудовании, при повышенных требованиях к надежности инструмента и т. п.

Такие сверла имеют большую стоимость и изготавливаются, как правило, небольших диаметров.

Таблица 20

Тип сверла	Класс точности	K_T
Фрезерованные или катанные	B	1,0
	B1	1,05
Шлифованные	A1	1,15

Поправочный коэффициент K_c характеризует длину рабочей части сверла.

Чаще всего для сверления отверстий диаметром 10...15 мм в машиностроении используют сверла средней серии с коническим хвостовиком по ГОСТ 10903—77. Для сверления отверстий малой глубины в массовом и крупносерийном производстве для повышения стойкости рекомендуется применять сверла короткой серии, а для обработки глубоких отверстий — длинные и удлиненные сверла соответствующих серий. Для сверл средней серии длину рабочей части l_1 , мм, можно в первом приближении подсчитать по эмпирической формуле

$$l_1 = 15d^{0,7}.$$

Значение поправочного коэффициента K_c можно подсчитать по формуле

$$K_c = 1,7 \cdot \left(\frac{d}{l_1} \right)^{0,3}.$$

Поправочный коэффициент K_ϕ , характеризующий форму заточки режущей части сверла, устанавливают согласно табл. 21 [1].

Таблица 21

Обрабатываемый материал	Форма заточки		d , мм	K_ϕ
	Наименование	Обозначение		
Сталь, стальные отливки, чугун	Нормальная (без подточек)	Н	—	1,0

Стальные отливки $\sigma_b < 500$ МПа с коркой	Нормальная с под- точкой перемычки	НП	Св. 12	1,2
Стальные отливки $\sigma_b < 500$ МПа с коркой и чугун с коркой	Двойная (с двойным углом φ)	Д		
	Двойная с подточ- кой перемычки	ДП		

При выборе формы заточки необходимо учитывать следующее:

- подточка перемычки уменьшает осевую силу;
- двойная заточка обеспечивает лучшие условия отвода тепла от вершин инструмента и упрочняет их при незначительном увеличении крутящего момента, что позволяет работать с повышенными режимами резания.

3.5. Определение частоты вращения шпинделя

Частоту вращения шпинделя n , об/мин, определяют по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}.$$

Полученное значение n уточняют в меньшую сторону по паспортным данным оборудования. Ряд значений частоты вращения шпинделя $n_{ст}$ для некоторых моделей универсальных вертикально-сверлильных станков приведены в разд. 3.3.

3.6. Определение фактического значения скорости резания

Фактическое значение скорости резания v_ϕ , м/мин, равно

$$v_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{ст}}{1000}.$$

3.7. Определение осевой составляющей силы резания P_x и эффективной мощности на резание N_e

Осевая составляющая силы резания P_x , Н, при сверлении определяется по формулам:

при сверлении стали: $P_X = 904 \cdot d \cdot S_{\text{ост}}^{0,7} \cdot \left(\frac{\text{HB}}{200} \right)^{0,75}$;

при сверлении чугуна: $P_X = 568 \cdot d \cdot S_{\text{ост}}^{0,8} \cdot \left(\frac{\text{HB}}{200} \right)^{0,6}$.

Мощность N_3 , кВт, затрачиваемая на резание при сверлении, может быть подсчитана по следующим формулам:

для стали: $N_3 = 0,0114 \cdot v_\phi \cdot d \cdot S_{\text{ост}}^{0,7} \cdot \left(\frac{\text{HB}}{200} \right)^{0,75}$;

для чугуна: $N_3 = 0,0069 \cdot v_\phi \cdot d \cdot S_{\text{ост}}^{0,8} \cdot \left(\frac{\text{HB}}{200} \right)^{0,6}$.

В том случае, если условия не выполняются, следует уменьшить подачу или использовать другой станок.

Необходимо, чтобы выполнялись условия $P_{\text{хст}} \geq P_X$ и $N_{\text{ст}} \geq N_3 / \eta$, где η — КПД станка; обычно $\eta = 0,80$.

Паспортные данные некоторых моделей вертикально-сверлильных станков приведены в табл. 22.

Таблица 22

Параметр	Значения параметров для моделей станков				
	2Н118 2Н118А 2Н118Ф2	2Н125 2Н125А	2Н135 2Н135А 2Н135Ф2 2Е135Ф2	2Н150 2Н150А	2Г175
Максимальный диаметр сверла d_{max} , мм	18	25	35	50	75
Допускаемая сила подачи станка $P_{\text{хст}}$, Н	5600	9000	15000	23500	40000
Мощность электродвигателя $N_{\text{ст}}$, кВт	1,5	2,2	4,0	7,5	10

3.8. Определение основных параметров нормирования

Основное технологическое (машинное) время операции сверления t_o , мин, рассчитывают по формуле

$$t_o = \frac{L}{n_{ст} \cdot S_{ост}},$$

где L — длина хода сверла с рабочей подачей, мм (рис. 4); $L = l_{вр} + l_o + l_{вых}$ ($l_{вр}$ — величина врезания сверла, мм; для сверл с одинарной заточкой $l_{вр} = 0,4d$, для сверл с двойной заточкой $l_{вр} = 0,5d$; l_o — глубина отверстия, мм; $l_{вых}$ — величина выхода сверла; при сквозном отверстии $l_{вых} = 1 \dots 2$ мм, при глухом отверстии $l_{вых} = 0$).

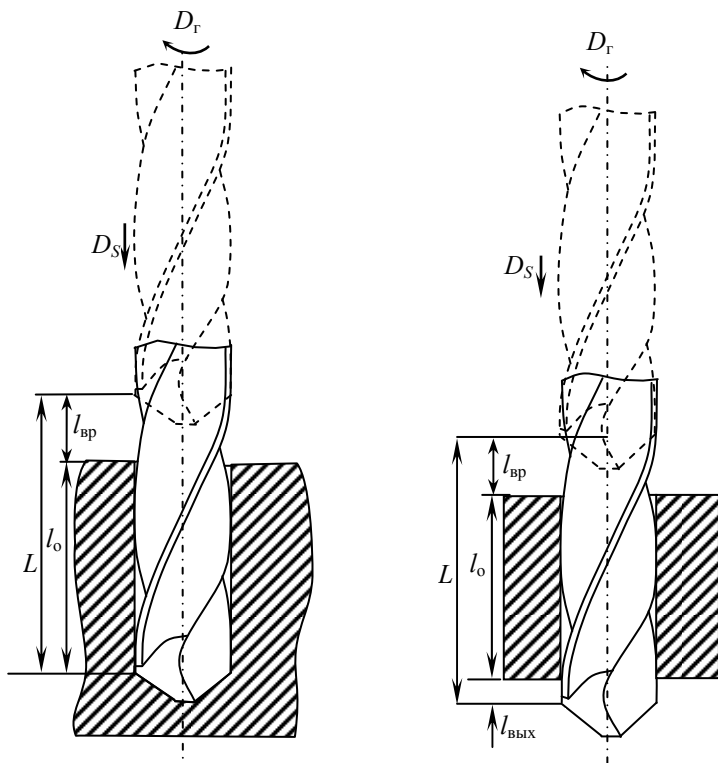
Количество отверстий, обработанных за период стойкости, K_3 , шт, рассчитывают по формуле

$$K_3 = \frac{T}{t_o}.$$

Для определения штучного времени $t_{шт}$, мин, необходимо знать сумму всех непроизводительных затрат времени, приходящихся на одну операцию сверления:

$$t_{шт} = t_o \cdot \left(1 + \varepsilon + \frac{t_{см}}{T} \right) \cdot (1 + K_{обсл} + K_{отд}),$$

где ε — коэффициент, учитывающий все временные вспомогательные затраты при обработке одной обрабатываемой заготовки (исключая время на смену инструмента) в долях основного времени t_o ; для сверлильных станков $\varepsilon = 0,45$; $t_{см}$ — время на смену сверла; при установке сверла с конусом Морзе $t_{см} = 0,12 \dots 0,14$ мин; $K_{обсл}$ — коэффициент, характеризующий затраты времени на об-



служивание станка; при диаметре сверла до 12 мм $K_{\text{обсл}} = 0,035$, свыше 12 мм $K_{\text{обсл}} = 0,04$; $K_{\text{отд}}$ — коэффициент, характеризующий затраты времени на отдых и личные надобности; $K_{\text{отд}} = 0,04 \dots 0,08$.

Рис. 4

Сменная выработка H , шт., определяется как

$$H = T_{\text{см}} / t_{\text{шт}},$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, можно принять 480 мин.

Сменный расход инструмента (количество необходимых сверл с учетом переточки) $I_{\text{см}}$, шт., определяют по формуле

$$I = \frac{H \cdot \tau}{K_3 \cdot (i + 1)},$$

где i — количество переточек сверла; количество возможных переточек сверла зависит от серии сверла (длины рабочей части), используемых режимов сверления, вида лимитирующего износа рабочих элементов, типа оборудования и др. Для выполнения домашнего задания можно принять, что сверло обеспечивает 10 переточек; τ — коэффициент запаса инструмента, характеризующий его возможную случайную убыль, обычно $\tau = 1,2$.

3.9. Выбор режима сверления умеренной интенсивности и форсированных режимов

Выбор режима резания умеренной интенсивности. В случае необходимости использования умеренных режимов сверления (см. разд. 1) выбор подачи S_0 , мм/об, осуществляют по формуле

$$S_0 = 0,02 \cdot d^{0,8} \cdot K_S \cdot K_{\text{HBS}} \cdot K_{\text{IS}}.$$

Значения параметров, входящих в формулу, определяют, как это описано в разд. 3.3. Полученное значение S_0 уточняют по паспортным данным оборудования в большую сторону.

Таблица 23

Обрабатываемый материал	v_y , м/мин
Углеродистые конструкционные стали	12–17
Малолегированные стали (типа 40Х, 30Н, 30Г и др.)	10–15
Среднелегированные стали (типа 35ХГСА, 38ХМА, 18ХНВА и др.)	8–12
Высоколегированные стали (типа 20Х13, 12Х18Н10Т и др.)	6–9
Чугун серый	12–15

Скорость резания v , м/мин, определяют по формуле

$$v = v_y \cdot K_{HBv} \cdot K_{lv}.$$

Значения v_y для различных групп обрабатываемых материалов приведены в табл. 23 [2]. Значения коэффициентов определяются, как это описано в разд. 3.4.

Остальные этапы выбора параметров описаны в разд. 3.5–3.8.

Выбор форсированных режимов сверления. Для форсированных режимов сверления подачу подсчитывают по формуле

$$S_o = 0,08 \cdot d^{0,6} \cdot K_S \cdot K_{HBS} \cdot K_{IS}$$

и уточняют по паспорту станка.

Скорость резания вычисляют по формуле

$$v = \left(\frac{A \cdot d}{S_o} \right)^{0,5}.$$

Величина A называется условным показателем интенсивности режима сверления [2], ее вычисляют по формуле

$$A = A_1 \cdot K_m^2 \cdot K_{HBv}^2 \cdot K_{lv}^2 \cdot K_{HBS} \cdot K_{IS} \cdot K_S.$$

При форсированных режимах для короткой и средней серии сверла $A_1 = 25$, для длинной и удлиненной $A_1 = 13$.

После получения значения v для форсированных режимов сверления следует определить ожидаемую стойкость сверла T , мин, которая может быть рассчитана по формулам:

$$\text{для обработки стали } T = \frac{9,8^5 \cdot d^2}{v^5 \cdot S_0^{2,5}} \cdot K_{\text{общ}}^8;$$

$$\text{для обработки чугуна } T = \frac{8,3^8 \cdot d^{2,8}}{v^8 \cdot S_0^{3,5}} \cdot K_{\text{общ}}^8,$$

где $K_{\text{общ}} = K_{\text{м}} \cdot K_{\text{НВу}} \cdot K_{\text{lv}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{ф}}$.

Выбор коэффициентов, входящих в правую часть формулы, описан в разд. 3.4.

Считается, что для всех случаев обработки стойкость сверла не должна быть менее 10 мин. В том случае, если стойкость сверла $T < 10$ мин, проводят новый расчет скорости резания при условии, что $T = 10$ мин, и полученное значение скорости резания считается скоростью рекомендуемой для форсированного режима сверления.

Остальные этапы выбора параметров описаны в разд. 3.5–3.8.

4. ВЫБОР РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ ФРЕЗЕРОВАНИЯ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ

4.1. Выбор количества стадий обработки

На рис. 5 приведены схемы обработки поверхностей концевыми фрезами. Независимо от схемы работы концевой фрезы ширина фрезерования B измеряется в направлении, параллельном оси фрезы, а глубина резания t — в направлении, перпендикулярном оси фрезы. У концевых фрез, также как и у других типов фрез, главные режущие лезвия расположены на цилиндрическом участке. Концевая фреза может быть использована так, что в работе будут участвовать только главные режущие лезвия (рис. 5, а). В этом случае фреза применяется для обработки вертикальной плоскости, обработки контура или прорезания сквозного паза. Концевая фреза может также обрабатывать горизонтальные плоскости, уступы и глухие пазы. В этом случае в работе участвуют также вспомогательные режущие лезвия, расположенные на торце фрезы.

Диаметр фрезы определяют для каждого участка заготовки исходя из его конфигурации, а затем окончательно принимают наименьший из установленных диаметров. Если нет ограничений по конфигурации детали, то для обработки используют фрезы максимально допустимого для станка диаметра.

При фрезеровании обработку обычно проводят за одну (черновую) или две (черновую и чистовую) стадии обработки. Черновую стадию обработки рекомендуется выполнять за один проход, однако для больших припусков черновую стадию обработки приходится разбивать на несколько проходов. Решение о возможности удаления припуска за один проход принимают на основе подсчета произведения глубины резания t на ширину фрезерования B . Его значение при обработке плоскости, уступа или сквозного паза не должно превышать: при обработке сталей и чугуна быстрорежущими фрезами $t \cdot B < 1,65D^{1,6}$, при обработке сталей и чугуна твердосплавными фрезами $t \cdot B < 1,16D^{1,6}$, при обработке алюминиевых и медных сплавов $t \cdot B < 2,32D^{1,6}$. При обработке глухого паза формулы имеют, соответственно, вид: $t \cdot B < 0,8D^{1,6}$, $t \cdot B < 0,6D^{1,6}$, $t \cdot B < 1,16D^{1,6}$.

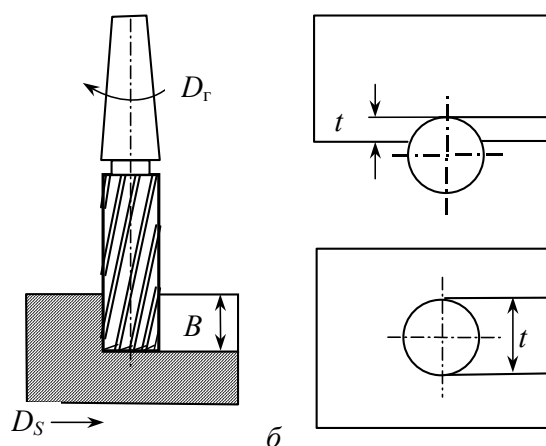
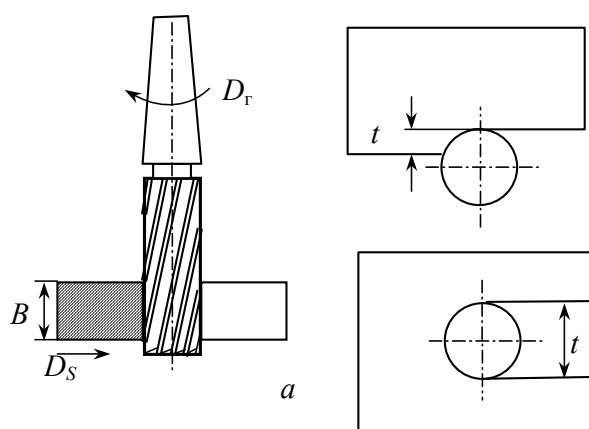


Рис. 5

Если черновая обработка может быть проведена за один проход, принимают решение о необходимости чистового прохода, т. е. о количестве стадий обработки исходя из заданной точности детали.

Количество стадий обработки (одна — черновая, или две — черновая и чистовая) выбирают с помощью показателя количества стадий обработки K_{co} , который определяют по формуле

$$K_{co} = \delta \cdot K_{m\delta} \cdot K_{z\delta} \cdot K_{l\delta} \cdot K_{B\delta},$$

где δ — допуск выполняемого размера, мм.

Поправочный коэффициент $K_{m\delta}$ характеризует обрабатываемый материал (табл. 24).

Таблица 24

Обрабатываемый материал	$K_{m\delta}$
Углеродистые и легированные стали	$\frac{3037}{HB^{1,5}}$
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	$\frac{1782}{HB^{1,4}}$
Чугун	$\frac{2014}{HB^{1,45}}$
Алюминиевые сплавы	$\frac{51,8}{HB^{0,85}}$

Поправочный коэффициент $K_{z\delta}$ характеризует число зубьев фрезы z :

$$K_{z\delta} = \frac{4,28}{z^{1,05}}.$$

Поправочный коэффициент $K_{l\delta}$ характеризует отношение вылета фрезы l к ее диаметру D :

$$K_{l\delta} = \frac{8,56}{\left(\frac{l}{D}\right)^{3,08}}.$$

Поправочный коэффициент $K_{B\delta}$ характеризует отношение диаметра фрезы D к ширине фрезерования B :

$$K_{B\delta} = \frac{D}{B}.$$

Подсчитанное значение K_{co} сравнивают со значением, приведенным в табл. 25. Если подсчитанное значение окажется меньше табличного, то обработку необходимо проводить в две стадии, если больше или равно, можно проводить обработку в одну стадию.

Таблица 25

Отношение глубины фрезерования к диаметру фрезы $\frac{l}{D}$	K_{co}		
	Углеродистые и легированные стали	Чугун	Медные и алюминиевые сплавы
0,1	0,1	0,1	0,07
0,2	0,09	0,08	0,07
0,3	0,09	0,08	0,06
0,4	0,08	0,07	0,06
0,5	0,07	0,07	0,06
0,6	0,06	0,06	0,05
0,7	0,05	0,05	0,04
0,8	0,05	0,05	0,03

0,9	0,04	0,04	0,02
1,0	0,04	0,04	0,02

В том случае, если обработка должна выполняться в две стадии, на чистовую обработку обычно оставляют глубину резания 0,2...0,3 мм.

При обработке паза чистовой проход обычно не делают. В некоторых случаях приходится делать несколько черновых проходов, увеличивая глубину паза. Количество черновых проходов устанавливают исходя из максимального значения $(t \cdot B)_{\max}$, которое при обработке паза составляет примерно половину от того значения, которое получается при расчете по вышеприведенным формулам.

4.2. Выбор подачи на зуб фрезы

После определения количества стадий обработки и глубины резания t на каждом проходе приступают к выбору подачи на зуб фрезы.

Подача на зуб фрезы S_z , мм/зуб, при обработке уступов, контуров и плоскостей может быть рассчитана по формуле

$$S_z = \frac{C_z \cdot D^z \cdot K_{MS} \cdot K_{IS} \cdot K_{LS}}{t^x \cdot B^u}.$$

Значения C_z , z , x и u приведены в табл. 26.

Таблица 26

Вид обработки	Обрабатываемый материал	C_z	z	x	u
Черновая	Углеродистые и легированные стали	0,04	0,83	0,41	0,42
	Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	0,024	0,89	0,43	0,46
	Чугун серый и ковкий	0,05	0,82	0,40	0,42
	Алюминиевые и медные сплавы	0,05	0,85	0,41	0,44

Чистовая	Углеродистые и легированные стали	0,03	0,75	0,36	0,38
	Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	0,02	0,75	0,36	0,41
	Чугун серый и ковкий	0,04	0,73	0,35	0,36
	Алюминиевые и медные сплавы	0,036	0,79	0,38	0,40

Поправочный коэффициент K_{mS} характеризует твердость обрабатываемого материала (табл. 27):

$$K_{mS} = \frac{C_{IS}}{HB^{n_1}}.$$

Поправочный коэффициент $K_{иS}$ характеризует инструментальный материал. Для быстрорежущей стали $K_{иS} = 1,0$, для твердого сплава $K_{иS} = 0,8$.

Таблица 27

Обрабатываемый материал	C_{IS}	n_1
Сталь	432	1,135
Чугун	1880	1,437
Медные сплавы	4,2	0,286
Алюминиевые сплавы	9,64	0,492

Поправочный коэффициент K_{IS} характеризует жесткость фрезы и зависит от ее диаметра D и величины вылета фрезы из шпинделя l :

$$K_{IS} = \frac{1,2}{(l/D)^{0,21}}.$$

Для стандартных фрез, в первом приближении, $l=4D^{0,75}$.

Подача на зуб $S_{пз}$, мм/зуб, при обработке пазов может быть вычислена по формуле

$$S_{пз} = \frac{C_{пS} \cdot D^{z_1} \cdot Ra^{m_1}}{B^{u_1}} \cdot K_{mS} \cdot K_{иS} \cdot K_{IS},$$

где Ra — заданная шероховатость обработанной поверхности паза, мкм.

Значения параметров $C_{пS}$, z_1 , m_1 и u_1 приведены в табл. 28, а значения поправочных коэффициентов $K_{мS}$, $K_{иS}$ и K_{SI} были приведены выше.

4.3. Выбор скорости резания

Скорость резания v , мм/мин, при обработке плоскостей, уступов, контуров может быть подсчитана по формуле

$$v = \frac{C_v \cdot D^{z_2} \cdot K_{мv} \cdot K_{HBv} \cdot K_{пv} \cdot K_{Tv} \cdot K_{kv}}{t^{x_2} \cdot S_z^{y_2}}.$$

Значения C_v , z_2 , x_2 и y_2 приведены в табл. 28.

Поправочный коэффициент $K_{мv}$ учитывает группу обрабатываемого материала (табл. 29).

Таблица 28

Наименование параметра	Значение параметра для различных материалов		
	Сталь	Чугун	Медные и алюминиевые сплавы
$C_{пS}$	0,0043	0,0042	0,005
z_1	0,962	0,977	0,946
m_1	0,339	0,38	0,398
u_1	0,618	0,652	0,716
C_{HBv}	1952	32	—
n_2	1,42	0,66	—
C_{Tv}	5,78	3,1	4,5
n_3	0,436	0,276	0,372
C_v	5,88	16,8	21,5
z_2	0,48	0,26	0,5
x_2	0,23	0,37	0,31
y_2	0,21	0,23	0,21
$C_{пv}$	4,82	8,44	17,04
$z_{п}$	0,31	0,1	0,25
$u_{п}$	0,07	0,12	0,07
$y_{п}$	0,22	0,31	0,23

Таблица 29

Обрабатываемый материал		K_{MV}, K_{MN}
Углеродистые стали		1,0
Легированные стали		0,8
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали		0,5
Чугун серый		1,0
Чугун ковкий		1,2
Медные и алюминиевые сплавы	БРАЖН10-4-4, АК4, АК6, АК8	0,8
	АЛ2, АЛ4, АЛ5	1,0
	Д1, Д16, Д20, АЛ9	1,25
	В93, В95, АЛ8, АЛ19	1,40
	МЛ15, МА14, АМц	1,70
	АМг, АМг6, МА2	2,20

Поправочный коэффициент K_{HBv} учитывает твердость обрабатываемого материала:

$$K_{HBv} = \frac{C_{HBv}}{(HB)^{n_2}}.$$

Значения C_{HBv} и n_2 приведены в табл. 28.

Поправочный коэффициент $K_{иv}$ учитывает инструментальный материал (табл. 30).

Таблица 30

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	$K_{иv}, K_{иN}$
Сталь	P6M5	1,0
	T15K6	2,8
	T5K10	2,3
Чугун	P6M5	1,0
	BK6	2,5
	BK8	2,1
Медные и алюминиевые сплавы	P6M5	1,0
	P6M3	1,9

Поправочный коэффициент K_{vT} учитывает принятый период стойкости фрезы (нормативный период стойкости для фрез 60 мин):

$$K_{Tv} = \frac{C_{Tv}}{T^{n_3}}.$$

Значения C_{Tv} и n_3 приведены в табл. 28.

Поправочный коэффициент K_{kv} учитывает состояние обрабатываемой поверхности. При работе по корке для стали и чугуна $K_{kv} = 0,8$, для алюминиевых и медных сплавов $K_{kv} = 0,85$. При работе без корки $K_{kv} = 1$.

Значения параметров C_v , z_2 , x_2 , и y_2 приведены в табл. 28.

Скорость резания при обработке пазов подсчитывают по формуле

$$v = C_{pv} \cdot \frac{D^{z_n}}{B^{u_n} \cdot S_z^{y_n}} \cdot K_{mv} \cdot K_{HBv} \cdot K_{iv} \cdot K_{Tv} \cdot K_{kv}.$$

Значения C_{pv} , z_n , u_n и y_2 приведены в табл. 28, а поправочные коэффициенты были выбраны выше.

4.4. Мощность при фрезеровании

Эффективная мощность на резание при обработке плоскостей, уступов и контуров может быть определена по формуле

$$N = C_N \cdot D^{z_3} \cdot t^{x_3} \cdot S_z^{y_3} \cdot K_{mN} \cdot K_{HBN} \cdot K_{iN} \cdot K_{TN} \cdot K_{kN}.$$

Значения C_N , z_3 , x_3 и y_3 приведены в табл. 31.

Таблица 31

Наименование параметра	Значение параметра для различных материалов		
	Сталь	Чугун	Медные и алюминиевые сплавы
C_N	0,12	0,18	0,17
z_3	0,65	0,47	0,69
x_3	0,64	0,45	0,54
y_3	0,51	0,41	0,51
C_{HBN}	980	10	—
n_5	1,3	0,44	—
C_{TN}	5,78	3,1	4,5

n_4	0,436	0,276	0,372
$C_{пN}$	0,086	0,106	0,118
$z_{пN}$	0,51	0,22	0,51
$u_{пN}$	0,95	0,86	0,88
$y_{пN}$	0,52	0,36	0,52

Поправочный коэффициент $K_{мN}$ учитывает группу обрабатываемого материала (см. табл. 30).

Поправочный коэффициент K_{HBN} учитывает твердость обрабатываемого материала:

$$K_{HBN} = \frac{C_{HBN}}{(HB)^{n_5}}.$$

Значения C_{HBN} и n_5 приведены в табл. 31.

Поправочный коэффициент $K_{иN}$ учитывает инструментальный материал (см. табл. 30).

Поправочный коэффициент K_{NT} учитывает принятый период стойкости фрезы:

$$K_{Tv} = \frac{C_{TN}}{T^{n_4}}.$$

Значения C_{TN} и n_4 приведены в табл. 31.

Поправочный коэффициент $K_{кN}$ учитывает состояние обрабатываемой поверхности. При работе по корке для стали и чугуна $K_{кN} = 0,8$, для алюминиевых и медных сплавов $K_{кN} = 0,85$. При работе без корки $K_{кN} = 1$.

Эффективная мощность на резание $N_{эф}$, кВт, при обработке пазов может быть рассчитана по формуле

$$N_{эф} = C_{пN} \cdot \frac{D^{z_{пN}}}{B^{u_{пN}} \cdot S_z^{y_{пN}}} \cdot K_{мN} \cdot K_{HBN} \cdot K_{иN} \cdot K_{TN} \cdot K_{кN}.$$

Значения $C_{пN}$, $z_{пN}$, $u_{пN}$ и $y_{пN}$ приведены в табл. 31, а поправочные коэффициенты были выбраны выше.

4.5. Силы резания при фрезеровании

Силы резания P_y и P_z , Н, при обработке плоскостей, уступов и контуров концевыми фрезами могут быть определены по формулам:

$$\text{радиальная: } P_y = C_{P_y} \cdot D^{z_4} \cdot \left(\frac{t}{D}\right)^{q_4} \cdot S_z^{y_4} \cdot K_{MP} \cdot K_{HBP} \cdot K_{zP} \cdot K_{BP};$$

$$\text{окружная: } P_z = C_{P_z} \cdot D^{z_5} \cdot \left(\frac{t}{D}\right)^{q_5} \cdot S_z^{y_5} \cdot K_{MP} \cdot K_{HBP} \cdot K_{zP} \cdot K_{BP}.$$

Значения параметров, входящих в формулы, приведены в табл. 32.

Таблица 32

C_{P_y}	z_4	q_4	y_4	C_{P_z}	z_5	q_5	y_5
6725	0,153	0,654	0,829	25700	0,142	0,663	0,894

Поправочный коэффициент K_{MP} отражает влияние группы обрабатываемого материала (табл. 33).

Поправочный коэффициент K_{HBP} отражает влияние твердости обрабатываемого материала:

$$K_{HBP} = C_{HBP} \cdot (HB)^{n_6}.$$

Значения C_{HBP} и n_6 приведены в табл. 33.

Таблица 33

Обрабатываемый материал	K_{MP}	C_{HBP}	n_6
Сталь	1,0	0,00056	1,4
Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали	1,0	0,0002	1,595
Чугун	0,9	0,0016	1,224
Медные и алюминиевые сплавы	0,8	0,0063	1,1

Поправочный коэффициент K_{zP} учитывает количество зубьев фрезы z : $K_{zP} = 0,25z$.

Поправочный коэффициент K_{BP} учитывает ширину фрезерования B : $K_{BP} = 0,05B$.

4.6. Проверка возможности осуществления процесса фрезерования

После расчета параметров режима резания проводится окончательная проверка возможности проведения данной операции на принятом оборудовании.

Присоединительные размеры шпинделя станка должны соответствовать базовым поверхностям выбранной концевой фрезы.

Необходимая частота вращения шпинделя $n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}$, об/мин,

должна соответствовать диапазону паспортных данных станка. Если частота вращения регулируется ступенчато, необходимо выбрать ближайшее меньшее значение.

Необходимая скорость подачи (минутная подача стола или шпинделя) подсчитывается по формуле $v_s = S_z \cdot z \cdot n_{ст}$, мм/мин, должна соответствовать диапазону паспортных значений подачи. Если скорость подачи регулируется ступенчато, необходимо выбрать ближайшее большее значение.

Необходимая для фрезерования мощность резания должна быть меньше, чем мощность двигателя станка с учетом КПД станка η : $N_{ст} \geq \frac{N_{эф}}{\eta}$. Можно принять $\eta = 0,85$.

4.7. Определение основных параметров нормирования

Основное технологическое (машинное) время t_o , мин, равно

$$t_o = \frac{L}{S_{мин}} = \frac{L}{S_z \cdot z \cdot n},$$

где L — длина рабочего хода фрезы, мм (рис. 6), $L = 2l_{п} + l_{вр} + l_3 + l_{вых}$ ($l_{п}$ — путь подвода фрезы и длина перебега на выходе фрезы, $l_{вр}$ — величина врезания фрезы, l_3 — длина заготовки, $l_{вых}$ — путь выхода фрезы).

Путь подвода инструмента и длина перебега принимаются равными $l_{п} = 2 \dots 5$ мм.

Для фрезерования пазов (рис. 6, а) $l_{вр} = l_{вых} = 0,5D$.

Для фрезерования уступов (рис. 6, б)

$$l_{\text{вр}} = l_{\text{вых}} = \sqrt{\frac{D^2}{4} - \left(\frac{D}{2} - t\right)^2} = \sqrt{t \cdot (D - t)}.$$

Количество заготовок, обработанных за период стойкости, K_3 , шт, рассчитывают по формуле

$$K_3 = \frac{T}{t_0}.$$

Штучное время обработки $t_{\text{шт}}$, мин, вычисляют как

$$t_{\text{шт}} = t_0 \cdot \left(1 + \varepsilon + \frac{t_{\text{см}}}{T}\right) \cdot (1 + K_{\text{обсл}} + K_{\text{отд}}).$$

Для фрезерных станков коэффициент ε , характеризующий вспомогательное время (без учета смены инструмента) сильно зависит от метода крепления заготовки на столе. При выполнении домашнего задания можно принимать $\varepsilon = 0,6$.

Время $t_{\text{см}}$ на замену изношенной концевой фрезы составляет 2,0...3,0 мин.

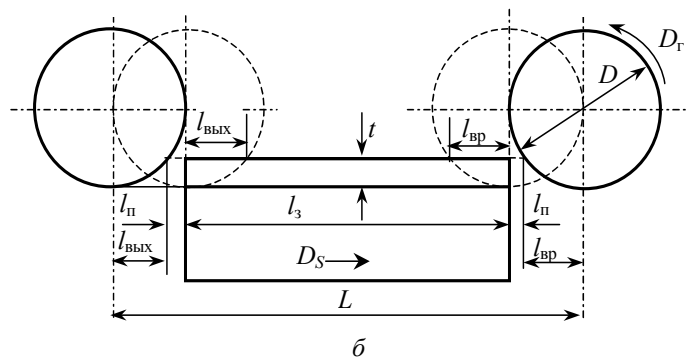
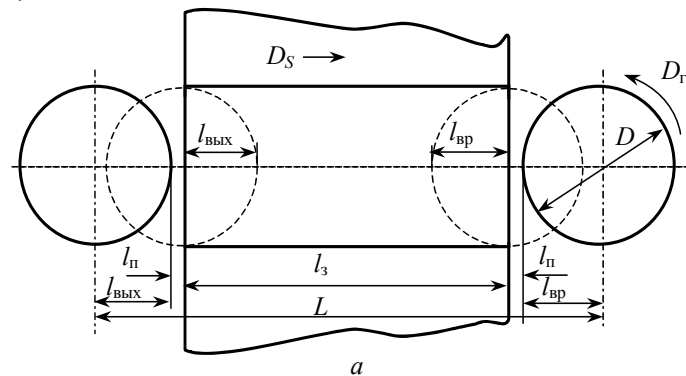


Рис. 6

Коэффициент $K_{\text{обсл}}$, характеризующий время на обслуживание фрезерного станка можно принять равным $K_{\text{обсл}} = 0,035$. Коэффициент $K_{\text{отд}}$, характеризующий затраты времени на отдых и личные надобности рабочего при ручной смене заготовок весом до 50 кг, составляет $K_{\text{отд}} = 0,06$.

Сменная выработка H , шт, равна

$$H = \frac{T_{\text{см}}}{t_{\text{шт}}},$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, может быть принята равной 480 мин.

Сменный расход инструмента (количество фрез, отправляемых на переточку) I , шт, определяется по формуле

$$I = \frac{H \cdot \tau}{K_3},$$

где τ — коэффициент случайной убыли, принимают $\tau = 1,2$.

После расчета режима резания при фрезеровании составляют итоговую таблицу (см. разд. 2.1, п. 4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ: В 2 ч. Ч. II: Нормативы режимов резания. М.: Экономика, 1990.

2. Выбор режимов резания при сверлении / Б.Д. Даниленко, В.И. Жилис, В.И. Денисенко и др. / Под ред. А.М. Дальского. // Тр. / МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1989. Вып. 535.

3. Грановский Г.И. Грановский В.Г. Резание металлов: Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 1985.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Основные положения по выбору режимов резания	7
2. Назначение режима резания для операции наружного продольного точения	10
2.1. Вычерчивание схемы обработки	10
2.2. Назначение припусков на обработку (глубины резания) для каждого этапа и общего припуска на обработку	12
2.3. Назначение подачи на оборот	13
2.4. Назначение скорости резания	20
2.5. Определение частоты вращения шпинделя станка	22
2.6. Определение скорости подачи резца	22
2.7. Определение главной составляющей силы резания	23
2.8. Проверка назначенных режимов по допустимой силе резания	23
2.9. Определение необходимой мощности станка	26
2.10. Определение основных параметров нормирования	26
3. Назначение параметров режима резания нормальной интенсивности для операции сверления спиральными сверлами	29
3.1. Назначение количества этапов обработки отверстия и диаметра сверла	29
3.2. Вычерчивание схемы обработки	30
3.3. Выбор значения подачи на оборот сверла	30
3.4. Назначение скорости резания для режима нормальной интенсивности	32
3.5. Определение частоты вращения шпинделя	35
3.6. Определение фактического значения скорости резания	35
3.7. Определение осевой составляющей силы резания P_x и эффективной мощности на резание N_e	35
3.8. Определение основных параметров нормирования	37
3.9. Выбор режима сверления умеренной интенсивности и форсированных режимов	38
4. Выбор режима резания для операций фрезерования концевыми фрезами	40
4.1. Выбор количества стадий обработки	40
4.2. Выбор подачи на зуб фрезы	44
4.3. Выбор скорости резания	46
4.4. Мощность при фрезеровании	48
4.5. Силы резания при фрезеровании	50
4.6. Проверка возможности осуществления процесса фрезерования	51
4.7. Определение основных параметров нормирования	51
Список литературы	54