

Министерство образования Российской Федерации  
Владимирский государственный университет

Кафедра технологии машиностроения

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Учебное пособие к курсовому проектированию  
для студентов-заочников

Составители:  
Р.А. ТИХОМИРОВ  
В.Н. ЖАРКОВ

Владимир 2002

УДК 621.9.06 (075)

Р.А.Тихомиров, В.Н.Жарков

Обоснование технических характеристик приводов  
металлорежущих станков. Учебное пособие. Владимир. 2002, 68 с.

Дает возможность рассчитать технические характеристики любого станка, не пользуясь другими источниками.

Содержит все необходимые для расчета данные, чем значительно отличается от имеющейся литературы.

Предназначено для студентов специальности 120100 - Технология машиностроения - заочной и очно-заочной форм обучения. Даны примеры обоснования технических характеристик приводов различных типов металлорежущих станков.

Первое издание данного пособия награждено дипломом оргкомитета региональной межведомственной выставки литературы, выпускаемой высшими учебными заведениями, научно-исследовательскими институтами и министерств и ведомств РФ.

При модернизации или проектировании металлорежущего станка в процессе выполнения курсового проекта наибольшее затруднение для студентов представляют начало проектирования, когда в соответствии с заданием обосновывают технические характеристики приводов с целью определения основных черт кинематики и динамики новых узлов модернизируемого или заново проектируемого станка.

Несмотря на большое разнообразие типов и конструкций металлорежущих станков, имеется общая методика определения, обоснования технических характеристик их приводов, что позволяет в соответствии с методическим указанием (19) выдавать студентам единое задание по модернизации или проектированию станков, а наличие в работе примеров использования данной методики для разных станков значительно облегчает студенту выполнение данного раздела курсового проекта.

При обосновании технической характеристики того или иного привода станка приходится определять оптимальные условия обработки изделий на станке, что связано с использованием большого количества эмпирических формул, содержащих еще большее количество различных эмпирических коэффициентов, количественные значения которых приведены в таблицах справочников, нормативных материалах и монографиях. Сведение воедино в пособии большинства основных вышеупомянутых таблиц

ных данных поможет студенту сократить время на их поиск и увеличить время на выполнение творческой работы по расчету и конструированию металлорежущего станка.

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДОВ

Модернизация или проектирование металлорежущего станка, как и любой сложной машины, всегда начинается с обоснования технической характеристики его приводов, так как их определение является исходными

3

данными для кинематического и силового расчета всех элементов проектируемого станка.

Обоснование технической характеристики приводов станка осуществляется в соответствии с техническим заданием (заданием на курсовой проект). В задании указываются сведения, определяющие основное направление модернизации, основные черты проектируемого станка: название и модель станка или его назначение; материалы обрабатываемых изделий; материалы режущего инструмента; тип привода главного движения и привода подач; серийность производства; число шпинделей и суппортов; система управления станком, степень его автоматизации или программирования; особые указания по типу станка и другие сведения. Название, модель станка определяют группу и тип станка, его габаритные размеры, предельные размеры (диаметр, длина, ширина, высота) обрабатываемых изделий, размеры применяемого на станке инструмента и его тип (резец, сверло, фреза и т. д.). Указание в задании одного или нескольких обрабатываемых материалов позволяет определить степень специализации станка, предельную толщину снимаемого материала за один проход, оно выражается глубиной резания  $t_\delta$ . Величина  $t_\delta$ , выбираемая по одному из наиболее трудно обрабатываемых материалов, в сочетании с различной подачей определяет в скрытом виде ту максимальную силу резания, которая принимается как предельная сила, больше которой не должно быть в станке и которая определяет эффективную мощность резания.

В задании на проект станка указывается не марка, а материал режущего инструмента (быстрорежущая сталь, твердый сплав и т. д.). Марка режущего инструмента, в зависимости от обрабатываемого материала и условий резания, выбирается проектантом в процессе расчета. Серийность производства определяет степень специализации станка.

Заданное число шпинделей и суппортов определяет проектируемый станок как одношпиндельный, многошпиндельный или многорезцовый. В станках токарной, фрезерной или строгальной групп при силовом расчете принимается во внимание одновременная работа не всех шпинделей и суппортов, а только  $2/3$  и  $1/2$  их количества, считая это наиболее вероятным случаем при

тяжелых режимах работы станка.

Кроме рассмотренных выше все другие условия, перечисленные в задании на проект станка, необходимы лишь для уточнения кинематики, конструкции и эксплуатационных качеств проектируемого или модернизируемого станка и не имеют прямого отношения к обоснованию технической характеристики того или другого привода станка. Поэтому указанные условия, как второстепенные, в дальнейшем не рассматриваются.

4

Этапы обоснования технической характеристики привода сводится к определению: габаритных предельных размеров обрабатываемого изделия или размеров его обрабатываемых поверхностей; оптимальных режимов обработки; предельных значений частот вращения шпинделя и подач; сил резания и эффективной мощности привода и электродвигателя.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ГАБАРИТНЫХ РАЗМЕРОВ ОБРАБАТЫВАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ ИЛИ РАЗМЕРОВ ЕГО ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При модернизации металлорежущих станков из его паспортных данных и технической характеристики конструктору известны основные размеры станка, например, высота центров и расстояние между центрами токарного станка, номер стола, и, следовательно, размеры рабочей поверхности стола фрезерного станка, максимальный диаметр обрабатываемого от верстия сверлильного станка, наибольший модуль, диаметр обрабатываемых шестерен для зубофрезерного станка и т. д. Исходя из этих данных, определяют предельные габаритные размеры изделий, которые можно обрабатывать на данном станке. На станке с высотой центров, например,  $H = 300\text{ мм}$ , можно закрепить и обрабатывать изделие диаметром, равным двойной высоте центров, т. е.  $D_{\delta} = 600\text{ мм}$  и в то же время можно закрепить заготовку диаметром  $D_m = 3 \dots 5\text{ мм}$ . Однако ясно, что изделие очень большого диаметра, с трудом устанавливаемое на станке и не помещающееся над суппортом, лучше обрабатывать на станке большого размера, а изделие очень малых диаметров - на меньших станках, так как обработка их потребует очень больших для данного станка частот вращения шпинделя, а мощность станка будет слабо использоваться. Наибольший и наименьший размеры обрабатываемых изделий или размеры обработки (в мм)

можно установить по следующим практическим

формулам:  $D_{\delta} = (1 \dots 1,5) H$ ;

$D_m = (0,25 \dots 0,5) H$ , где  $D_{\delta}$  - наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной;  $D_m$  - наименьший диаметр обрабатываемого изделия над станиной;  $H$  - высота центров.

Для сверлильных станков наибольший размер обрабатываемого от верстия, как правило, соответствует двум последним цифрам в шифре модели станка, например, у модели

2A135 максимальный размер обработки ваемого отверстия равен 35 мм, у модели 2A150-50 мм. Минимальный размер обрабатываемого отверстия определяют как

$D_{\delta} = (0,15 \dots 0,3) D$ , где  $D$  и  $\delta$  - наименьший и наибольший диаметр сверления.

Для фрезерных станков:

5

$D_{\delta} = (0,2 \dots 0,3) b$ ;

$D_{\delta} = (0,1 \dots 0,2) b$ , где  $D$  и  $\delta$  - наибольший и наименьший диаметр фрезы;  $b$  - ширина рабочего стола.

$b_{\delta} = (0,75 \dots 1) D$ ;

$b_{\delta} = (0,75 \dots 1) D_{\delta}$ , где  $b$  и  $\delta$  - наибольшая и наименьшая ширина фрезерования.

Размеры рабочей поверхности стола фрезерного станка с их номерами (номер- последняя цифра шифра модели станка) представлены в табл.1 (все таблицы пособия сведены в приложение).

Для зубофрезерных станков:

$m_{\delta} = (0,2 \dots 0,3) m$ , где  $m$  и  $\delta$  - наименьший и наибольший нарезаемые модули шестерен.

На основании наименьшего и наибольшего нарезаемых модулей на ходят предельные значения диаметров червячных фрез в соответствии с табл.2. Предельные значения чисел зубьев шестерен большей частью можно принять  $Z_{\delta} = 16$ ,  $Z_m = 10,0$ .

Для строгальных станков, мм:

$L = (1,2 \dots 1,3) l$ ;

$B = (0,6 \dots 0,7) L$ ;

$H = (0,75 \dots 1) b$ , где  $L$  - длина стола;  $b$  - ширина стола;  $l$  - максимальная длина заготовки;  $H$  - высота стола.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ

Оптимальный режим обработки должен обеспечивать наибольшую производительность и наименьшую себестоимость изготовления при не переменном условии получения требуемого качества обрабатываемой детали. Установление оптимального режима обработки заключается в определении характеристики режущего инструмента и ряда параметров режимов резания.

При выборе характеристик режущего инструмента на проектируемый станок следует учитывать: тип инструмента и его геометрические параметры, размеры сечения стержней и державок, материал режущей части и его вид обработки (черновая или чистовая), жесткость системы «Станок деталь – инструмент» и другие условия резания.

Эти данные определяются, исходя из типа станка, его размеров, граничных предельных размеров обрабатываемых изделий и обрабатываемых поверхностей, обрабатываемого материала, для определения используются соответствующие справочники и ГОСТы. При проектировании универсальных станков должны быть выявлены все инструменты, которые

применяются на нем. Если станок специальный или специализированный, то выбор инструмента определяется выполненными на нем операциями. Металлорежущие станки, особенно станки общего назначения, должны обеспечивать применение скоростей резания и подач в широком диапазоне с целью получения наивыгоднейших режимов резания при выполнении разнообразных операций. Обычно оптимально предельные режимы устанавливают в следующей последовательности: устанавливают предельные значения припусков (глубины резания)  $t_\delta$  и  $t_m$ , определяют предельные значения подач  $S_\delta$  и  $S_m$  по известным  $t$  и  $S$ , задавшись периодом стойкости инструмента, определяют предельные значения скоростей резания  $V_\delta$  и  $V_m$ .

### 3.1. Определение предельных значений припусков (глубины резания) на обработку

Наибольший  $t_\delta$  и наименьший  $t_m$  припуски (глубину резания) на обработку, которые могут встретиться при обработке на данном станке, на ходят по предельным размерам обработки.

Для токарных станков. Наибольший припуск на обработку равен  $t_\delta = C_t \cdot D^{0,33}$

$\delta \cdot$

Числовые значения коэффициента  $C_t$  приведены в табл. 3.

Наименьший припуск на обработку определяется по формуле

$$t_m = 0,7 + 0,025 D^{0,5}$$

$$+ 0,0001 L.$$

При черновой обработке глубина резания принимается равной при пуску. При получистовой обработке и припуске на сторону  $t > 2$  мм обработка осуществляется за два прохода: первый с  $t' = (2/3 \dots 3/4) t$ , а второй – с  $t' = (1/3 \dots 1/4) t$ . При  $t < 2$  мм получистовая обработка производится за один проход. Для универсальных токарных и расточных станков средних размеров предельные расчетные значения глубины резания могут быть приняты 0,2 и 3,5 мм, для крупных токарных и карусельных станков – 1 и 10 мм, для малых токарных и расточных станков повышенной точности – 0,05 и 2 мм. При чистовой обработке с шероховатостью поверхности до 5-го класса включительно  $t = 0,5 - 2,0$  мм; для 6-го и 7-го классов  $t = 0,1 - 0,4$  мм.

Для сверлильных станков. При сверлении в сплошном материале глубина резания равна  $t = D/2$ , при рассверливании  $t = (D-d)/2$ , где  $d$  – диаметр рассверленного отверстия, мм.

Наибольший диаметр сверления  $D_\delta$  для универсальных вертикально и радиально-сверлильных станков является их основным параметром и должен соответствовать ГОСТ 1227-72. При зенкеровании и развертывании глубина резания обычно равна величине припуска на сторону – 0,5-2

мм. При чистовом развертывании отверстий диаметром 5-80 мм припуск

на сторону – 0,05-0,25 мм. При черновом развертывании припуск на

сторону может быть увеличен в 2-3 раза.

Для фрезерных станков. Величину припуска на обработку при фрезеровании определяют по табл.4. и табл.5. По найденным величинам находят наибольшую и наименьшую глубину резания  $t_\delta$  и  $t_m$ . При обдирочных работах припуск снимается за один проход и глубина резания может достигать, например, при фрезеровании цилиндрическими фрезами 15-30 мм при условии, что  $t_\delta \leq 0,1D$ , где  $D$  - диаметр цилиндрической фрезы в мм.

При полусточном фрезеровании фрезами из быстрорежущей стали при припуске больше 5 мм снимается за 2 прохода, а фрезами с твердосплавными пластинками – за один проход. Полусточное фрезерование при величине припуска меньше 5 мм осуществляют за один проход. Под чистовое фрезерование припуск оставляется небольшой, порядка 0,5-2,5 мм, и снимают его, как правило, за один проход. Наибольшую глубину резания при чистовом фрезеровании можно принимать в пределах 0,5-1 мм.

Для шлифовальных станков. При работе на кругло-, внутри- и бесцентровом шлифовальных станках объем снимаемого в единицу времени металла определяется скоростью вращения заготовки  $V_z$ , поперечной и продольной подачами.

Поперечная подача (глубина шлифования) определяется припуском на обработку, требуемой точностью и шероховатостью обрабатываемой поверхности и выбирается в следующих пределах:

а) при круглом наружном шлифовании:

- с продольной подачей (при черновом) - 0,015-0,05 мм/дв.ход стола и чистовом - 0,005-0,01 мм/дв.ход стола;

- врезанием (при черновом) 0,0025-0,075 мм/об и чистовом - 0,001-0,005 мм/об.

б) при бесцентровом шлифовании:

- на проход (предварительном) 0,05-0,2 мм/об, чистовом - 0,005-0,02 мм/об;

- врезанием (предварительном) 0,002-0,01 мм/об, чистовом - 0,002-0,005 мм/об.

В плоскошлифовальных станках глубина шлифования представляет собой вертикальную подачу стола или шлифовальной бабки. Она составляет: - при плоском шлифовании периферией круга (предварительном) 0,015-0,04 мм, чистовом - 0,005-0,015 мм;

- при плоском шлифовании торцом круга (предварительном) 0,015- 0,04 мм, чистовом - 0,005-0,01 мм.

Для зубообрабатывающих станков. Черновую обработку осуществляют за один проход. Когда мощность станка или жесткость системы недостаточны, припуск на черновую обработку срезают за два прохода с глубиной

резания 1,4 мм при первом черновом проходе и 0,7 мм при втором. Черновую обработку в два прохода применяют только при долблении зубьев цилиндрических колес дисковыми долбяками для получения шероховатости по поверхности не ниже 6-го класса и точности не ниже 7-й степени при модуле 6 мм и выше.

Для строгальных станков. Для грубого строгания  $t_\delta$  принимается равной припуску, но не более 15 мм. Для  $t_m$  принимают припуск на чистовую обработку, который обычно равен 0,75-1,5 мм.

Глубину резания при черновом и чистовом строгании можно назначать, руководствуясь теми же соображениями, что и при точении на токарных станках.

### 3.2. Определение предельных значений величин подач

Для дальнейших расчетов режимов резания необходимо учитывать материал заготовки, его физико-механические свойства, величину припуска на обработку, размеры детали и технические условия на ее обработку, а так же иметь сведения о точности и жесткости металлорежущих станков, которые можно получить в ГОСТ 2110-72, ГОСТ 26-75, ГОСТ 8-71.

При проектном расчете режимов резания для универсальных станков в качестве исходного материала обрабатываемых деталей следует выбирать малоуглеродистую сталь  $HB < 170$ ,  $\sigma_B < 600$  МПа (при определении  $V_\delta$ ) и высокопрочную легированную сталь  $HB \geq 170$ ,  $\sigma_B \geq 600$  МПа (при определении  $V_m$ ) при этом следует помнить, что  $\sigma_B \approx 0,36 HB$ ; размеры заготовки (в виде поковки или проката) - максимально допустимые на проектируемый станок; припуски на механическую обработку выбираются по справочникам [6, 11, 12, 14]. При выборе в качестве исходного обрабатываемого материала жаропрочных нержавеющих сталей и сплавов, неметаллических материалов следует учитывать коэффициенты их обрабатываемости, оптимально допустимые скорости резания и подачи, которые можно найти в работах [13, 16, 18].

Наибольшие и наименьшие значения величин подач находят по допустимой шероховатости обрабатываемой поверхности.

Для токарных станков величины подач можно приблизительно находить по следующим формулам, мм/об

- при черновой обработке

$$S_\delta = 0,17 D^{1/3}$$

$$S_\delta + (t_\delta - 2) 0,15;$$

- при чистовой обработке  $S_m = 0,015 D m^{2/3}$ . Максимальное расчетное значение подачи выбирается для условий черновой обработки при наибольшей жесткости заготовки; при этом заготовка считается закрепленной в патроне и поддерживаемой задним центром.

Максимальное расчетное значение подачи выбирается для условий

9

чистовой обработки при наименьшей жесткости заготовки и закрепления в ее патроне. Для более точного определения наименьшей подачи можно воспользоваться следующей формулой, мм/об

$$S_m = (C_m R_\delta^{y_u}) / (t_m^{x_z} \phi \phi_1 \dots).$$

Значения  $C_m$  и показатели степени  $x, y, z$  и  $u$  приведены в табл.6. Предельные значения величин подач могут быть выбраны и по табл.7-10. Для сверлильных станков. Подача при сверлении в сплошном материале и зенкерованием назначается по формуле,



мм/об

$$S = C_s D^{0,6},$$

При развертывании - по формуле

$$S = C_s D^{0,7}.$$

Значения  $C_s$  приведены в табл.11.

Наибольшую подачу  $S_\delta$  следует определять при наибольшем диаметре  $D_\delta$  сверления, зенкерования, развертывания отверстий в деталях из цветных металлов и сплавов для которых  $C_\delta$  имеет наибольшее значение. Поддачи при сверлении принимают в 1,5-2 раза большими, чем при сверлении.

Наименьшая подача  $S_m$  соответствует сверлению, зенкерованию и развертыванию отверстий минимального диаметра  $D_m$  в стальной заготовке, имеющей твердость  $HV > 240$ . В этом случае коэффициент  $C_s$  имеет наименьшее значение. Максимально допустимые поддачи при сверлении, зенкеровании и развертывании приведены в табл.12.

Для фрезерных станков наибольшую  $S'_{z_\delta}$  и наименьшую  $S'_{z_m}$  поддачи на зуб фрезы можно брать по табл. 13 и табл.14 из условия шероховатости обрабатываемой поверхности при обработке самого мягкого материала.

Определяют так же по таблицам режимов резания  $S'_{z_\delta}$  и  $S'_{z_m}$  при обработке самого твердого материала. При черновой обработке наибольшая подача ограничивается прочностью и жесткостью оправки фрезы, жесткостью технологической системы и прочностью режущей поверхности зуба фрезы.

При чистовом фрезеровании выбор поддачи определяется требуемым качеством обработанной поверхности. При чистовом фрезеровании подачу на один зуб фрезы можно определять по формуле, мм/зуб  $S_z = C_s R^x D^z / t^y$ , где  $C_s$  - коэффициент, зависящий от материала обрабатываемой детали и типа фрезы;  $D$  - диаметр фрезы, мм;  $t$  - глубина резания, мм;  $R$  - высота микро неровностей, мм;  $x, y, z$  - показатели степени.

Значения  $C_s$  и  $x, y, z$  приведены в табл.15. Наибольшие и наименьшие значения величины поддач лежат в пределах: цилиндрические фрезы -

10

0,003-0,3 мм/зуб; торцевые фрезы - 0,03-0,4 мм/зуб; фасонные фрезы - 0,007-0,2 мм/зуб.

Для шлифовальных станков величина продольной поддачи (в плоско шлифовальных - поперечной) зависит от ширины шлифовального круга и принимается при чистом шлифовании равной 0,2-0,4, а при черновом - 0,4- 0,7 ширины круга.

Поперечная подача является припуском и определяется как глубина резания, определение которой рассмотрено выше. Круговая подача или скорость вращения заготовки (в плоскошлифовальных станках - продольная подача) изменяется в более широких пределах. В зависимости от вида шлифования ее можно рассчитать

по формулам:

- шлифование периферией круга (наружное, внутреннее, плоское), м/мин

$$V_3 = C_v D^{\rho_3} / T^m t^x S_d^y;$$

- шлифование торцом круга, м/мин

$$V_3 = C_v / T^m t^x B^z;$$

-бесцентровое наружное шлифование, м/мин

$$V_3 = C_v / T^m t^x S_0^y;$$

где  $C_v$  - коэффициент, учитывающий свойства материала заготовки, вид шлифования и характеристику круга;  $D_3$  - диаметр заготовки, мм;  $T$  - стойкость, мин;  $t$  - глубина шлифования или поперечная подача, мм;  $S_d$  - продольная подача в долях ширины круга на один оборот заготовки;  $S_0$  - продольная подача на один оборот детали, мм;  $b$  - приведенная (сплошная) ширина шлифования, мм;  $\rho, m, x, y, z$  - показатели степени, зависящие от вида

шлифования, характеристики круга и материала заготовки.

Значения  $C_v$  и  $\rho, m, x, y, z$  приведены в табл.16. При расчете наибольшей скорости  $V_3$  (круговая подача) следует выбирать следующие условия обработки: характер обработки - чистовое шлифование; материал заготовки - незакаленная сталь; диаметр шлифуемой заготовки - наибольший; стойкость круга - экономическая ( $T = 3-15$  мин); глубина шлифования (поперечная подача) и продольная подача принимаются минимальными из условия получения наименее шероховатой поверхности.

При расчете наименьшей скорости заготовки  $V_m$  нужно исходить из следующих условий обработки: характер обработки - черновое шлифование; материал заготовки - наименьший; стойкость круга - экономическая ( $T = 3-15$  мин); глубина шлифования и продольная подача принимаются максимальной для условия чернового шлифования.

Для зубообрабатывающих станков предельные значения подачи на один оборот заготовки выбирают в зависимости от модуля, обрабатываемого материала и числа зубьев по табл. 17. Рекомендуемые величины по-

11

дач при нарезании цилиндрических зубчатых колес на среднеуглеродистой конструкционной стали червячными и дисковыми фрезами и зуборезными долбьяками приведены в табл. 18-20., а при нарезании шлицевых валов червячными фрезами - в табл. 21. Поправочные коэффициенты на подачу при изготовлении зубчатых колес и шлицевых валов из углеродистой и легированной сталей приведены в табл. 22. Рекомендуемые величины подачи при нарезании червячных колес червячными фрезами приведены в табл. 23.

Наибольшая подача  $S_6$  характерна для самого мягкого материала, когда шестерня будет иметь наибольшее число зубьев и наименьший модуль. Однако, так как наибольшая подача нужна нам для определения наименьшей скорости резания и наибольшей мощности, следует определить и самую большую подачу  $S_6$  при

обработке твердого материала, когда шестерня имеет наибольшее число зубьев и наименьший модуль.

Наименьшая подача  $S_m$  должна определить самую большую скорость резания, поэтому выбирают ее для самого мягкого обрабатываемого материала, наименьшего числа зубьев и модуля.

Для строгальных станков выбирают наибольшую  $S_6$  и наименьшую  $S_m$  подачи для самого мягкого обрабатываемого материала, а так же наибольшую  $S'_6$  и наименьшую  $S'_m$  подачи для самого твердого обрабатываемого материала. При черновой обработке плоскостей величину подачи  $S$  в мм/дв. ход выбирают по максимальному значению из табл. 7 для точения в зависимости от сечения державки и глубины резания; при чистовой обработке - из табл. 10.

### 3.3. Определение предельных скоростей резания

Следующий этап обоснования технической характеристики привода станка - отыскание наибольшей и наименьшей скоростей резания. Для токарных станков скорость резания будет иметь максимальное значение при снятии стружки наименьших размеров, с наименьшей подачей и наименьшей глубиной резания при обработке наиболее мягкого материала. При отыскании наименьшей скорости резания - при снятии максимальной стружки и обработке твердого материала. В зависимости от вида выполняемых работ предельные значения скоростей резания могут быть определены по формулам

- при точении и растачивании, м/мин

$$V = C_v / T^m \cdot S^x \cdot (HB/200)^n,$$

- при прорезке канавок и отрезке, м/мин

$$V = C_v / T^m \cdot S^y \cdot (HB/200)^n.$$

12

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степеней приведены в табл. 24, при этом, определяя  $V_6$ , принимают для резцов с твердым сплавом типа ТК наименьшую стойкость  $T = 25-30$  мин, а при прорезании  $V_m$  для резцов из быстрорежущей стали и твердого сплава -  $T = 60-90$  мин.

При проектных расчетах предельной скорости резания  $V_6$  станков, предназначенных для тонкой обработки деталей из баббита, алюминия, латуни, бронзы и неметаллических материалов, следует ориентироваться на скорости резания 900-3000 м/мин.

При определении скорости резания для операций сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания, выполняемых на токарных станках, используют формулы, применяемые при отыскании данных параметров для сверлильных станков.

При нарезании резьб на токарных, резьбонарезных и других станках резцами, метчиками, плашками и самооткрывающимися головками предельные значения скорости резания  $V_6$  могут быть определены по формулам:

- при черновой обработке резцами резбовыми, стержневыми, призматическими и круглыми на инструментальной стали марки Р(8) в изделиях из углеродистой или легированной сталей с использованием в качестве охлаждающей жидкости сульфифрезол, м/мин

$$V = C_v / T^{0,08} t^{0,8} S^{0,25},$$

(при  $\delta < 600$  МПа  $C_v = 40-50$ , при  $\delta \geq 600$  МПа  $C_v = 20-38$ ; ( $T = 120$ , мин);  $T$  - средняя стойкость инструмента;  $t$  - глубина резания или поперечная подача на каждый проход резца, мм;  $S$  - шаг резьбы, мм;

- при чистовой обработке и указанных выше условиях резбонарезания, м/мин

$$V = C_v / T^{0,3} t^{0,45} S^{0,3},$$

- при обработке машинными метчиками из стали РГМ5 в изделиях из стали марки 45 с использованием сульфифрезол при стойкости инструмента  $T = 190$  мин, м/мин

$$V = 64,8 d^{1,2} / t^{0,8} S^{0,8},$$

- при обработке круглыми плашками из стали У12А в изделиях из стали 45 с применением в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости эмульсии при стойкости инструмента  $T=190$  мин, м/мин

$$V = 2,7 d^{1,2} / T^{0,5} t^{1,2};$$

- при обработке резбовыми гребенчатыми фрезами из стали Р6М5 в изделиях из стали 45 с применением эмульсии при стойкости инструмента  $T = 180$  мин, м/мин

$$V = 257 / T^{0,6} S^{0,65}$$

z \*

13

Для сверлильных станков предельные расчетные значения  $V_6$  и  $V_m$  определяются по формулам, м/мин

- при сверлении деталей из стали с  $HB < 155$

$$V = C_v D^z (HB)^n / T^m S^y_0;$$

- при сверлении деталей из стали с  $HB > 155$

$$V = C_v D^z / T^m S^y_0 (HB)^n;$$

- при рассверливании деталей из стали с  $HB < 155$

$$V = C_v D^z (HB)^n / T^m S^y_0 t^x;$$

- при рассверливании деталей из стали с  $HB > 155$

$$V = C_v D^z / T^m t^x S^y_0 (HB)^n;$$

- при зенкеровании деталей из стали с  $HB < 155$

$$V = C_v D^z (HB)^n / T^m t^x S^y_0;$$

- при зенкеровании деталей из стали с  $HB > 155$ ;

$$V = C_v D^z / T^m t^x S^y_0 (HB)^n;$$

- при развертывании деталей из стали с  $HB < 155$

$$V = C_v D^z (HB)^n / T^m t^x S^y_0;$$

- при развертывании деталей из стали с  $HB > 155$

$$V = C_v D^z / T^m t^x S^y_0 (HB)^n;$$

Значения  $C_v$  и  $x, y, z, m, n$  приведены в табл. 25.

При определении наибольшей скорости резания  $\delta$  в следует принять: диаметр инструмента наименьшим; глубину резания и

подачу на минимальными; материал заготовки- малоуглеродистая сталь с  $\sigma_b < 750$  МПа (HB<155); материал режущей части инструмента - быстрорежущая сталь с наименьшей стойкостью  $T = 7-20$  мин в зависимости от диаметра инструмента.

При определении наименьшей скорости резания  $V_m$  принимают: диаметр инструмента наибольшим; глубину резания и подачу наименьшими; материал заготовки- сталь с  $\sigma_b \geq 750$  МПа (HB $\geq$ 155); материал режущей части инструмента - легированная или углеродистая сталь (ЭХС, У12А), для которых скорость резания составляют 0,3-0,5 от скорости резания для инструментов из быстрорежущей стали.

Для фрезерных станков предельные расчетные значения скорости резания  $V_b$  и  $V_m$  определяют по формуле, м/мин

$$V = C_v D^q / T^m t^x S_z^y z^n B^z.$$

Значения  $C_v$  и  $x, y, z, m, n, q$  принимаются в табл. 26.

При определении наибольшей скорости  $V_b$  следует принимать: материал обрабатываемой детали - сталь с  $\sigma_b < 750$  МПа, а материал режущей части инструмента - твердый сплав Т15К6; диаметр фрезы, стойкость, а так

14

же глубину резания и подачу на один зуб фрезы (для чистового фрезерования) - минимальными; ширину фрезерования - наименьшей, но такой, что бы обеспечивалось равномерное фрезерование.

При фрезеровании цилиндрическими фрезами с винтовыми зубьями последнее условие выполняется в том случае, когда ширина фрезерования  $B$  равна осевому шагу фрезы  $t_{oc}$  или кратна ему, а при фрезеровании торцовыми фрезами - когда в процессе резания участвуют не менее двух зубьев одновременно. При симметричном расположении фрезы относительно обрабатываемой детали последнее условие соблюдается при  $B \geq D \sin 360^\circ / z$ .

При определении наименьшей скорости резания  $V_m$  принимают: материал режущей части фрезы - быстрорежущая сталь; диаметр фрезы и стойкость - наибольшие; глубина резания и подача на один зуб фрезы - наибольшие при черновом фрезеровании; ширину фрезерования: для горизонтально-фрезерных станков - при работе двойными цилиндрическими фрезами максимального диаметра; для вертикально-фрезерных станков - на 10-20 мм меньше диаметра фрезы.

Для шлифовальных станков. Для обеспечения наибольшей производительности и уменьшения шероховатости поверхности или минимальном износе кругов частоту вращения шлифовального круга выбирают, по возможности, наибольшую, допускаемую его прочностью, зависящей от связки и профиля круга.

Рабочие окружные скорости абразивного инструмента, допускаемые его прочностью, следует выбирать в соответствии с ГОСТ 4785-64 в следующих пределах: для кругов на керамической

связке 25-35 м/с; для кру гов на бакелитовой связке 30-35 м/с; при скорости шлифовании для кругов на специальной высокопрочной керамической связке 50-65 м/с и для кру гов на бакелитовой связке-50 м/с; при обдирочных работах окружные ско рости кругов обычно не превышают 15-20 м/с.

Для зубообрабатывающих станков при нарезании зубчатых колес червячными и дисковыми фрезами, а также зуборезными долбьяками пре дельные значения скорости резания будут: наибольшая - при чистовой об работке самого мягкого материала по формуле, м/мин

$V = (C_v / T^x S^y m^x) K_v$ , (42) Наименьшая - при обработке самого твердого материала по такой же фор муле. При фрезеровании шлицевых валов червячными шлицевыми фреза ми - по формуле, м/мин

$V = (C_v U^q / T^x S^y h^x) K_v$ ,  
где T - среднее значение периода стойкости, мин; S - подача для червячных модульных и шлицевых фрез в мм на один оборот заготовки; для долбяков круговая подача в мм на двойной ход; для дисковых модульных фрез  $S = S_z$  в мм на один зуб фрезы; h - высота шлицев, мм; m - модуль нарезаемого

15

колеса, мм; U - число шлицев шлицевого валика;  $K_v$  - общий коэффициент, представляющий собой произведение из ряда поправочных коэффициен тов, учитывающих конкретные условия резания (табл. 28-29);  $C_v, x, y, \alpha, q$  - коэффициенты и показатели степени, приведенные в табл. 27. Для строгальных станков наибольшая скорость резания определяется по формулам для точения при наименьшей глубине, наибольшей подаче и самом мягком материале, а наименьшая скорость резания - при наибольш ей глубине и наименьшей подаче для самого твердого материала. При строгании плоскостей проходными резцами, при прорезании па зов и отрезании скорость резания рассчитывают по соответствующим формулам для точения с введением дополнительного поправочного коэф фициента K (табл. 30), учитывающий ударную нагрузку.

При долблении или строгании на поперечно-строгальных станках скорость резания может быть определена как, м/мин

$V = C_v / T^m t^x S^y (HB/200)^n$ ;  
где  $C_v = 43,2$ ,  $m = 0,1$ ;  $x = 0,25$ ;  $y = 0,5$ ;  $n = 1,51$  - при обработке инструментом из быстрорежущей стали и  $C_v = 267$ ;  
 $m = 0,125$ ;  $x = 0,18$ ;  $y = 0,35$ ;  $n = 1$  - при обработке инструментом, оснащенным пластинкой твердого сплава.

Учитывая, что период морального износа станков составляет 10-15 лет, а технический прогресс в области режущего инструмента происходит непрерывно, при проектировании новых станков необходимо обеспечивать достаточные резервы повышения режимов обработки, в особенности ско рости резания (табл. 31).

### 3.4. Определение предельных значений частот вращений

(числа двойных ходов) рабочего органа

На основании определенных оптимальных режимов обработки за данных деталей различных габаритов и из разных материалов определяют предельные значения частот вращения шпинделя (числа двойных ходов) и выбирают величины подач, а по найденным значениям определяют диапазоны регулирования привода главного движения и привода подач.

При определении максимальных и минимальных частот вращений шпинделя станка предполагают, что работа с наибольшей скоростью  $V_6$  может производиться при обработке изделий наименьших размеров (диаметров), а работа с наименьшей скоростью  $V_m$  - при обработке изделий наибольших диаметров, об/мин

$$n_6 = 1000 V_6 / \pi D_m;$$

$$n_m = 1000 V_m / \pi D_6.$$

16

Для приводов главного движения станков, имеющих прямолинейное возвратно - поступательное движение максимальные и минимальные числа двойных ходов определяются по формулам, дв.х/мин

$$n_6 = (1000 V_{p6} / L_{nm}) [k / (k+1)];$$

$$n_m = (1000 V_{pm} / L_{n6}) [k / (k+1)];$$

где  $V_{p6}$  и  $V_{pm}$  - наибольшее и наименьшее значение рабочей скорости ползуна, принимаются равными максимальному и минимальному значению скорости резания;

$L_{n6}$  и  $L_{nm}$  - наибольшая и наименьшая длина хода ползуна:  $L_{n6} = (1,4-1,6)l_6$ ;  $L_{nm} = l_m(0,1-0,28)$ ;  $L_6$  и  $l_m$  - максимальная и минимальная длина заготовки;  $k$  - коэффициент,  $k = V_x / V_p = (1,5-1,9)$ .

Зная предельные значения частот вращения шпинделя (величины двойных ходов), величин подач, находят диапазон регулирования привода  $R_v = n_6 / n_m$ ,

$$R_s = S_6 / S_m.$$

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Силу резания, возникающую в процессе обработки, рассчитывают для двух предельных значений.

Первый расчет необходим для последующих расчетов максимальных крутящих моментов, а так же для последующих расчетов зубчатых колес, валов, шпинделей, подшипников, муфт и т. д. Второй расчет усилия резания необходим для определения эффективной мощности резания и максимальной мощности станка (привода).

Наибольшее усилие резания в процессе обработки изделия будет действовать при снятии наибольшей стружки ( $t_6$ ,  $S_6$ ) при обработке самого твердого материала. Сила резания или

составляющие суммарной силы резания определяются по формулам, приведенным ниже, в зависимости от типа станка и выполняемых операций.

Для токарных и строгальных станков:

- при точении, растачивании, строгании, кН

$$P_z = C_1 t^{x_1} S^{y_1} (HB)^{n_1};$$

$$P_y = C_2 t^{x_2} S^{y_2} (HB)^{n_2};$$

$$P_x = C_3 t^{x_3} S^{y_3} (HB)^{n_3};$$

- при отрезке и прорезке резцами, кН

$$P_z = C_4 t^{x_4} S^{y_4} (HB)^{n_4};$$

$$P_y = C_5 t^{x_5} S^{y_5} (HB)^{n_5}.$$

17

Значения  $C$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  - приведены в табл. 32. Сила  $P_z$  определяет нагрузку на механизм главного движения, крутящий момент и эффективную мощность резания;  $P_y$  - отжим резца от детали и величину ее прогиба;  $P_x$  - нагрузку в цепи механизма подачи.

Наибольшие значения  $P_{z6}$ ,  $P_{y6}$ ,  $P_{x6}$  определяются при следующих условиях: обрабатываемый материал - высокопрочная сталь, с  $\delta \geq 750$  МПа ( $HB \geq 170$ ); глубина резания и подача наибольшие; материал режущей части резца - быстрорежущая сталь или твердый сплав с наименьшей стойкостью (15-30 мин).

При нарезании резьб на токарных, резьбонарезных и других станках крутящий момент  $M$  определяется по формуле:

- для машинных метчиков при обработке стали 45 с применением смазывающе - охлаждающей жидкости - сульфифрезола, кН м  $M = 2,7 d^{1,4} S^{1,5}$ ,

- для круглой плашки и тех же условий обработки, кН м

$$M = 4,5 d^{1,4} S^{1,5},$$

- для самооткрывающейся резьбонарезной головки и тех же условий обработки, кН м

$$M = 4,6 d^{1,4} S^{1,5}.$$

Для сверлильных станков:

- при сверлении

$$P_x = C_1 * D^{z_1} * S_0^{y_1} * (HB)^{n_1};$$

$$M = C_2 * D^{z_2} * S_0^{y_2} * (HB)^{n_2};$$

$$P_y = C_3 * D^{z_3} * S_0^{y_3} * (HB)^{n_3};$$

- при рассверливании

$$P_x = C_s * t^{x_1} * S^{y_2} * (HB)^{n_2};$$

$$M = C_4 * D^{z_3} * t^{x_2} * S^{y_4} * (HB)^{n_4};$$

Значения  $C$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $n$  приведены в табл. 32. Для определения наибольших значений  $P_{x6}$  и момента резания  $M_6$  принимают: обрабатываемый материал - высоколегированная сталь; материал режущей части инструмента - быстрорежущая сталь с наименьшей стойкостью; диаметр инструмента и подача - наибольшие.

Для фрезерных станков:

- при цилиндрическом фрезеровании, кН

$$P = C_p * t^{x_1} * S_z^{y_1} * B^{z_2} * Z / D^{n_2};$$

- при фрезеровании торцевыми, дисковыми и отрезными фрезами,



кН

$$P = C \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^z \cdot Z/D^N \cdot n^m;$$

- при фрезеровании фасонными и угловыми фрезами, кН

$$P = C \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^z \cdot D^N;$$

18

Значения  $C$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $n$  принимаются по табл. 32.

Наибольшие значения окружной силы резания определяются при следующих условиях: материал обрабатываемой детали - сталь средней твердости; материал режущей части фрезы при цилиндрическом фрезеровании - быстрорежущая сталь; при торцевом - твердый сплав; глубина фрезерования и подача на зуб фрезы - наибольшие; ширина фрезерования - такая же, как и при определении  $V_m$ ; диаметр фрезы - наибольший, а ее стойкость - наименьшая.

Для круглошлифовальных станков сила  $P_z$  при наружном круглом шлифовании может быть определена по формуле, Н

$$P_z = 21 \cdot V^{0,7}$$

$$\cdot S^{0,7} \cdot t^{0,6}.$$

## 5. НАХОЖДЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИВОДА И МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Максимальная мощность, потребная на резание, как известно из теории резания металлов, будет при отделении стружки наибольшего сечения и при обработке наиболее мягкого материала.

Для токарных станков. Эффективная наибольшая мощность привода, потребная для точения определяется по формуле, кВт

$$N_9 = P_{z6} \cdot V / 61,2,$$

где  $P_{z6}$  - наибольшая сила резания, кН;  $V$  - скорость резания, м/мин, определяемая при тех же условиях, при которых определялось значение  $P_{z6}$ . Для сверлильных станков:

- при сверлении, кВт

$$N_9 = M_6 \cdot V / 30,6 \cdot D,$$

где  $M_6$  - величина наибольшего крутящего момента при сверлении, кН\*м;  $V$  - скорость резания, определяемая для условий получения наибольшего значения  $M_6$ , м/мин;  $D$  - диаметр сверла, мм;

- при зенкерowaniu и развертывании, кВт

$$N_9 = 1,05 \cdot M_6 \cdot n / 10^4,$$

где  $n$  - частота вращения шпинделя, соответствующая условиям получения наибольшего значения  $M_6$ , об/мин.

Для фрезерных станков. В общем случае эффективная мощность при фрезеровании определяется по формуле, кВт

$$N_9 = P_{z6} \cdot V / 61,2.$$

Для фрез цилиндрических, конических, дисковых, прорезных из быстро режущей стали при обработке конструкционной стали НВ = 235 ( $\delta_v = 750$  МПа), кВт

$$N_9 = 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot t \cdot S^{0,72}$$

$$\cdot B^z \cdot n \cdot D^{0,14}.$$

При обработке торцевыми твердосплавными фрезами серого чугуна с HB = 190, кВт

$$N_3 = 2,8 \cdot 10^{-5} \cdot t^{0,8} \cdot S^{0,74}$$

$$\cdot V_z \cdot B \cdot Z \cdot D^{0,17}.$$

Для шлифовальных станков. Эффективная мощность привода шлифовального круга подсчитывается по формулам: при шлифовании периферией круга, кВт

$$N_3 = C_m \cdot V_z^x \cdot S_0^y \cdot t^z \cdot D^s;$$

- при шлифовании торцом круга, кВт

$$N_3 = C_m \cdot V_z^x \cdot t^z \cdot B^q;$$

где  $C_m$  - коэффициент, учитывающий вид шлифования и характеристику круга;  $V_z$  - скорость вращения заготовки (в плоско-шлифовальных станках - продольная подача), м/мин;  $t$  - глубина шлифования или поперечная подача, мм;  $B$  - приведенная ширина шлифования, мм;  $D$  - диаметр заготовки, мм;  $S_0$  - продольная подача на один оборот детали, мм/об;  $x, y, z, q, s$  - показатели степени, зависящие от вида шлифования, характера круга. Числовые значения коэффициента  $C_m$  и показателей степени  $x, y, z, q$  при проектных расчетах эффективной мощности могут быть взяты из табл. 33.

При нарезании резьбы (на различных станках) мощность определяется, кВт

$$N_3 = M \cdot V / 30,6 \cdot d,$$

где  $M$  - крутящий момент, создаваемый при резбонарезании, кН\*м;  $V$  скорость нарезания резьбы, м/мин;  $d$  - диаметр нарезаемой резьбы, мм. При зубонарезании. При фрезеровании однозаходной червячной фрезой зубьев колес из стали эффективная мощность определяется по формуле, кВт

$$N_3 = 0,124 \cdot S_0^{0,9}$$

$$\cdot m^{1,7} / D,$$

где  $S_0$  - подача на один оборот нарезаемого колеса, мм/об;  $m$  - модуль, мм;  $D$  - диаметр фрезы.

При работе долбьяками эффективная мощность определяется как, кВт  $N_3 = P_6 \cdot V_{ср} / 61,2$ ,

где  $P_6$  - максимальная сила резания при работе долбьяками, кН;  $V_{ср}$  - средняя скорость возвратно-поступательного движения долбяка, м/мин.

Для строгальных станков и долбежных. Эффективная мощность определяется по формуле, кВт

$$N_3 = P_z \cdot V_{ср} / 75 \cdot 60 \cdot 1,36,$$

где  $P_z$  - сила резания при строгании, долблении, кН;  $V_{ср}$  - скорость резания при строгании, долблении, м/мин ( $V = \pi \cdot D_n / 1000$  об/мин);  $n$  - частота вращения шестерни, ведущей стол.

Мощность электродвигателя главного движения  $N_d$  определяется по наибольшей эффективной мощности резания, кВт

$$N_d = N_3 / k \cdot \eta,$$

где  $k$  - коэффициент перегрузки станка,  $k \approx 1,2-1,3$ ;  $\eta$  - к.п.д. привода главного движения;  $\eta = 0,76-0,85$ .

При предварительных расчетах можно принимать: для станков с вращательным главным движением  $\eta = 0,70-0,85$ ; для станков с возвратно поступательным главным движением  $\eta = 0,6-0,7$ .

Если в проектируемом или модернизируемом станке предусматривается только один электродвигатель, то при определении его мощности должна быть учтена мощность, расходуемая в цепях привода подач и вспомогательных движений. Мощность, потребная на подачу, обычно не велика и составляет от мощности главного привода для токарных и револьверных станков 3...4%; для сверлильных 4...5%; для фрезерных 15...20%.

При осуществлении подачи и других движений станка от отдельных электродвигателей их потребная мощность  $N_n$  подсчитывается отдельно для каждой кинематической цепи по формуле, кВт

$$N_n = N_g / \eta_n,$$

где  $\eta_n$  - к.п.д. цепи привода подачи,  $\eta = 0,15...0,2$ ;  $N_g$  - потребная мощность, равная, кВт

$$N_g = Q \cdot S / 102 \cdot 60 \cdot 100,$$

где  $Q$  - тяговая сила подачи, Н;  $S$  - величина подачи, мм/мин.

Тяговую силу подачи  $Q$  можно определять по формулам: - для продольных суппортов токарных станков с призматическими или комбинированными направляющими

$$Q = k \cdot P_x + f' \cdot (P_z + G);$$

- для продольных суппортов токарных и револьверных станков и столов фрезерных станков с прямоугольными направляющими  $Q = k \cdot P_x + f' \cdot (P_z + P_y + G);$

- для столов фрезерных станков с направляющими в форме ласточкина хвоста

$$Q = k \cdot P_x + f' \cdot (P_z + 2 \cdot P_y + G);$$

- для шпинделей сверлильных станков

$Q = (1 + 0,5 \cdot f) \cdot P_x + 2 \cdot M \cdot f / D \approx P_x + 2 \cdot M \cdot f / D$  : где  $P_x$  - составляющая силы резания в направлении подачи, Н;  $P_z$  - составляющая силы резания, прижимающая каретку суппорта или стола к направляющим, Н;  $G$  - масса перемещаемых частей, Н;  $M$  - крутящий момент на шпинделе, Н\*мм;  $D$  - диаметр шпинделя, мм;  $f$  - коэффициент трения между пинолью и корпусом и на шлицах или шпонках шпинделя;  $f'$  - при-

21

веденный коэффициент трения на направляющих;  $k$  - коэффициент, учитывающий влияние опрокидывающего момента.

Значения коэффициентов  $k$  и  $f'$  при нормальных условиях смазки направляющих неодинаково: для токарных станков с призматическими или комбинированными направляющими  $f' = 0,15...0,18$ ,  $k = 1,15$ ; для токарных и револьверных станков с прямоугольными направляющими  $f' = 0,15$ ,  $k = 1,1$ ; для столов фрезерных станков  $f' = 0,2$ ,  $k = 0,4$ ; для

## 6. ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ДЛЯ МНОГОИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

При выборе режимов резания для многоинструментальной обработки следует исходить из условия установления периодов стойкости инструментов, обеспечивающих экономическую рентабельность режима работы проектируемого станка, т. е. из условий наибольшей производительности или наименьшей стоимости обработки.

При этом надо учитывать следующие особенности:

1. Производительность и экономичность обработки определяется не только режимом резания, но и в значительной степени зависит от принятого варианта операционной технологии (выбора типов инструмента, их количества, расположения и т. д.)

2. Для отдельных инструментов подачи связаны определенными соотношениями, например, подача для всех резцов, закрепленных в одном суппорте, должна быть одинакова.

3. Период стойкости инструмента должен быть более высоким, чем для одноинструментальной обработки, во избежание простоев станка из-за переналадки и смены затупившегося инструмента. Чем большее число инструментов одновременно участвует в работе, тем больше должен быть период стойкости, например, при одновременной работе десяти резцов их стойкости должны составлять в среднем 180 мин, двадцати – 260 мин.

4. Скорость резания обычно меньше, чем при одноинструментальной обработке, из-за больших значений периода стойкости инструментов. Для токарных автоматов и полуавтоматов последовательность установления режимов резания в общем случае принимается следующая.

Разрабатывают наладку. Наладка определяет возможный тип инструментов, их количество, длины хода, максимальный и минимальный при-

22

пуски на обработку. При выборе оптимального варианта наладки исходят из условий обеспечения возможно меньшего штучного времени при экономической стойкости инструмента. Геометрические параметры режущего инструмента выбирают, как и для одноинструментальной наладки, в соответствии с ГОСТ.

Определяют предельные расчетные значения подачи  $S_6$  и  $S_m$  отдельно для каждого инструмента, исходя из условий одноинструментной обработки. Основными факторами, ограничивающими подачу являются: жесткость заготовки, требуемая точность обработки, шероховатость обработанной поверхности, прочность и жесткость инструмента, суммарная сила

подачи. По выбранным для каждого инструмента подачам  $S_6$  и  $S_m$  определяют подачи для каждого суппорта и инструментального шпинделя. Эти подачи принимают равными наименьшим подачам  $S_{6/m}$  и  $S_{m/m}$ . Наименьшую подачу  $S_{6/m}$  при черновой обработке имеет наиболее нагруженный инструмент (работающий с большой глубиной резания), наименьшую подачу  $S_{m/m}$  при чистовой обработке имеет инструмент, обрабатывающий поверхность более высокого класса шероховатости.

При выборе подачи следует иметь в виду:

а) при работе нескольких суппортов их подачи должны быть увязаны с продолжительностью работы каждого из них: это делают с целью достижения одинаковой стойкости инструмента без уменьшения машинного

времени для суппортов, работающих более короткое время; б) суммарная сила подачи должна быть проверена по допустимой прочности механизма подач станка.

Подача для обычных резцов принимается в 2-3 раза меньшей, чем при одноинструментальной обработке. Максимальная подача фасонных резцов ограничивается следующими пределами: для многошпиндельных автоматов - 0,1...0,2 мм/об, одношпиндельных автоматов - 0,08...0,02 мм/об.

Задавшись периодом стойкости  $t$ ,  $S_6$ ,  $S_m$ , определяют предельные расчетные значения скорости резания для каждого инструмента по формулам для одноинструментной обработки. Затем для каждого инструмента определяют частоту вращения  $n_6$  и  $n_m$ . Для одношпиндельного станка лимитирующим инструментом является тот, для которого получено наименьшее число оборотов  $n_6$  и  $n_m$ . Это число оборотов принимают общим для всех инструментов. Поэтому для каждого инструмента производят проверочный расчет действительной скорости резания и периода стойкости. Этого в некоторых случаях можно достичь применением инструментов из различных инструментальных материалов. Лимитирующего инструмента выбирается с более высокими режущими свойствами. Скорость резания и частота вращения каждого шпинделя многошпиндельного станка определяется как и для одношпиндельного, полагая, что каждый шпиндель изолирован от других. Максимальная и

23

что каждый шпиндель изолирован от других. Максимальная и минимальная частота вращения шпинделей устанавливается по лимитирующему шпинделю. После этого осуществляют проверочный расчет действительных значений скорости резания и периода стойкости для каждого инструмента.

Для многошпиндельных станков с различными частотами вращения шпинделей устанавливают общее машинное время для всех шпинделей с учетом заданной производительности. При этом машинное время для не лимитирующих шпинделей можно увеличить в результате снижения скорости резания и подачи. Увеличения производительности и уменьшения машинного времени лимитирующего шпинделя достигают

применением инструмента с более высокими режущими свойствами.

Исходными данными для расчета режимов резания и времени обработки на агрегатных станках и автоматических линиях служат: производительность, коэффициент использования автоматического оборудования и ритм работы автоматической линии и агрегатного станка. Режимы резания выбираются как и для одноинструментной обработки с учетом особенностей многоинструментной обработки на одношпиндельных и многошпиндельных станках с различными частотами вращения шпинделей. Режимы резания, выбранные по нормативам или рассчитанные по эмпирическим формулам для агрегатных станков и автоматических линий, занижаются на 20-30%.

Время обработки, а следовательно, и режимы резания выбираются по лимитирующей операции (шпинделю, инструменту) аналогично многоинструментальной наладке, т.е. определяется глубина резания, подача и скорость резания для всех инструментов, шпинделей и операций при принятой стойкости лимитирующего инструмента. Принимаются допустимые режимы резания и осуществляется проверочный расчет действительной скорости и стойкости инструмента на всех операциях.

В общем случае при определении режимов резания следует пользоваться эмпирическими зависимостями и табличными данными, приведенными в пособии.

На основании определенных оптимальных режимов обработки за данных деталей различных габаритов ( $\delta$ , м) и из разных материалов выбирают предельные значения частот вращения шпинделя (числа двойных ходов)  $n_\delta$  и  $n_m$  и подачи  $S_\delta$  и  $S_m$ .

Далее определяют силы резания, возникающие в процессе обработки. Усилия резания рассчитывают для двух предельных значений. Первый расчет необходим для последующих расчетов максимальных крутящихся моментов, а также для последующих расчетов зубчатых колес, валов. Шпинде-

24

лей, подшипников, муфт и т.д. Второй расчет усилия резания и максимальной мощности станка (привода).

## 7. ПРИМЕРЫ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗНЫХ СТАНКОВ

Пример 1. Рассчитать техническую характеристику токарного станка с высотой центров  $H = 30$  мм, расстояние между центрами  $L = 2500$  мм, приспособленного для скоростного точения стали с  $\sigma_B = 400 \dots 1000$  Мпа резцами, оснащенными твердым сплавом Т15К6.

Определяем предельные значения диаметров точения по формулам (1), (2), мм

$$D_\delta = (1 \dots 1,5)H = 1 \cdot 300 = 300;$$

$$D_m = (0,25 \dots 0,5)H = 0,25 \cdot 300 = 75.$$

Зная  $D_\delta$  и  $D_m$ , определим наибольший и наименьший припуски на

обработку, которые могут встретиться при обработке на модернизируемом станке. Припуски на обработку в зависимости от диаметра находим по формуле (12), мм

$$t = C_t D^{0,33} = 0,7 \cdot 300^{0,33} = 5,$$

где  $C_t$  – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала. По табл.3 примем для стали  $C_t = 0,7$ . полученный припуск снимает при обработке за два прохода. Тогда получим небольшую глубину резания  $t_\delta = 2,5$  мм.

Наименьший припуск таким образом определить нельзя, ибо он имеет место не при обдирочном а при чистовом проходе и, следовательно является не начальным, а промежуточным припуском. Величина промежуточного припуска или наименьшая глубина резания находится по формуле (13), мм

$$t_M = 0,7 + 0,025 D^{1/2} + 0,0001 L;$$

$$t_M = 0,7 + 0,025 \cdot 75^{1/2} + 0,0001 \cdot 2500 \approx 1,0$$

Далее определяем величины подач, наибольшую и наименьшую  $S_\delta$  и  $S_M$  по допускаемой шероховатости поверхности обработки;  $S_\delta$  - при обдирке изделия диаметром  $D_\delta$  с глубиной резания  $t_\delta$ , а  $S_M$  при отделке изделия диаметром  $D_M$  с глубиной резания  $t_M$ . Подачи можно определить по формулам (16), (17).

Для черновой обработки, мм/об

$$S_\delta = 0,17 D^{1/3} + (t_\delta - 2) \cdot 0,15 = 0,17 \cdot 300^{1/3} + (2,5 - 2) \cdot 0,15 = 1,265$$

Для чистовой обработки, мм/об

$$S_M = 0,015 D^{2/3} = 0,015 \cdot 75^{2/3} = 0,26$$

25

Наибольшую и наименьшую скорости резания определяем по формуле (25). Скорость резания при обточке равна, мм/мин

$$V = C_v / [T^m t^x S^y (HB/200)^n]$$

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл.24. Скорость резания будет иметь наибольшее значение при снятии стружки наименьших размеров с наименьшей подачей  $S_M$  и наименьшей глубиной резания  $t_M$  и при обработке наиболее мягкого материала наиболее производительными резцами (т.е. наибольшим  $C_v$ ). Для пластинок твердого сплава (без охлаждения) можно записать, м/мин

$$V_\delta = 267 / [90^{0,125} 1^{0,18} 0,26^{0,35} 0,55] = 520$$

Наименьшая скорость будет, наоборот при снятии большей стружки, при обработке твердого материала, м/мин

$$V_M = 267 / [90^{0,125} 2,5^{0,18} 1,265^{0,35} (280/200)^1] = 84,9$$

Предполагая, что работа с наибольшей частотой вращения шпинделя  $n_\delta$  должна производиться при наибольшей скорости резания  $V_\delta$  и обработке изделия наименьшего диаметра, а работа с наименьшей частотой вращения шпинделя  $n_M$  при наименьшей скорости резания и наибольшем диаметре изделия, получим по

формуле (45) и (46), об/мин

$$n_{\delta} = 1000 V_{\delta} / \pi D_M = 1000 520 / 3,14 75 = 2208$$

$$n_M = 1000 V_{\delta} / \pi D_{\delta} = 1000 85 / 3,14 300 = 90$$

Тогда по формулам (49) и (50) диапазон регулирования привода главного движения и привода подач будет

$R_V = n_{\delta} / n_M = 2208 / 90 = 24,5$ ;  $R_S = S_{\delta} / S_M = 1,265 / 0,26 = 4,8$  Далее следует определить наибольшую силу резания, чтобы можно было узнать максимальное усилие, которое должен преодолеть механизм станка, а также для определения максимальных крутящихся моментов и расчетов деталей привода.

Наибольшее усилие резания  $P_{z\delta}$ , будет действовать при снятии наибольшей стружки ( $S_{\delta}; t_{\delta}$ ) самого твердого материала и определяется по формуле (51),

$$P_{z\delta} = C_1 t^x_{\delta} S^y_{\delta} (HB)^{n_1}_{\delta}$$

Значения  $C_1$ ;  $x$ ;  $y$ ;  $n$  берутся из табл.32.

$$P_{z\delta} = 0,0357 2,5^1 1,265^{0,75} 280^{0,75} = 7,288 \text{ кН}$$

Максимальное усилие подачи, которое должен преодолеть механизм станка, равно

$$P'_{z\delta} = 0,5 P_{z\delta} = 3,64 \text{ кН.}$$

Максимальная мощность, необходимая на резание, как известно из теории резания, будет при отделении стружки наибольшего сечения и при обработке наиболее мягкого материала.

Наибольшие усилия при обработке самого мягкого материала, кН

26

$$S^y_{\delta} (HB)^{n_1}_M = 0,279 2,5^1 1,265^{0,75} (112)^{0,35} = 4,33$$

$$P''_{z\delta} = C_1 t^{x_1}_{\delta}$$

Далее по формуле (67) вычисляем максимальную мощность, получаемую при обработке с наименьшей скоростью резания самого мягкого материала

$$N_9 = P''_{z\delta} V_M / 60 1,02 = 4,33 213,6 / 60 1,02 = 15,1 \text{ кВт,}$$

$V_M = 267 / 90^{0,125} 2,5^{0,18} 1,265^{0,35} (112/200)^1 = 213,6 \text{ м/мин.}$  Мощность электродвигателя, который следует поставить на станок, определим по формуле (79), кВт

$$N_d = N_9 / \kappa \eta = 15,1 / 1,25 0,8 = 15,1$$

Поскольку токарный станок имеет один электродвигатель, обеспечивающий и привод главного движения и привод подач, рассчитанную мощность электродвигателя необходимо увеличить на 3-4% т.е.  $N_{ст} = N_d 1,04 = 15,1 1,04 = 15,7 \text{ кВт.}$

Пример 2. рассчитать техническую характеристику револьверного станка, приспособленного для обработки конструкционной стали марок 10, 20, 35, 45 инструментом из быстрорежущей стали. Наибольший диаметр прутка 60 мм. По формуле (2) определяем наименьший диаметр обточки.  $D_M = (0,25 \dots 0,5) D_{\delta} = 0,33 60 = 20 \text{ мм}$

Находим наименьшую глубину резания по формулам (12),

$$(13), \text{ мм } t_{\delta} = 0,7 60^{1/3} = 3$$

$$t_{\delta} = C_t D^{1/3}$$



$$M = 0,7 \cdot 0,025 \cdot 20^{1/2} = 0,8 ,$$

$$t_M = 0,7 \cdot 0,025 \cdot D^{1/2}$$

рассчитываем по формулам (16), (17) наибольшую и наименьшую подачи, мм/мин

$$S_{\delta} + 0,15 (t_{\delta} - 2) = 0,17 \cdot 60^{1/3} + 0,15(3-2) = 0,8$$

$$S_{\delta} = 0,17 \cdot D^{1/3}$$

$$M = 0,015 \cdot 20^{2/3} = 0,1 .$$

$$S_M = 0,015 \cdot D^{2/3}$$

Определяем наибольшую скорость резания при обработке самой мягкой стали и снятии самой малой стружки по формуле (25) и табл.24, м/мин  $V_{\delta} = 52,5/30^{0,1} \cdot 0,1^{0,25} \cdot 0,8^{0,5} \cdot 0,7^{1,75} = 201$ .

При определении наименьшей скорости резания следует иметь в виду, что потребная для обработки наименьшая частота вращения может получаться не при обточке, а при сверлении, развертывании или нарезании резьбы, т.е. в данном случае необходимо найти наименьшую скорость резания на все виды обработки:

а) при точении самой твердой стали и снятии самой большой стружки, м/мин

$$V_M = 42/60^{0,1} \cdot 0,8^{0,66} \cdot 3^{0,25} \cdot (235/200)^{1,75} = 26$$

б) при сверлении самой твердой стали сверлом диаметра  $0,5D_{\delta}$   $= 0,5 \cdot 60 = 30$  мм, с подачей  $S = 0,08$  мм/об по формуле (33) и табл.25, м/мин  $V_M = 12,4 \cdot 30^{0,4}/60^{0,2} \cdot 0,8^{0,5} \cdot (235)^{0,9} = 24$

27

в) при нарезании резьбы в самой твердой стали метчиком по формуле (29), м/мин

$$V_M = 64,3 \cdot 30^{1,2}/190^{0,9} \cdot 3,5^{0,5} = 17,$$

где  $d_0$  – наибольший диаметр метчика  $= 0,5D_{\delta} = 0,5 \cdot 60 = 30$  мм;  $P$  - шаг нарезаемой резьбы;

г) при развертывании по формуле (39) и табл.25, м/мин

$$V_M = C_V \cdot D_{\delta}^z / T^m \cdot t_M^x \cdot S_M^y \cdot (HB)^n = 1310 \cdot 30^{0,3} / 190^{0,4} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 0,25^{0,65} \cdot (235)^{0,9} = 13,1$$

Находим наибольшую частоту вращения шпинделя, используя формулу (45), об/мин

$$n_{\delta} = 1000 V_{\delta} / \pi \cdot D_M = 1000 \cdot 201 / 3,14 \cdot 20 = 3200$$

Наименьшая частота вращения следующая (по формуле (46)): а)

при обточке  $n_M = 1000 V_M / \pi \cdot D_{\delta} = 1000 \cdot 26 / 3,14 \cdot 60 = 138$  об/мин б)

при сверлении ( $D=30$  мм)  $n_M = 1000 \cdot 24 / 3,14 \cdot 30 = 255$  об/мин; в)

при нарезании резьбы метчиком ( $D = 30$  мм)

$$n_M = 1000 \cdot 17 / 3,14 \cdot 30 = 180,46 \text{ об/мин};$$

г) при развертывании ( $D = 30$  мм)  $n_M = 1000 \cdot 13,1 / 3,14 \cdot 30 = 139$  об/мин;

следовательно, наименьшую частоту вращения дает обточка  $n_M = 138$  об/мин;

Далее находим по формулам (54), (62) и табл.32 силы резания и крутящийся момент в процессе обработки. При точении

$$P_z = C_1 \cdot t^{x1} \cdot S^{y1} \cdot (HB)^{n1} = 0,036 \cdot 3 \cdot 0,8^{0,75} \cdot (235)^{0,75} = 5,402 \text{ кН}$$

При сверлении

$$M = C_2 \cdot D^{z2} \cdot S^{y2} \cdot (HB)^{n2} = 0,8 \cdot 30^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot (235)^{0,7} = 8019,1 \text{ кН м} .$$

Определим наибольшую мощность, потребную для резания. Для ре

вольверных станков наибольшая потребная мощность для резания по формулам (67), (69) (рассчитываем при одновременной работе нескольких инструментов, лучше всего сверла и резца при снятии наибольшей стружки при обработке самого мягкого материала) будет равна, кВт при точении

$$N_p = P_{z\delta} V_M / 61,2 = 2,294$$

при сверлении

$$N_{cb} = P_{\delta} V_M / 30,6 D_{\delta} = 60,24 / 30,6 \cdot 30 = 1,57$$

Суммарная мощность потребная на резание

$$N = N_p + N_{cb} = 2,29 + 1,57 = 3,86 \text{ кВт}$$

Мощность электродвигателя будет по формуле (81)

$$N_g = N / \kappa \eta = 3,86 / 1,25 \cdot 0,75 = 4,11 \text{ кВт.}$$

Пример 3. Рассчитать техническую характеристику карусельного станка с максимальным диаметром обработки  $D_{\delta} = 2300 \text{ мм}$ . Обработываемый материал – сталь  $\delta_B = 400 \dots 1000 \text{ МПа}$ . Материал режущего инструмента - резцы, оснащенные пластинками твердого сплава Т5К10.

28

Определяем диаметр планшайбы  $D_{пл} = D_{\delta} / 1,12 = 2300 / 1,12 \approx 2054 \text{ мм}$ . Находим по формуле (2) наименьший диаметр обработки  $D_M = (0,25 \dots 0,5) D_{пл} = 0,25 \cdot 2100 = 525 \text{ мм}$ .

Наибольшая и наименьшая глубина резания по формулам (12), (13) будет, мм

$$t_{\delta} = 0,8 D_{\delta}^{1/3} = 10$$

$$t_{\delta} = C_2 D^{1/3}$$

$$t_M = 0,7 D_M^{1/2} = 1,27$$

$$t_M = 0,7 D^{1/2}$$

по формулам (16), (17) определяем наибольшую и наименьшую подачи, мм/об

$$S_{\delta} + 0,15 (t_{\delta} - \alpha) = 0,17 D_{\delta}^{1/3} + 0,15(10 - 2) = 3,44$$

$$S_{\delta} = 0,17 D^{1/3}$$

$$S_M = 0,015 D_M^{2/3} = 0,97$$

$$S_M = 0,015 D^{2/3}$$

Находим наибольшую скорость резания при обработке с охлаждением наиболее мягкого материала ( $\delta_B < 750 \text{ МПа}$ ) и снятии малой стружки, используя формулу (25) и табл.24, /мин

$$V_{\delta} = C_V / T^m t^x S^y (HB/200)^n$$

$$V_{\delta} = 294 / 30^{0,125} 1,27^{0,18} 0,97^{0,2} (150/200) = 251.$$

Находим наименьшую скорость резания при обработке без охлаждения самого твердого материала и снятии наибольшей стружки (для сталей  $\delta_B < 750 \text{ МПа}$ ), м/мин

$$V_{\delta} = 267 / 90^{0,125} 10^{0,18} 3,44^{0,35} (235/200)^1 = 55,85.$$

Определяем наибольшее усилие резания при обработке высокопрочной стали по формуле (51) и табл. 32, кН

$$S_{\delta} S^y (HB)^n = 0,036 D^{1/3} 3,44^{0,75} 235^{0,75} = 54,45$$

$$P_{z\delta} = C_1 t^{x1}$$

Находим предельные значения частот вращения планшайбы по

фор мулам (45), (46), об/мин

$$n_{\delta} = 1000 V_{\delta} / \pi D_M = 1000 \cdot 251 / 3,14 \cdot 525 = 152,2$$

$$n_M = 1000 V_M / \pi D_{\delta} = 1000 \cdot 55,85 / 3,14 \cdot 2300 = 7,73$$

$$\text{тогда } R_v = 152,2 / 7,73 = 19,7.$$

Определяем максимальную мощность, необходимую на резание, по формуле (67) при отделении максимальной стружки высокопрочной стали, кВт

$$N_p = P_{z\delta} V_M / 61,2 = 54,45 \cdot 55,85 / 61,2 = 49,7.$$

В связи с тем, что на карусельных станках обрабатываемые заготовки и планшайба имеют большую массу, мощность, расходуемая на трение в направляющих планшайбы, должна также учитываться. Для этого определим момент трения в направляющих планшайбы

$$= (\sum + 0,4) / 2$$

$$M_{ГПЗ} = \sum G P f D$$

где  $\sum G$  - масса всех вращающихся частей (изделия, планшайбы, венца, шпинделей и т. д.).

29

Суммарная масса может ориентировочно приниматься

$$\text{равной, кН } \sum G = G + (0,15 \dots 0,2) G = 200 + 0,2 \cdot 200 = 240,$$

где  $G$  - масса изделия;  $P_z$  - составляющая сил резания, прижимающая планшайбу к столу  $0,4 P_z = 0,4 \cdot 54,45 = 21,78$  кН;

$f$  - коэффициент трения на направляющих принимается для чугунных направляющих равным 0,35; для направляющих с накладками из текстолита - 0,025;  $D_{н.ср}$  - средний диаметр поверхности трения направляющих берется по конструктивным разработкам и может приближенно приниматься  $0,55 D_{пл}$   $D_{н.ср} = 0,55 \cdot 2100 = 1155 = 11,55$  м.

Следовательно, имеем  $M_{тр} = (24 + 21,78) \cdot 0,025 \cdot 11,55 / 2 = 37,79$  кН м.

Потребная мощность электродвигателя привода главного движения, кВт

$$N_d = N_3 / \kappa \eta + M_{тр} n / 97,5 \eta. \text{ В нашем случае } n = 0; N_1 = 49,7 / 1,25 \cdot 0,8 + 37,79 \cdot 7,7 / 97,5 \cdot 0,8 = 52,4 \text{ кВт.}$$

Пример 4. Рассчитать техническую характеристику сверлильного станка для наибольшего диаметра сверления  $D_{\delta} = 35$  мм, при сверлении углеродистой стали  $\delta_b = 450 \dots 850$  МПа быстрорежущими сверлами. Определим наименьший диаметр сверления по формуле (3), мм

$$D_M = (0,15 \dots 0,3) D_{\delta} = 0,25 \cdot 35 = 9.$$

Находим по формуле (19) наибольшую  $S_{\delta}$  и наименьшую  $S_M$  подачи на один оборот сверла для самого мягкого обрабатываемого материала при работе наибольшими и наименьшими диаметрами сверла, мм/об  $S_{\delta} = 0,064 \cdot 35^{0,6} = 0,54$

$$S_{\delta} = C_S D^{0,6}$$

$$S_M = 0,064 \cdot 9^{0,6} = 0,24.$$

$$S_M = C_S D^{0,6}$$

Определяем наибольшую и наименьшую скорости резания,

используя формулу (33), м/мин

$V_{\delta} = C_V D_{\delta}^{z_M} / T_M^{m_M} S_M^{y_M} (HB)^{n_M} = 874 \cdot 9^{0,65} / 10^{0,2} \cdot 0,24^{0,7} \cdot 200^{0,9} = 52,9$   $V_M = C_V D_{\delta}^{z_M} / T_M^{m_M} S_M^{y_M} (HB)^{n_M} = 360 \cdot 35^{0,4} / 20^{0,2} \cdot 0,54^{0,5} \cdot 235^{0,9} = 8,25$  Значения  $C_V$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $m$ ,  $n$  для разных параметров режимов резания при ведены в табл. 25.

Определяем наибольшую и наименьшую частоты вращения шпинделя по формулам (49) и (46), об/мин

$$n_{\delta} = 1000 V_{\delta} / \pi D_M = 1000 \cdot 52,9 / 3,14 \cdot 9 = 1871,9$$

$$n_M = 1000 V_M / \pi D_{\delta} = 1000 \cdot 8,25 / 3,14 \cdot 35 = 75.$$

Определим, используя формулы (49) и (50), диапазоны регулирования привода главного движения и привода подач

$R_V = n_{\delta} / n_M = 1871,9 / 75 = 24,9$ ;  $R_{\delta} = S_{\delta} / S_M = 0,54 / 0,24 = 2,25$ . По формуле (60) и табл.32 определяем значения наибольшего крутящего момента при сверлении самого твердого материала, кНм

30

$$M_{\delta} = C D_{\delta}^{z_M} S_M^{y_M} (HB)^{n_M} = 0,008 \cdot 35^2 \cdot 0,54^{0,8} \cdot (235)^{0,7} = 1740.$$

Наибольшее осевое усилие, действующее при сверлении, находим по формуле (59) и табл.32. Оно будет равно, кН

$$P_{\delta} = C D_{\delta}^{z_M} S_M^{y_M} (HB)^{n_M} = 0,015 \cdot 35^1 \cdot 0,54^{0,7} \cdot (235)^{0,7} = 20,4$$

По величине  $P_{\delta}$  рассчитывается на прочность механизм подач сверлильных станков. Определяем максимальную мощность, потребную на резание по формуле (68), кВт

$$N_{\delta} = M_{\delta} V_M / 30,6 D_{\delta} = 1740 \cdot 8,25 / 30,6 \cdot 35 = 13,4$$

Находим по формуле (81) мощность электродвигателя для привода главного движения

$$N_d = N_{\delta} / \kappa_{\eta} = 13,4 / 1,2 \cdot 0,8 = 13,9 \text{ кВт.}$$

С учетом привода подач имеем:  $N_{\text{ст}} = N_d \cdot 1,05 = 14,5$  кВт. Пример 5. Рассчитать техническую характеристику горизонтального фрезерного станка со столом, имеющим размеры 300x1250 мм, предназначенного для обработки углеродистой стали разной твердости, быстрорежущими фрезами. Используя формулы (4) и (5), определяем наибольший и наименьший диаметры фрез, мм

$$D_{\delta} = (0,2 \dots 0,3) B = 0,25 \cdot 300 = 75;$$

$$D_M = (0,1 \dots 0,2) B = 0,17 \cdot 300 = 20, \text{ где } B - \text{ ширина стола.}$$

Подсчитаем наибольшую и наименьшую ширину фрезерования по формулам (6) и (7), мм

$$B_{\delta} = (0,75 \dots 1) D_{\delta} = 1 \cdot 75 = 75;$$

$$B_M = (0,75 \dots 1) D_{\delta} = 1 \cdot 20 = 20.$$

В зависимости от обрабатываемого материала определяем по табл.4 припуск на обработку, который равен  $h = 3$  мм. Подсчитываем наибольшую и наименьшую глубину резания  $t_{\delta}$  и  $t_M$  при фрезеровании по величине припуска на обработку. Для чистовой обработки примем  $t_M = 1$  мм, для черновой обработки  $t_{\delta} = 5$  мм.

Выбираем по табл.13 наибольшую и наименьшую подачу на зуб фрезы из условия шероховатости для самого мягкого материала. При  $t_{\delta} = 5$  мм,  $D_{\delta} = 75$  мм будем иметь для  $z_{\phi} = 18$ ,

$S_{z\delta} = 0,08 - 0,05$  мм/зуб,  $z_{\phi} = 8$ ,  $S'_{z\delta} = 0,2$  мм/зуб, где  $z_{\phi}$  - число зубьев фрезы.

При  $t_M = 1$  мм,  $D_{\delta} = 20$ , будем иметь  $z_{\phi} = 5$   $S'_{zM} = 0,03$  мм/зуб. Определяем по таблицам  $S''_{z\delta}$  и  $S''_{zM}$  для самого твердого материала. При  $t_{\delta} = 5$  мм,  $D_{\delta} = 75$  мм  $z_{\phi} = 18$ , будем иметь  $S''_{z\delta} = 0,07$  мм/зуб. При  $z_{\phi} = 8$ ,  $S''_{z\delta} = 0,2$  мм/зуб.

31

При  $t_M = 1$  мм,  $D_{\delta} = 20$ ,  $z_{\phi} = 5$ ;  $S''_{zM} = 0,04$  мм/зуб. Находим по формуле (40) и табл.26 наибольшую скорость для самого мягкого и наименьшую скорость резания для самого твердого обрабатываемых материалов, м/мин  $V_{\delta} = 61,6 \cdot 20^{0,17} / 30^{0,33} \cdot 1^{0,19} \cdot 0,03^{0,28} \cdot 5^{0,1} \cdot 20^{0,08} = 60,1$

$$V_M = 61,6 \cdot 75^{0,17} / 60^{0,33} \cdot 5^{0,19} \cdot 0,2^{0,28} \cdot 18^{0,1} \cdot 75^{0,08} = 20,6 .$$

Предельные значения частот вращения шпинделя будут равны по формулам (47) и (48), об/мин

$$n_{\delta} = 1000 \cdot 60,1 / 3,14 \cdot 20 = 967; n_M = 1000 \cdot 20,6 / 3,14 \cdot 75 = 87,4.$$

Находим предельные значения подач, мм/мин

$$S_{\delta} = S_{z\delta} \cdot z_{\delta} \cdot n_M = 0,2 \cdot 18 \cdot 87,4 = 314$$

$$S_M = S_{zM} \cdot z_M \cdot n_{\delta} = 0,03 \cdot 5 \cdot 957 = 143.$$

Определяем по формулам (49) и (50) диапазоны

$$\text{регулирования } R_v = 957 / 87,4 = 10,9 ; R_s = 314 / 143 = 2,19.$$

Определим по формуле (63) и табл.32 максимальную силу резания, кН, по формулам (71) и (79) наибольшую мощность, потребную на резание, и мощность электродвигателя, кВт,

$$P_{\delta} = 0,68 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 75^1 \cdot 18 / 75^{0,86} = 27,78;$$

$$N_9 = 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 5^{0,36} \cdot 0,2^{0,72} \cdot 18 \cdot 87,4 \cdot 75^{0,14} = 8,9$$

$$N_d = 8,9 / 1,2 \cdot 0,8 = 9,27.$$

Пример 6. рассчитать техническую характеристику зубофрезерного станка. Наибольший модуль нарезаемых зубьев  $m_{\delta} = 8$  мм. Обрабатываемый материал – сталь разной твердости.

Определяем наименьший нарезаемый модуль по формуле

$$(8), \text{ мм } M_M = 0,25 \cdot 8 = 2/$$

По предельным значениям модуля диаметры червячных фрез по табл.2 находим  $D_{\delta} = 125$  мм;  $D_M = 55$  мм

$$t_{\delta} = 1,4 \cdot m_{\delta} = 1,4 \cdot 8 = 11,2; t_M = 0,7 \cdot m_M = 0,7 \cdot 2 = 1,4$$

Определяем предельные значения величин подач. Поддачи за один оборот заготовки выбираются в зависимости от модуля, обрабатываемого материала и числа зубьев по табл.1, мм/об

$$S_{\delta} = 2,8; S_M = 0,8$$

Определим предельные значения скоростей резания по формуле (42) и табл.27-29

$$V_{\delta} = (560 / 240^{0,5} \cdot 0,8^{0,85} \cdot 2^{-0,5}) \cdot 1,1 = 68,4;$$

$$V_M = (350 / 480^{0,33} \cdot 2,8^{0,1} \cdot 8^{0,5}) \cdot 0,6 = 8,8.$$

Найдем наибольшие и наименьшие частоты вращения шпинделя по формулам (45) и (46), об/мин

$$n_{\delta} = 1000 V_{\delta} / \pi \cdot D_M = 1000 \cdot 68,4 / 3,14 \cdot 55 = 396$$

$$n_M = 1000V_M / \pi D_\delta = 1000 \cdot 8,8 / 3,14 \cdot 125 = 22,4.$$

Диапазон регулирования привода главного движения и привода подачи вычисляются по формулам (49) и (50)

$$R_V = n_\delta / n_M = 396 / 22,4 = 17,6; R_S = S_\delta / S_M = 2,8 / 0,8 = 3,5.$$

Мощность, требуемая на резание, находим по формуле (76), кВт

$$N_\delta = 1,24 S_\delta^{0,9} \quad 55 = 1,9$$

$$\delta / D_M = 1,24 \cdot 2,8^{0,9} \cdot 8^{1,7} / \delta m^{1,7}$$

Мощность электродвигателя при использовании формулы (79) запишем, кВт

$$N_d = N_\delta / \kappa \eta = 1,9 / 1,25 \cdot 0,8 = 1,9.$$

Пример 7. Рассчитать техническую характеристику поперечно-строгального станка, если известны: а) максимальные размеры заготовок  $l = 800$  мм,  $b = 500$  мм,  $h = 100$  мм; б) материал обработки – сталь – поковок с  $\delta_b = 390 \dots 880$  МПа и чугун – литье с HB = 140-200; в) материалы резцов для стали Т5К10, для чугуна – ВК8; г) кулисный механизм с постоянной длиной кулисы при  $r/e = 0,5$ , где  $e = 500$  мм и  $r = 250$  мм, длина кулисы  $L = 1,8 \cdot e = 1,8 \cdot 500 = 900$  мм.

Определяем размеры стола по формулам (9), (10),

$$(11), \text{ мм } L_c = (1,2 \dots 1,3)l = 1,25 \cdot 800 = 1000;$$

$$b = (0,6 \dots 0,7) L_c = 0,6 \cdot 1000 = 600;$$

$$H = (0,75 \dots 1)b = 0,75 \cdot 600 = 450.$$

Находим наибольшую  $t_\delta$  и наименьшую  $t_M$  глубины резания, используя формулы (12), (13), принимая  $B_\delta$  за  $D_\delta$ , тогда  $B_M = 0,5 B_\delta$

$$\delta = 0,8 \cdot 500^{0,33} = 6,2 \text{ мм}$$

$$t_\delta = C_t B_\delta^{0,33}$$

$$+0,0001 L_c = 0,7 \cdot 0,025 \cdot 250^{1/2} + 0,0001 \cdot 1000 = 1,2 \text{ мм.}$$

$$t_M = 0,7 \cdot 0,025 B_M^{1/2}$$

Выбираем наибольшую  $S_\delta$  и наименьшую  $S_M$  подачи для самого мягкого и самого твердого материала на основании нормативов для технического нормирования работ на поперечно-строгальных станках по табл.7 и 10 для токарной обработки.

Для стали при чистовой и черновой обработке  $S_\delta = 1,4$  мм/дв.х;  $S_M = 0,1$  мм/дв.х;  $S_M = 0,1$  мм/дв.х. Следовательно,  $S_\delta = 1,6$  мм/дв.х;  $S_M = 0,7$  мм/дв.х.

Наибольшая скорость резания при наименьшей глубине резания и наименьшей подаче и самого мягкого материала при обработке резцами, оснащенными пластинками твердого сплава, по формуле (25) и табл.24 будет равна, мм/мин

$$V = C_V / T_M^m t_M^x S_M^y (HB/200)^n = 267 / 30^{0,125} \cdot 1,2^{0,18} \cdot 0,1^{0,2} \cdot (155/200)^1 = 338.$$

Наименьшая скорость резания для самого твердого материала при наибольшей глубине резания и наименьшей подаче, м/мин  $V_M = 267 / 180^{0,125} \cdot 6,2^{0,18} \cdot 1,4^{0,35} \cdot (235/200)^1 = 76,72.$

Определяем наибольшую  $L_\delta$  и наименьшую  $L_M$  длину хода

где  $l$  – длина заготовки,  $l_1$  и  $l_2$  – величины врезания и перебега резца в на чале и в конце хода. Для поперечно-строгательного станка  $l_1 + l_2 = 35-75$  мм.

$$L_\delta = 800 + 75 = 875 \text{ мм}$$

$$L_M = (0,1 \dots 0,25) L_\delta = 0,25 \cdot 875 = 218 \text{ мм.}$$

Находим наименьшую скорость резания при черновой обработке са мого мягкого материала, м/мин

$$V'_M = 267 / 180^{0,125} 6,2^{0,8} 1,4^{0,35} (235/200)^1 = 116.$$

Наибольшее и наименьшее число двойных ходов,

$$\text{дв.х/мин } n_\delta = 1000 V_{p\delta} / L_M (1+m) = 1000 \cdot 338 / 218$$

$$(1+0,75) = 885,9 ,$$

где  $m = V_p / V_x$  - отношение скоростей рабочего и холостого хода, обычно  $m = 0,7-0,75$ .

$$n_M = 1000 V_{pM} / L_\delta (1+m) = 1000 \cdot 76,6 / 875 (1+0,75) = 50.$$

Диапазоны регулирования привода главного движения и привода по дач по формулам (49) и (50) будут равны

$$R_V = n_\delta / n_M = 885,9 / 50 = 17,1;$$

$$R_S = S_\delta / SM = 1,4 / 0,1 = 14.$$

Наибольшее усилие резания при черновой обработке самого мягкого материала по формуле (51) и табл.32 будет равно, кН

$$S_{y\delta} (HB)^{n1} = 0,279 \cdot 6,2^1 \cdot 1,4^{0,75} (155)^{0,35} = 12,8$$

$$P'_{z\delta} = C_1 t^{x1}$$

Зная величины  $V'_M$  и  $P'_{z\delta}$  определим по формуле (67) максимальную мощность, потребную на резание при обработке наиболее мягкого мате риала при наибольшем сечении стружки

$$N_D = P'_{z\delta} V'_M / 61,2 = 12,8 \cdot 116 / 61,2 = 24,2 \text{ кВт.}$$

Тогда мощность электродвигателя по формуле (79) будет

$$\text{равна } N_D = N_9 / \kappa \eta = 24,2 / 1,25 \cdot 0,85 = 22,7 \text{ кВт.}$$

## Приложения Т а б л и ц а 1

Соответствие номера стола фрезерного  
станка с размерами его рабочей поверхности

Номер стола	0	1	2	3	4	5
Размер стола, мм	200х 800	250х 1000	320х 1250	400х 1600	500х 2000	650х 2500

П р и м е ч а н и е: в соответствии с ГОСТ 165-70 допускается применение столов раз мерами 100х400; 125х500; 160х320; 160х630.

## Т а б л и ц а 2

Модуль м, мм	Диаметр фрезы D, мм	Модуль м, мм	Диаметр фрезы D, мм	Модуль м, мм	Диаметр фрезы D, мм
1	50	3,5	75	9,0	140
1,25	50	(3,75)	80	10,0	150
1,50	55	4,0	80	11,0	155
1,75	55	4,25	85	12,0	165
2,0	55	4,5	85	13,0	175
2,25	60	5,0	90	14,0	180
2,5	65	5,5	100	15,0	185
(2,75)	65	6,0	105	16,0	195
3,0	70	7,0	115	18,0	215
(3,25)	75	8,0	125	20,0	230

Т а б л и ц а 3

Значение коэффициента  $C_t$

Обрабатываемый материал	$C_t$	Обрабатываемый материал	$C_t$
Чугун, литье	0,6	Бронза, литье	0,6
Сталь, поковки	0,8	Сталь. Сортовая	0,7
Сталь, литье	0,7		

Т а б л и ц а 4

Значения припусков при фрезеровании стали

Материал заготовки	Ширина фрезерования В ,мм	Припуск на обработку h, мм
--------------------	---------------------------------	-------------------------------

35

Сталь 45ХН, $\sigma_B=650$ МПа	50	4 5 12 4 5
Сталь 60, НВ 225	60	
Сталь 35Х, $\sigma_B=950$ МПа	80	12 3 12
Сталь 15Х, $\sigma_B=400$ МПа	100	10 8 2 3 6 6
Сталь 40ХС, НВ 225	120	
Сталь 40Х, $\sigma_B=750$ МПа	130	5 4 4 5 2 8 4
Сталь 40ХС, НВ 225	140	
Сталь 15Г, $\sigma_B=400$ МПа	175	8 12
Сталь 45Г, $\sigma_B=650$ МПа	190	
Сталь 40ХС, НВ 225	240	
Сталь 35Х, $\sigma_B=950$ МПа	225	
Сталь 40Х, $\sigma_B=750$ МПа	275	
Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	340	
Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	300	
Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	300	
Сталь 50, $\sigma_B=750$ МПа	230	
Сталь 40ХС, НВ 309	200	
Сталь 40ХС, НВ 309	180	
Сталь 20Х13, НВ 126	65	
Сталь 60, $\sigma_B=750$ МПа	125	



Сталь 40ХС, НВ 225	150	
Сталь 40Х13, НВ 229	200	
Сталь 15Г, $\sigma_B=500$ МПа	300	
Сталь 45ХН, $\sigma_B=650$ МПа		

Т а б л и ц а 5

Значение припусков при фрезеровании чугуна и цветных металлов

Материал заготовки	Ширина фрезерования В, мм	Припуски на обработку Н, мм
Чугун СЧ32-52 ,НВ 220	70	8
Чугун СЧ21-40 ,НВ 170	140	8
Чугун СЧ21-40 ,НВ 200	70	8
Чугун СЧ32-52 ,НВ 220	180	5
Чугун СЧ32-52 ,НВ 220	250	5
Чугун СЧ32-52 ,НВ 220	240	4
Чугун СЧ32-52 ,НВ 220	210	5
Чугун СЧ32-52 ,НВ 220	225	5
Чугун СЧ15-32 ,НВ 170	80	4
Чугун СЧ15-32 ,НВ 170	100	6
Чугун СЧ32-52 ,НВ 190		
Чугун СЧ21-40 ,НВ 210		

36

Чугун СЧ32-52 ,НВ 210	250	10
Чугун СЧ21-40 ,НВ 170	200	12
Медь М4, НВ 80	60	12
Бронза Бр, А7 НВ 90	100	8
Бронза Бр.ОЦ-3 НВ 70	100	5
Бронза Бр. А7 НВ 90	130	12

Т а б л и ц а 6

Значение коэффициента и показателей степени  
для расчета подач при токарной обработке

Материал обрабатываемой детали	$C_H$	x	y	z	U
Сталь	0,008	0,030	1,40	0,35	0,70
Чугун	0,045	0,25	1,25	0,50	0,75

Т а б л и ц а 7

Подачи при черновом наружном точении

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Подача S, мм/об при глубине резания t, мм				
		до 3	св.3 до 5	св.5 до 8	св.8 до 12	св.12
До 20	от 16x25 до 25x25	0,3-0,4	-	-	-	-
Св.20 до40	от 16x25 до 25x25	0,4-0,5	0,3-0,4	-	-	-
Св.40 до60	от 16x25	0,5-0,9	0,4-0,8	0,3-0,7	-	-

37

Св.60 до100	до 25x40 от 16x25	0,6-1,2	0,5-1	0,5-0,9	0,4-0,8	-
Св.100 до400	до 25x40 от 16x25	0,8-1,3	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9	-
Св.400 до500	до 25x40 от 20x30	1,1-1,4	1,0-1,3	0,7-1,2	0,6-1,2	0,4-1,1
Св.500 до600	до 40x60 от 20x30	1,2-1,5	1,0-1,4	0,8-1,3	0,6-1,3	0,4-1,2
Св.600 до1000	до 40x60 от 25x40	1,2-1,8	1,1-1,15	0,9-1,4	0,8-1,4	0,7-1,3
Св.1000 до2500	до 40x60 от 30x45 до 40x60	1,3-2,0	1,3-1,8	1,2-1,6	1,1-1,15	1,0-1,5

## Чугун и медные сплавы

До 20	от 16x25 до 25x25	-	-	-	-	-
Св.20 до40	от 16x25 до 25x25	0,4-0,5	-	-	-	-
Св.40 до60	от 16x25 до 25x40	0,6-0,9	0,5-0,8	0,4-0,7	-	-
Св.60 до100	от 16x25 до 25x40	0,8-1,4	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9	-
Св.100 до400	от 16x25 до 25x40	1,0-1,5	0,9-1,4	0,8-1,1	0,6-0,9	-
Св.400 до500	от 20x30 до 40x60	1,3-1,6	1,2-1,5	1,0-1,3	0,8-1,0	0,7-0,9
Св.500 до600	от 20x30 до 40x60	1,5-1,8	1,2-1,6	1,0-1,4	0,9-1,2	0,8-1,0
Св.600 до1000	от 25x40 до 40x60	1,5-2,0	1,3-1,8	1,0-1,4	1,0-1,3	0,9-1,2
Св.1000 до2500	от 30x45 до 40x60	1,6-2,4	1,6-2,0	1,4-1,8	1,3-1,7	1,2-1,7

Св.1000 до2500						
-------------------	--	--	--	--	--	--

Т а б л и ц а 8

Подачи при черновом растачивании на токарных,  
револьверных и расточных станка

Резец или оплавка		сталь			
Диаметр кругло- го сечения резца или размеры его сечения, мм	Вылет резца или оправ ки мм	Подача S, мм/об при глубине резания t, мм			
		2	3	5	8
10	50	0,08	-	-	-

38

12	60	0,10	0,08	-	-
16	80	0,10-0,20	0,15	0,10	-
20	100	0,15-0,30	0,15-0,25	0,12	-
25	125	0,25-0,50	0,15-0,40	0,12-0,20	-
30	150	0,40-0,70	0,20-0,50	0,12-0,30	-
40	200	-	0,25-0,60	0,15-0,40	-
40x40	150	-	0,6-1,0	0,5-0,7	-
	300	-	0,4-0,7	0,3-0,6	-
60x60	150	-	0,9-1,2	0,8-1,0	0,6-0,8
	300	-	0,7-1,0	0,5-0,8	0,4-0,7
75x75	300	-	0,9-1,0	0,8-1,1	0,7-0,9
	500	-	0,7-1,0	0,6-0,9	0,5-0,7
	800	-	-	0,4-0,7	-

чугун

10	50	0,12-0,16	0,12-0,18	0,10-0,18	-
12	60	0,12-0,20	0,15-0,25	0,12-0,25	-
16	80	0,20-0,30	0,25-0,35	0,25-0,35	-
20	100	0,30-0,40	0,30-0,50	0,25-0,45	-
25	125	0,40-0,60	0,40-0,60	0,30-0,60	-
30	150	0,50-0,80	0,60-0,80	0,5-0,9	
40	200	-	0,7-1,2	0,4-0,7	
40x40	150	-	0,6-0,9	0,8-1,2	0,4-0,5
	300	-	1,0-1,5	0,7-0,9	0,3-0,4
60x60	150	-	0,9-1,2	0,9-1,3	0,6-0,9
	300	-	1,1-1,6	0,7-1,1	0,5-0,7
75x75	300	-		0,6-0,8	0,7-1,0
	500	-	-		0,6-0,8
	800				-

П р и м е ч а н и е: верхние пределы подач рекомендуется для меньшей глубины реза ния при обработке менее прочных материалов, нижние - для

большей глубины резания и более прочных материалов.

Т а б л и ц а 9

Подачи при черновом растачивании на карусельных станках

Вылет резца или оправки, мм	Подача S, мм/об при глубине резца t, мм				
	3	5	8	12	20
200	1,3-1,7	1,2-1,5	Сталь	0,9-1,2	0,8-1,0
300	1,2-1,4	1,0-1,3	1,1-1,3	0,8-1,0	0,6-0,8
500	1,0-1,2	0,9-1,1	0,9-1,1	0,6-0,7	0,5-0,6
700	0,8-1,0	0,7-0,8	0,7-0,9 0,5-0,6	-	-

39

200	1,5-2,0	1,4-2,0	Чугун	1,0-1,4	0,9-1,2
300	1,4-1,8	1,2-1,7	1,2-1,6	0,8-1,1	0,7-0,9
500	1,2-1,6	1,1-1,5	1,0-1,3	0,7-0,9	0,6-0,7
700	1,0-1,4	0,9-1,2	0,8-1,1 0,7-0,9	-	-

Т а б л и ц а 10

Подачи для чистовой токарной обработки

Класс шеро- ховатости по верхности	Обрабатываемый материал	Радиус при вершине резца, мм		
		0,5	1,0	2,0
		Подачи, мм/об		
4	Сталь углеродистая и легированная	0,3-0,5	0,45-0,60	0,55-0,20
		0,25-0,40	0,40-0,50	0,50-0,60
5	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы Сталь	0,18-0,25	0,40-0,50	0,50-0,60
		0,15-0,25	0,25-0,40	0,40-0,60
6	углеродистая и легированная	0,10-0,11	0,11-0,16	0,15-0,25
		0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,35
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы Сталь углеродистая и легированная Чугун, бронза и алюминиевые сплавы			

П р и м е ч а н и е: 1. При обработке стали со скоростью  $V > 50$  м/мин подачу увеличить, вводя поправочный коэффициент 1,25.

2. При обработке жаропрочной стали и титановых сплавов с  $V > 50$  м/мин подачу уменьшить, вводя поправочный коэффициент 0,7-0,8.

Т а б л и ц а 11

Значение коэффициента  $C_s$

Обрабатываемый материал	$\sigma_B$	$C_s$	Обрабатываемый материал	$C_s$
Конструкционная сталь	900	0,064	Чугун (HB 170) и цветные материалы	0,125
Конструкционная сталь	900-1100	0,050	Чугун HB 170	0,075
Конструкционная сталь	1100	0,038		

П р и м е ч а н и е: для сверл, оснащенных твердым сплавом (ВК8), рекомендуется

40

$C_s = 0,1$  при сверлении чугуна HB < 200 и  $C_s = 0,07$  для чугуна HB > 200.

Т а б л и ц а 12

Подача при сверлении, зенкерование и развертывании стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов инструментами из быстрорежущей стали

Диаметр инструмента D, мм	Сталь и стальное литье					
	$\sigma_B \leq 800$ МПа			$\sigma_B > 800$ МПа		
	Сверление	Зенкерование	Развертывание	Сверление	Зенкерование	Развертывание
До 2	0,05-0,06	-	-	0,04-0,05	-	0,8
Св.2 до 6	0,08-0,18			0,06-0,12		0,9
6 10	0,18-0,28	0,5-0,6	0,8	0,13-0,21	0,5-0,6	1,0
10 15	0,25-0,35	0,6-0,7	0,9	0,19-0,26	0,6-0,7	1,1
15 20	0,34-0,43	0,7-0,9	1,0	0,25-0,32	0,7-0,9	1,2
20 25	0,39-0,47	0,8-1,0	1,1	0,29-0,35	0,8-1,0	1,4
25 30	0,45-0,55	0,9-1,2	1,2	0,32-0,40	0,9-1,2	1,5
30 40	0,55-0,60	1,0-1,3	1,4	0,35-0,40	1,0-1,3	1,7
40 50	0,60-0,65	1,1-1,3	1,5	0,40-0,45	1,1-1,3	2,0
50 60	0,65-0,70	1,2-1,5	1,7	0,45-0,50	1,2-1,5	
60 80	-		2,0	-		

Чугун серый и ковкий, медные и алюминиевые сплавы

До 2	0,09-0,	-	-	0,05-0,	0,5-0,6	1,7
Св.2 до 6	11			07	0,6-0,75	1,9
6 10	0,18-0,	0,7-0,9	2,2	0,11-0,	0,7-0,8	2,0
10 15	33	0,9-1,1	2,4	22	0,8-0,9	2,2
15 20	0,36-0,	1,0-1,2	2,6	0,22-0,	0,9-1,0	2,4
20 25	57	1,1-1,3	2,7	34	1,0-1,2	2,6
25 30	0,52-0,	1,2-1,7	3,1	0,31-0,	1,2-1,5	3,1
30 40	70	1,6-2,0	3,3	42	1,4-1,7	3,4
40 50	0,65-0,	1,8-2,2	3,8	0,40-0,		3,8
50 60	86	2,0-2,4	4,3	53		
60 80	0,78-0,		5,0	0,47-0,		
	96			57		
	0,90-1,			0,54-0,		
	05			66		
	1,00-1,			0,36-0,		
	10			70		
	1,10-1,			0,68-0,		
	15			75		
	1,15-1,			0,72-0,		
	20 -			80 -		

**П р и м е ч а н и е 1.** приведенную для сверления подачу применяют при сверлении от верстей в жестких деталях с допуском не выше 5-го класса точности под последующую обработку сверлом, зенкером или резцом при глубине сверления  $l < 5D$ . Подачу следует уменьшать: при  $l = 5D$  на 10 % , при  $l = 10D$  на 25 %. Подачу также следует уменьшать, учитывая технологические факторы:

а) при сверлении отверстий в деталях средней жесткости с допуском не выше 5-го класса точности или под последующую обработку сверлом, зенкером или резцом вводя коэффициент 0,75 ;

б) при сверлении точных отверстий под последующую обработку развертками или под нарезание резьбы метчиками, при сверлении центровочными сверлами, при сверлении отверстий в деталях малой жесткости и с неустойчивыми опорными поверхностями вводя коэффициент 0,5;

41

2. приведенную для зенкерования подачу применяют, когда допуск на отверстие не превышает 5-го класса точности или под последующую обработку зенкером и разверткой или двумя развертками. Подачу следует уменьшить при зенкеровании отверстий по 3-му, 4-му классам точности с малой глубиной резания, при повышенных требованиях к шероховатости поверхности, при последующей обработке одной разверткой или нарезании резьбы метчиком, вводя коэффициент 0,7.

**Т а б л и ц а 13**

**Подача на зуб при фрезеровании черных и цветных металлов**

Типы фрез	Величина снимаемого припуска за один проход, мм			
	0,5-1	1-2	2-3	4-6

Дисковые трех сторонние	-	0,08-0,05	0,05-0,04	0,04-0,02
Дисковые прорезные и отрезные	-	0,02-0,015	0,02-0,015	0,01-0,03
Торцевые	0,12-0,01	0,12-0,10	0,10-0,15	0,03-0,10
Цилиндрические 4 мм	0,015-0,01	0,012-0,01	0,008-0,004	-
4-6 мм	0,020-0,01	0,02-0,01	0,01-0,008	0,008-0,005
4-8 мм	0,025-0,02	0,02-0,015	0,015-0,01	0,01-0,006
8-10 мм	0,03-0,02	0,025-0,015	0,02-0,01	0,015-0,008
10-15 мм	0,04-0,02	0,04-0,02	0,03-0,015	0,02-0,010
15-20 мм	0,06-0,04	0,06-0,04	0,04-0,02	0,04-0,02
20-30 мм	0,10-0,07	0,10-0,07	0,08-0,07	0,08-0,05
30-40 мм	0,10-0,7	0,10-0,07	0,01-0,07	0,08-0,05
Фасонные	0,06-0,04	0,06-0,04	0,04-0,03	0,03-0,02
незатылованные 60 мм	0,08-0,05	0,08-0,05	0,08-0,05	0,06-0,04
затылованные 60 мм				

Продолжение таблицы 13

Типы фрез	Величина снимаемого припуска за один проход, мм			
	6-8	8-10	10-15	15-30
Дисковые трех сторонние	0,04-0,02	0,02-0,015	0,03-0,015	0,02-0,01
Дисковые прорезные и отрезные	0,02-0,01	0,01-0,007	0,007-0,004	0,007-0,004
Торцевые	0,07-0,04	0,07-0,04	0,07-0,04	-
Цилиндрические 4 мм	-	-	-	-

4-6 мм	-	-	-	-
4-8 мм	0,006-0,003	-	-	-
8-10 мм	0,008-0,006	0,006-0,003	-	-
10-15 мм	0,01-0,008	0,008-0,003	0,005-0,003	-
15-20 мм	0,03-0,015	0,02-0,01	0,02-0,01	0,01-0,007
20-30 мм	0,05-0,04	0,05-0,03	0,03-0,01	0,02-0,008
30-40 мм	0,05-0,03	0,03-0,02	0,03-0,02	0,02-0,01
Фасонные				
незатылованные 60 мм	0,02-0,01	0,02-0,01	0,02-0,01	0,01-0,003
	0,04-0,03	0,03-0,015	0,02-0,01	0,01-0,007

затылованные 60 мм				
--------------------	--	--	--	--

П р и м е ч а н и е: при обработке бронзы и чугуна подачу надлежит увеличить в 1,5-2 раза в зависимости от условий обработки; при черновой обработке и последующими чистовыми проходами подачу можно увеличить в 1,5-2 раза.

Т а б л и ц а 14

Подачи при фрезеровании торцевыми фрезерными головками

Черновая обработка- подача на зуб фрезы $S_z$ , мм							
Обрабаты ваемый ме талл	Марка твердого сплава и условия обработки	Диаметр головки, мм					
		250-200		175-125		До 125	
		Вылет шпинделя, мм					
		До 600	600, 1200	До 500	500- 1000	До 400	400- 800



Сталь $\delta_B$ до 600 МПа	T5K10 по	0,18- 0,25	0,12- 0,18	0,16- 0,22	0,1- 0,15	0,12- 0,16	0,08- 0,12
	корке T5K10	0,2-0,3	0,14-0,2	0,18- 0,25	0,12- 0,18	0,15- 0,22	0,1- 0,15
	без корке	0,18- 0,25	0,12- 0,18	0,16- 0,22	0,1- 0,15	0,12- 0,16	0,08- 0,12
Сталь $\delta_B > 600$ МПа	T5K6 без	0,15-0,2	0,1-0,15	0,14- 0,18	0,04- 0,13	0,1-0,14	0,07- 0,1
	корке T5K10	0,17- 0,25	0,12- 0,17	0,15-0,2	0,10- 0,15	0,13- 0,18	0,09- 0,13
	по корке	0,15-0	0,1-0,15	0,14- 0,18	0,09- 0,13	0,1-0,15	0,07- 0,1
чугун серый	T5K10 без	,2	0,17- 0,35	0,2-0,4	0,13- 0,25	0,17- 0,35	0,1- 0,2
	корке	0,25-0	0,2-0,4	0,25-0,4	0,15- 0,3	0,2-0,4	0,12- 0,25
	T5K6 без	,5					
	корке BK8	0,3-0,					
	по корке	6					
	BK8, BK6 без корки						

П р и м е ч а н и е: при чистовой обработке (подача на один оборот фрезы  $S_0$ , мм/об) для получения шероховатости  $R_{e20}$  -  $S = 0,45-0,7$  мм/об; при  $1,25$  -  $S_0 = 0,3-0,35$  мм/об.

Т а б л и ц а 15

Значения коэффициента  $C_s$  и показателей степени  $x, y, z$   
для расчета чистовых подач при фрезеровании

Тип фрезы	Марка материала	$C_s$	$x$	$y$	$z$
Цилиндричес	Сталь 40X	0,0125	0,83	0,07	0,64
	Чугун	0,02	0,8	1	0,50
	Сталь 45				

кие Торцевые $\omega=2^0$	про кат	0,022	1,25	1	1
---------------------------------	---------	-------	------	---	---

44

Торцевые $\omega=0^0$	Сталь 40X прокат	0,022	1,25	1	1
	Сталь X4H прокат	0,017	1,25	1	1
	Сталь 45	0,046	1,25	1	1
	улучшенная	0,025	1,25	1	1
	Сталь 35	0,032	1,25	1	1
	Сталь 10, 20 и 20X	0,040	1,25	1	1
	Сталь 45				

Т а б л и ц а 16

Значение коэффициента  $C_v$  и показателей степени  
для расчета скорости детали при шлифовании

Вид шлифования	Шлифоваль ный круг	Значения коэффициентов и показателей сте пени					
		$C_v$	$\rho$	m	x	y	z
Круглое с попереч ной подачей на двойной ход Круглое врезное Бесцентровое на проход Бесцентровое врез ное Внутреннее Плоское перифери ей круга Плоское торцем круга	Э36СМ1К	0,27	0,3	0,5	1	1	-
	Э36С1К	0,95	0,3	0,35	0,7	-	-
	Э46С1К	15,5	0,3	0,5	1	1	-
	Э46СМ2К	0,5	0,3	0,5	0,65	-	-
	ЭБ36СМ1К	0,054	0,5	0,6	0,9	0,9	-
	Э36СМ2К	2,5	-	0,7	0,75	1	-
	кольцевой						
	Э36М3К	106	-	0,83	1	-	0,9

П р и м е ч а н и е: материал заготовки – незакаленная сталь; при шлифовании  
загото вок из закаленных сталей скорость вращения (или перемещения)  
уменьшают на 5-10%

Т а б л и ц а 17

Величины подач при зубонарезании

Метод обработки	Подача S в мм на один оборот или в
-----------------	------------------------------------





[illegible]





Характер обработки	Модуль m, мм	Подача круговая $S_k$ , мм/дв.ход при мощности зу бодолбежного станка, кВт			
		1,0-1,5	1,6-2,5	2,6-5,0	Св .5,0
Черновая в один проход под последующую чистовую обработку долбляком.  Чистовая по 6-му классу чистоты: по сплошному	До 4	0,35-0,	0,40-0,45	-	-
	св 4 до	40	0,30-0,40	0,40-0,50	-
	6 св 6	0,15-0,		0,30-0,40	0,40-0,50
	до 8	20 -			
	до 3		0,25-0,30	0,25-0,30	
	св 3 до 8		0,22-0,25	0,22-0,25	



материалу по предельному обработан ному зубу					
--	--	--	--	--	--

Т а б л и ц а 21

Подачи при фрезеровании шлицевых валов из стали 35 и 45 с НВ  
156-207 червячными шлицевыми фрезами из быстрорежущей  
стали

Характер обработки	Диаметр вала, мм	Высота шлицев, мм	Подача на один оборот заготовки, об/мм
Черновая под шлифование	14-52	1,5-3	1,8-2,0
	52-82	3-5	2,2
	90-125	5-6,5	2,4-2,5
	14-52	1,5-3	0,6
Чистовая по сплошному материалу ( <sup>2,5</sup> )	52-82	3-5	0,8
	90-125	5-6,5	1,2

П р и м е ч а н и е: при черновой обработке червячными фрезами с усиками  
подачу уменьшать на 15%.

49

Т а б л и ц а 22

Поправочный коэффициент на подачу, учитывающий  
механические свойства стали

Сталь конструкционная углеродистая			Сталь конструкционная легированная					
35	45	50	35X, 40X	12ХН4А, 20ХНМ, 18ХГТ, 12ХН3, 20х	30ХГТ	18ХНВА, 38ХМ10А 5ХНМ,6ХН М, ОХН3М		
Коэффициент $K_M$ при НВ								
156- 187	170-207	До 241	170-22 9	156-20 7	156-22 9	156-20 7	156-22 9	229- 285
0,1	0,1	0,9	0,9	1,0	0,9		0,8	0,7

Т а б л и ц а 23

Подачи при нарезании червячных колес из серого чугуна НВ  
170-210 и из бронзы НВ 120 червячными фрезами из  
быстрорежущей стали

Модуль m, мм	Диаметр фрезы D, мм	Подача на один оборот заготовки, мм	
		Радиальная $S_p$	Тангенциальная $S_t$
3	70	0,60-0,90	1,4-1,6
4	80	0,55-0,95	1,3-1,5
5	90	0,50-0,90	1,2-1,4
6	125	0,50-0,85	1,2-1,3
8	145	0,45-0,78	1,1-1,2
10	164	0,40-0,74	-
12	171	0,60-0,70	

П р и м е ч а н и е: при нарезании многозаходных колес подачу уменьшить пропорционально числу заходов.

40  
 39  
 38  
 37  
 36  
 35  
 34  
 33  
 32  
 31  
 30  
 29  
 28  
 27  
 26  
 25  
 24  
 23  
 22  
 21  
 20  
 19  
 18  
 17  
 16  
 15  
 14  
 13  
 12  
 11  
 10  
 9  
 8  
 7  
 6  
 5  
 4  
 3  
 2  
 1

T	h	h	
A	A		
E	K		
W	V		
Y	C		
X	A		
	W		
	Y		
	K		
	K		
	P		
	D		
A	P		
P	V		
A	C		
A	W		
X	S		
E			
P			
T			
A			
M			

[illegible]

### Значение коэффициентов и показателей степени в формулах скорости при обработке отверстий

Вид обработки	Режущий инструмент	C <sub>v</sub>	x	y	z	m	n
Сверление деталей из стали с HB<155	Сверло D<10мм	0,041	-	0,7	0,65	0,2	0,9
	Сверло D>10мм	0,10	-	0,5	0,40	0,2	0,9
	Сверло	874	-	0,7	0,65	0,2	0,9
Сверление деталей из стали с HB>155	Сверло D<10мм	360	-	0,5	0,40	0,2	0,9
	Сверло D>10мм	0,152	0,2	0,65	0,3	0,4	0,9
	-	1310	0,2	0,65	0,3	0,4	0,9
Развертывание деталей из стали с HB<155	-	0,168	0,2	0,5	0,4	0,2	0,9
	-	1450	0,2	0,5	0,4	0,2	0,9
Развертывание деталей из стали с HB>155	-	0,266	0,2	0,5	0,3	0,3	0,9
	-	2000	0,2	0,5	0,3	0,3	0,9
Рассверливание деталей из стали с HB<155	-						
Рассверливание деталей из стали с HB>155							
Зенкерование деталей из стали с HB<155							
Зенкерование деталей из стали с HB>155							

### Таблица 26

### Значение коэффициентов и показателей степени в формулах скорости при фрезеровании

Вид обработки	Материал режущей части инструмента						
	C <sub>v</sub>	x	y	z	m	n	q
Торцевое фрезерование Цилиндрическое фрезерование Отрезка и прорезка пазов	Быстрорежущая сталь						
	64,7	0,1	0,4	0,15	0,2	0,1	0,25
	61,6	0,19	0,28	0,08	0,33	0,1	0,17
	53	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,25
Торцевое фрезерование Цилиндрическое фрезерование	Твердый сплав						

Отрезка и прорезка пазов	332	0,1	0,4	0,2	0,2	1	0,2
	443	0,38	0,28	-0,05	0,33	0,1	0,17
	-	-	-	-	-	-	-

52

Т а б л и ц а 27

Значение коэффициентов и показателей степени  
в формулах скорости резания при нарезании зубчатых колес и шлицевых валов

инструмент	Обрабаты ваемый ма териал	Характ ер нареза ния	Мо дуть , мм	коэффициенты и показатели степени					Т мм
				С	у	х	q	α	
Фрезы чер вичные мо дильные : однозаход ные	Сталь 45, НВ 207	Черно вое	1,5-6	312	0,5	0	0,3	0,33	480
			7-26	350		0,1	7		
			1,5-3	560	0,85	-0,5		0,5	240
	Чугун серый НВ 170-210	Чисто вое	1,5-2	198	0,3	0,15	-	0,2	960
			6	152	0,4	-0,4		0,3	
		Черно вое	1,5-3	270	0,33	0			
			4-6	322		0,1		0,33	480
			7-26	406	0,5	0			
			3-6	455		0,1			
	Сталь 45, НВ 207	Чисто вое	7-12	228	0,3	0,15			
			3-12	49	0,5	0,3		0,2	400
				90		0		0,3	240
	Чугун серый НВ 170-210	Черново е	1,5-8	54	0,25	0,15			
				113		0			
				780	0,5				600
Долбяки зу борезны е дисковые	Чугун серый НВ 170-210	Чисто вое		390			1,28	0,4	300
				663					600
				331					300
	Сталь 45, НВ 207	Чисто вое		49	0,45	0	0,33		480
Фрезы чер вячные для шлице вых валов: с наружны м центрир ова нием(без усиков) с внутрени	Сталь 45, НВ 207	Черно вое Чисто вое	14-26						

м центриров анием (с уси ками) Фрезы дис ковые мо дульные		Черно вое Чисто вое							
		Черново е							

П р и м е ч а н и я: 1. На табличные значения стойкости Т для червячных модульных фрез всех типов вводить поправочный коэффициент К, равный 0,5 при модулях до 4 мм; 0,75 при модулях m св.4 до 6 мм; 1,0 при модулях m св.6 до 8 мм; 1,5 при модулях m св.8 до 12 мм; 2,0 при модулях m св.12 мм. 2.Табличные значения стойкости для дисковых долбяков и червячных шлицевых фрез действитель ны при размерах, указанных в таблице.

53

Т а б л и ц а 28

Поправочный коэффициент К, учитывающий влияние механических свойств конст рукционной стали на скорость резания

Марка стали	Твердость НВ	Коэффициент К
35	156-187	1,1
	170-207	1,0
45	280-241	0,8
50	170-229	0,9
35Х; 40Х	156-207	1,0
12ХН4А;		
20ХНМ;18Х1Т;	156-229	0,9
12ХН3; 20Х	156-207	
30ХГТ	156-229	0,8
18ХНВА; 38ХМ10А;	229-285	0,6
5ХНМ; ХНМ; 0ХН3М		

54

Т а б л и ц а 29

Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от конст рукционных особенностей инструментов и других факторов

Факторы влияющие на скорость реза ния	Наименование инст румента	Значения влияющих факторов и величины ко эффициента

Заходы фрезы	Фрезы червячные модульные	Число заходов 1 2 3 - Коэффициент К 1,0 0,85 0,75
Осевые перемещения инструмента	Фрезы червячные модульные и шлицевые	Количество 0 1 2 3 3 перемещений фрезы Коэффициент К 1,0 1,1 1,2 1,3 - Класс точности С В А
Точность	Фрезы червячные модульные при обработке стали	Коэффициент К 1,0 0,8 - Профиль зуба С уси- без уси и фрезы каминков Коэффициент К 0,85 1,0
Профиль зуба фрезы	Фрезы червячные шлицевые	Число шлицев 4 6 8 10 16 20 нарезаемого валика U Коэффициент К 0,85 1,0 1,1 1,2 1,4 1,5 Угол наклона 0 15 30 45 60 зубьев в град Коэффициент К 0,1 0,9 0,8 0,7 Число зубьев 12 30 40 80 120
Шлицы шлицевого вала	Фрезы червячные модульные и долбяки дисковые	нарезаемого колеса Коэффициент К 0,95 1,0 1,1 1,2 Два прохода Число проходов Один первый второй проход проход проход Коэффициент К 0,1 1,4
Положение зубьев нарезаемого колеса	Долбяки дисковые	
Количество зубьев нарезаемого колеса	Фрезы червячные модульные	
Проходы		

55

Т а б л и ц а 30

Значения поправочного коэффициента К

Типы станков	Продольно строгальный	Поперечно строгальный	Долбежный
Коэффициент	1	0,8	0,6

Т а б л и ц а 31

Скорости резания, допускаемые станками и инструментом, м/мин

Станки	Скорость резания	Перспективы увеличения скорости резания
--------	------------------	---



	Допускае мая станка ми	Допускаемая инструментам и	Фактическая применяемая в промышленнос ти	Допускае мая стан ками	Допускаемая инструментами
Токарные	400-600	150-400 (тв.сплав) 400-500 (мине рало- керами ка)	50-150	400-600	200-50 (тв.сплав) 500-600 (минерало - ке рамика)
Расточиль ные	300-500	125-200	50-85	300-500	200-400
Сверлиль ные	50-100	40-80 (тв.сплав)	30-60	-	50-100
		15-30(быст ро режущ.ста ль)	15-80		20-40
Фрезерные	400-500	150-300	50-150	400-500	200-400
Зубофрезер ные	40-50	20-35	16-35	160	20-50(быстро режущ.сталь) 60-150(тв.сп лав и кобальтова я сталь) 50-100
Строгальные	50-75	50-80 (тв.сплав)	40-60	75	
	14	20-50(быст ро режущ.ста ль)	6-12	15-20	
Протяжн ые: наружны е внутренние шлифоваль ные	11 35	30-40 5-11 35-50	5-8 25-35	11-13 50	15-20 11-13 50

56

Т а б л и ц а 32

Коэффициенты и показатели степеней при расчете сил резания

Вид обработки	Для силы резания или крутящего момента	С т а л и					
		С	X	y	z	n	w

Точение, растачивание,  $P_z 0,279 \cdot 1,00 0,75 - 0,35$  - строгание  $0,036^{**} 0,75$   $P_y 2,7 \cdot 10^{-5} 0,9$   
 $0,75 - 2,0$  -  $P_x 2,1 \cdot 10^{-4} 1,2 0,65 - 1,5$  -

Отрезка и прорезка  $P_z 0,34 \cdot 1,0 1,0 - 0,35$  - резцами  $0,044^{**} 0,75$   $P_y 3,1 \cdot 10^{-5} 1,2 0,75 - 2,0$

Сверление  $P_x 0,015 - 0,7 1,0 0,75 -$   $M 8 \cdot 10^{-3} - 0,8 2,0 0,7 -$

Рассверливание  $P_x 6,2 \cdot 10^{-3} 1,3 0,7 - 0,75 -$   $M 1,83 \cdot 10^{-2} 0,9 0,8 1,0 0,7 -$

Цилиндрическое фрезерование  $P 6,8 \cdot 10^{-1} 0,86 0,74 1,0 0,86 -$

Фрезерование торцевыми,дис-

ковыми и отрезными фрезами  $P 8,2 \cdot 10^{-1} 1,10 0,80 0,95 1,10 0,2$

Фрезерование фасонными и

угловыми фрезами  $P 4,7 \cdot 10^{-1} 0,86 0,74 1,0 0,86 -$

Чугун и медные сплавы Точение,расточивание,  $Pz 6,35 \cdot 10^{-2} * 1,0 0,75 - 0,55 - -$  строгание  $5,34 \cdot 10^{-2} **$

$Pu 1,3 \cdot 10^{-3} * 0,9 0,75 - 1,3 - 4,5 \cdot 10^{-3} **$

$Px 1,6 \cdot 10^{-3} * 1,20 0,75 - 1,10 - 3,1 \cdot 10^{-4} **$

Отрезка и прорезка резцами  $Pz 8,82 \cdot 10^{-2} 1,0 1,0 - 0,55 - Pu 1,2 \cdot 10^{-3} 1,2 0,75 - 1,3 -$

Сверление  $Px 2,6 \cdot 10^{-2} - 0,8 2,0 0,6 - M 1,0 \cdot 10^{-2} - 1,0 2,4 0,6 -$  Рассверливание  $Px 9,2 \cdot 10^{-3} 1,2 0,4 - 0,6 - M 3,16 \cdot 10^{-2} 0,75 0,80 1,0 0,6 -$  Цилиндрическое фрезерование  $P 4,8 \cdot 10^{-1} 0,83 0,65 1,0 0,83 -$  Фрезерование торцевыми,  $P 7,0 \cdot 10^{-1} 1,14 0,70 0,90 1,14 -$  дисковыми и отрезными фрезами

Фрезерование фасонными и  $P 3,9 \cdot 10^{-1} 0,83 0,65 1,00 0,83 -$  угловыми фрезами

П р и м е ч а н и е: \* при HB 170

\*\* при HB 170

х  
р  
н  
о  
х  
н  
х  
х  
х  
х  
у

х
х с
а ш н х н х г о у ф р х х ш

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

101

102

103

104

105

106

107









### Список рекомендуемой литературы

1. Бобров В.Ф. основы теории резания металлов. М.: Машиностроение, 1975. 344 с
2. Ващук И.С. справочник по расчету металлорежущих станков. Красноярск, 1965. 284 с.
3. Егоров С.В. Червяков А.Г. Резание конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 1976.
4. Косилова А.Г. Мещеряков Р.К. Справочник технолога машиностроителя. М.: Машиностроение, 1972, 568 с.
5. Металлорежущие станки/Под ред. В.К. Тепинкечиева. М.: Машиностроение, 1973, 472 с.
6. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задачи примеров по резанию металлов и режущему инструменту. М.: Машиностроение, 1976, 286 с.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, Ч.1 416, Ч.2 260 с., 1973.
8. Рабинович А.Н. Коробки скоростей металлорежущих станков. Львов., 1968. 376 с.
9. Режимы резания металлов: Справочник/Под ред. А.Н.Малова. М.: Машиностроение, 1973.
10. Справочник технолога/Под ред. Г.А. Монахова. М.: Машиностроение, 1974.
11. Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. А.Н. Малова. М.: Машиностроение, 1972.
12. Точность обработки заготовки и припуск в машиностроении: Справочник технолога /Под ред. А.Г. Косиловой. М.: Машиностроение, 1976, 288 с.
13. Тарзиманов Г.А. проектирование металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1980, 288 с.
14. Тихомиров Р.А., Николаев В.И. Механическая обработка пластмасс, Л.: Машиностроение, 1975, 206 с.
15. Тихомиров Р.А. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальностей 0501, 0636. Металлорежущие станки. Владивосток, 1980. 36 с.
16. Металлорежущие станки и автоматы /Под ред. А.С. Иронилова. М.: Машиностроение, 1981, 479 с.



Оглавление

Предисловие .....3 1.

Исходные данные при обосновании технических характеристик приводов ..  
..... 3 2. Определение  
габаритных предельных размеров обрабатываемого изделия или размеров  
его обрабатываемых поверхностей ..... 4 3. Определение  
рациональных режимов обработки ..... 6 3.1.  
Определение предельных значений припусков  
(глубины резания) на обработку .....  
. 7 3.2. Определение предельных значений величин подач. ....  
9 3.3. Определение предельных скоростей резания. ....  
12 3.4. Определение предельных значений частот вращений  
(числа двойных ходов) рабочего органа. ....16 4.  
Определение силовых параметров процесса резания .....  
. 17 5. Нахождение эффективной мощности привода и мощности  
электродвигателя .....19 6.  
Особенности определения режимов резания для многоинструментальной  
обработки ..... 22 7.  
Примеры обоснования технических характеристик разных станков .....24  
Приложение .....34  
Список рекомендуемой литературы .....57

Рудольф Анатольевич Тихомиров  
Владимир Николаевич Жарков

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДОВ  
МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Учебное пособие к курсовому проектированию

Редактор А.П Володина  
Технический редактор И.В.Негода  
Корректор Г.В.Лукьянова

Ж 03454. Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Бумага для  
множит.техники. Печать офсетная. Объем 3,72 усл.печ.л., 4  
уч.-изд.л. Тираж 500 экз. Заказ №214.

Владимирский государственный университет  
600026, Владимир, Горького, 87

