

Министерство образования Российской Федерации
Владимирский государственный университет

Р.А. ТИХОМИРОВ В.Н. ЖАРКОВ

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Учебное пособие к курсовому проектированию
для студентов-заочников

Владимир 2003

УДК 621.9.06 (075)
О21

Рецензенты
Доктор технических наук, профессор
зав. кафедрой менеджмента
Владимирского государственного педагогического университета
Н.Г. Наянзин

Главный инженер ОАО НИПТИ «Микрон»,
председатель технического совета
А.С. Кормилицын

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Тихомиров Р.А., Жарков В.Н.

О21 **Обоснование технических характеристик приводов металлорежущих станков: Учеб. пособие к курсовому проектированию для студентов-заочников /Владим. гос. ун-т. Владимир, 2003. 66 с.**
ISBN

С помощью данного учебного пособия можно рассчитать технические характеристики любого станка, не пользуясь другими источниками. Содержит все необходимые для расчета данные, чем значительно отличается от имеющейся литературы. Даны примеры обоснования технических характеристик приводов различных типов металлорежущих станков.

Предназначено для студентов специальности 120100 - технология машиностроения заочной и очно-заочной форм обучения.

Табл. 33. Библиогр.: 17 наим.

ISBN

© Владимирский государственный университет, 2003

Предисловие

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

Несмотря на большое разнообразие типов и конструкций металлорежущих станков, имеется общая методика определения, обоснования технических характеристик их приводов, что позволяет в соответствии с методическими указаниями (17) 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 табличных 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 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; систему 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, она выражается глубиной резания t_b . Величина t_b , 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.

Этапы обоснования технической характеристики привода сводятся 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 металлорежущего станка 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 отверстия 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 $H = 300$ мм, можно закрепить и обрабатывать изделие диаметром, равным двойной высоте центров, т.е. $D_6 = 600$ мм и в то же время можно закрепить заготовку диаметром $D_m = 3 \dots 5$ мм. Однако ясно, что изделие очень боль-

шого 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 (мм) можно установить по следующим практическим формулам:

Для токарных станков:

$$D_{\text{б}} = (1 \dots 1,5) H; \quad (1)$$

$$D_{\text{м}} = (0,25 \dots 0,5) H, \quad (2)$$

где $D_{\text{б}}$ – наибольший диаметр обрабатываемого изделия над станиной; $D_{\text{м}}$ – наименьший диаметр обрабатываемого изделия над станиной; H – высота центров.

Для сверлильных станков наибольший размер обрабатываемого отверстия, как правило, соответствует двум последним цифрам в шифре модели станка, например, у модели 2A135 максимальный размер обрабатываемого отверстия равен 35 мм, у модели 2A150 – 50 мм. Минимальный размер обрабатываемого отверстия определяют как

$$D_{\text{м}} = (0,15 \dots 0,3) D_{\text{б}}, \quad (3)$$

где $D_{\text{б}}$, $D_{\text{м}}$ – наименьший и наибольший диаметры сверления.

Для фрезерных станков:

$$D_{\text{б}} = (0,2 \dots 0,3) b; \quad (4)$$

$$D_{\text{м}} = (0,1 \dots 0,2) b, \quad (5)$$

где $D_{\text{б}}$, $D_{\text{м}}$ – наибольший и наименьший диаметры фрезы; b – ширина рабочего стола.

$$B_{\text{б}} = (0,75 \dots 1) D_{\text{б}}; \quad (6)$$

$$B_{\text{м}} = (0,75 \dots 1) D_{\text{м}}, \quad (7)$$

где $B_{\text{б}}$, $B_{\text{м}}$ – наибольшая и наименьшая ширина фрезерования.

Размеры рабочей поверхности стола фрезерного станка с его номером (номер – последняя цифра шифра модели станка) представлены в табл.1 приложения.

Примечание. Все таблицы пособия сведены в приложение.

Для зубофрезерных станков:

$$m_{\text{м}} = (0,2 \dots 0,3) m_{\text{б}}, \quad (8)$$

где m_m и m_6 – наименьший и наибольший нарезаемые модули шестерен.

На основании наименьшего и наибольшего нарезаемых модулей находят предельные значения диаметров червячных фрез в соответствии с табл. 2. Предельные значения чисел зубьев шестерен большей частью можно принять $Z_6 = 16$, $Z_m = 10,0$.

Для строгальных станков, мм:

$$L = (1,2 \dots 1,3) l; \quad (9)$$

$$b = (0,6 \dots 0,7) L; \quad (10)$$

$$H = (0,75 \dots 1) b, \quad (11)$$

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 непрерывном 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 вид его обработки (черновая или чистовая), жесткость системы «Станок – деталь – инструмент» и другие условия резания.

Эти данные определяются исходя из типа станка, его размеров, габаритных предельных размеров обрабатываемых изделий и обрабатываемых поверхностей, обрабатываемого материала, для определения используются соответствующие справочники и ГОСТы. При проектировании универсального станка 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 устанавливаются в следующей последовательности: устанавливают предельные значения припусков (глубины резания) t_6 и t_m , определяют предельные значения подач S_6 и S_m по известным t и S , задавшись периодом стойкости инструмента, определяют предельные значения скоростей резания V_6 и V_m .

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

Наибольший t_6 и наименьший t_m припуски (глубина резания) на обработку, которые могут встретиться при обработке на данном станке, находят по предельным размерам обработки.

Для токарных станков. Наибольший припуск на обработку равен

$$t_6 = C_t D_6^{0,33}. \quad (12)$$

Числовые значения коэффициента C_t приведены в табл. 3. Наименьший припуск на обработку определяется по формуле

$$t_m = 0,7 + 0,025 D_m^{0,5} + 0,0001 L. \quad (13)$$

При черновой обработке глубина резания принимается равной припуску. 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

$$t = D/2. \quad (14)$$

При рассверливании

$$t = (D - d)/2 , \quad (15)$$

где d – диаметр рассверливаемого отверстия, мм.

Наибольший диаметр сверления D_6 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 5. По найденным величинам находят наибольшую и наименьшую глубину резания t_6 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 $t_6 \leq 0,1D$, где D – диаметр цилиндрической фрезы (мм). При получистовом фрезеровании фрезами из быстрорежущей стали припуск больше 5 мм снимается за 2 прохода, а фрезами с твердосплавными пластинками – за один проход. Получистовое 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_3 , 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 t при первом черновом проходе и 0,7 t при втором. Черновую обработку в два прохода применяют только при долблении зубьев цилиндрических колес дисковыми долбяками для получения шероховатости 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_6 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 назначить 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 также иметь сведения о точности и жесткости металлорежущих станков, которые указаны 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 выби-

рать малоуглеродистую сталь $HB < 170$, $\sigma_B < 600$ МПа (при определении V_6) 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 нержавеющей сталей и сплавов, неметаллических материалов следует учитывать коэффициенты их обрабатываемости, оптимально допустимые скорости резания и подачи, которые приведены в [13, 16].

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:

$$\text{- при черновой обработке} \quad S_6 = 0,17 D^{1/3} + (t_6 - 2) 0,15; \quad (16)$$

$$\text{- при чистовой обработке} \quad S_M = 0,015 D_M^{2/3}. \quad (17)$$

Максимальное расчетное значение подачи выбирается для условий черновой обработки при наибольшей жесткости заготовки; при этом заготовка считается закрепленной в патроне и поддерживаемой задним центром. Минимальное расчетное значение подачи выбирается для условий чистовой обработки при наименьшей жесткости заготовки и закрепления ее в патроне. Для более точного определения наименьшей подачи можно воспользоваться следующей формулой, мм/об:

$$S_M = (C_M R_6^y r^u) / (t_M^x \varphi^z \varphi_1^z). \quad (18)$$

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 зенкерования назначается по формуле, мм/об,

$$S = C_s D^{0,6}. \quad (19)$$

При развертывании – по формуле

$$S = C_s D^{0,7}. \quad (20)$$

Значения C_s приведены в табл. 11.

Наибольшую подачу S_6 следует определять при наибольшем диаметре D_6 сверления, зенкерования, развертывания отверстий в деталях из цветных металлов и сплавов, для которых C_6 имеет наибольшее значение. Поддачи при рассверливании 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 $HВ > 240$. 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_6} и наименьшую S'_{z_M} поддачи на зуб фрезы можно выбрать по табл. 13 и 14 из условия шероховатости обрабатываемой поверхности при обработке самого мягкого материала.

Определяют так же по таблицам режимы резания S''_{z_6} 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,

$$S_z = C_s R^x D^z / t^y, \quad (21)$$

где C_s – коэффициент, зависящий от материала обрабатываемой детали и типа фрезы; D - диаметр фрезы, мм; t – глубина резания, мм; R – высота микронеровностей, мм; x, y, z – показатели степени.

Значения C_s и x, y, z приведены в табл. 15. Наибольшие и наименьшие значения величины поддач находятся в пределах: цилиндрические фрезы – 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 плоскошлифовальных – 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,

$$V_3 = C_v D_3^{\rho} / T^m t^x S_d^y; \quad (22)$$

– шлифование торцом круга, м/мин.,

$$V_3 = C_v / T^m t^x B^z; \quad (23)$$

– бесцентровое наружное шлифование, м/мин,

$$V_3 = C_v / T^m t^x S_0^y, \quad (24)$$

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; ρ, m, x, y, z – показатели степени, зависящие от вида шлифования, характеристики круга и материала заготовки.

Значения C_v и ρ, m, x, y, z приведены в табл. 16. При расчете наибольшей скорости V_6 (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 максимальными для условия черного шлифования.

Для зубообрабатывающих станков предельные значения подач на один оборот заготовки выбирают в зависимости от модуля, обрабатывае-

мого материала и числа зубьев по табл. 17. Рекомендуемые величины подач при нарезании цилиндрических зубчатых колес на среднеуглеродистой конструкционной стали червячными и дисковыми фрезами и зуборезными долбяками 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 подач 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 также наибольшую S'_6 и наименьшую S'_m подачи для самого твердого обрабатываемого материала. При черновой обработке плоскостей величину подачи S , 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 ви-

да выполняемых работ предельные значения скоростей резания могут быть определены по формулам:

– при точении и растачивании, м/мин,

$$V = C_v / T^m t^x S^y (\text{НВ}/200)^n; \quad (25)$$

– при прорезке канавок и отрезке, м/мин,

$$V = C_v / T^m S^y (\text{НВ}/200)^n. \quad (26)$$

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 определении 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, рас-сверливания, 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 резьбовыми, стержневыми, призматическими и круглыми на инструментальной стали марки Р(8) в изделиях из углеродистой или легированной сталей с использованием в качестве охлаждающей жидкости сульфифрезола, м/мин,

$$V = C_v / T^{0,08} t^{0,8} S^{0,25}, \quad (27)$$

(при $\sigma_b < 600$ МПа $C_v = 40 - 50$, при $\sigma_b \geq 600$ 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 резьбонарезания, м/мин,

$$V = C_v / T^{0,3} t^{0,45} S^{0,3} \quad (28)$$

– при обработке машинными метчиками из стали Р6М5 в изделиях из стали 45 с использованием сульфифрезола при стойкости инструмента $T = 190$ мин, м/мин,

$$V = 64,8 d^{1,2} / t^{0,8} S^{0,8}; \quad (29)$$

– 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,

$$V = 2,7 d^{1,2} / T^{0,5} t^{1,2}; \quad (30)$$

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

$$V = 257 / T^{0,6} S_z^{0,65}. \quad (31)$$

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

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

$$V = C_v D^z (HB)^n / T^m S_0^y; \quad (32)$$

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

$$V = C_v D^z / T^m S_0^y (HB)^n; \quad (33)$$

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

$$V = C_v D^z (HB)^n / T^m S_0^y t^x; \quad (34)$$

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

$$V = C_v D^z / T^m t^x S_0^y (HB)^n; \quad (35)$$

– при зенкерованиях деталей из стали с $HB < 155$

$$V = C_v D^z (HB)^n / T^m t^x S_0^y; \quad (36)$$

– при зенкерованиях деталей из стали с $HB > 155$

$$V = C_v D^z / T^m t^x S_0^y (HB)^n; \quad (37)$$

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

$$V = C_v D^z (HB)^n / T^m t^x S_0^y; \quad (38)$$

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

$$V = C_v D^z (\text{НВ})^n / T^m t^x S_0^y. \quad (39)$$

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

При определении наибольшей скорости резания U_6 следует принимать: диаметр инструмента наименьшим; глубину резания и подачу наименьшими; материал заготовки – малоуглеродистая сталь с $\sigma_b < 750$ МПа (НВ<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 (НВ \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,

$$V = C_v D^q / T^m t^x S_z^y z^n B^z. \quad (40)$$

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

При определении наибольшей скорости V_6 следует принимать: материал обрабатываемой детали – сталь с $\sigma_b < 750$ МПа, а материал режущей части инструмента – твердый сплав Т15К6; диаметр фрезы, стойкость, а так же глубину резания и подачу на один зуб фрезы (для чистового фрезерования) – минимальными; ширину фрезерования – наименьшей, но такой, чтобы 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

$$B \geq D \sin 360^\circ/z. \quad (41)$$

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 сдвоенными 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 кругов на бакелитовой связке 30 – 35 м/с; при скорости шлифований для кругов на специальной высокопрочной керамической связке 50 – 65 м/с и для кругов на бакелитовой связке – 50 м/с; при обдирочных работах окружные скорости кругов обычно не превышают 15 – 20 м/с.

Для зубообрабатывающих станков при нарезании зубчатых колес червячными и дисковыми фрезами, а также зуборезными долбяками предельные значения скорости резания будут: наибольшая – при чистовой обработке самого мягкого материала по формуле, м/мин,

$$V = (C_v/T^\mu S^y m^x) K_v, \quad (42)$$

наименьшая – при обработке самого твердого материала по такой же формуле. При фрезеровании шлицевых валов червячными шлицевыми фрезами – по формуле, м/мин,

$$V = (C_v U^q/T^\mu S^y h^x) K_v, \quad (43)$$

где T – среднее значение периода стойкости, мин; S – подача для червячных модульных и шлицевых фрез (мм) на один оборот заготовки; для долбяков круговая подача (мм) на двойной ход; для дисковых модульных фрез $S = S_z$ (мм) на один зуб фрезы; h – высота шлицев, мм; m – модуль нарезаемого колеса, мм; U – число шлицев шлицевого валика; K_v – общий коэффициент, представляющий собой произведение из ряда поправочных коэффициентов, учитывающих конкретные условия резания (табл. 28 –

29); C_v , x , y , μ , 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 наибольшей глубине и наименьшей подаче для самого твердого материала.

При строгании плоскостей проходными резцами, при прорезании пазов и отрезании скорость резания рассчитывают по соответствующим формулам для точения с введением дополнительного поправочного коэффициента K (табл. 30), учитывающего ударную нагрузку.

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

$$V = C_v / T^m t^x S^y (\text{HB}/200)^n, \quad (44)$$

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 скорости резания (табл. 31).

3.4. Определение предельных значений частот вращений (числа двойных ходов) рабочего органа

На основании определенных оптимальных режимов обработки заданных 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 (диа-

метров), а работа с наименьшей скоростью V_m – при обработке изделий наименьших диаметров, об/мин,

$$n_{\text{б}} = 1000 V_{\text{б}}/\pi D_{\text{м}}; \quad (45)$$

$$n_{\text{м}} = 1000 V_{\text{м}}/\pi D_{\text{б}}. \quad (46)$$

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

$$n_{\text{б}} = (1000 V_{\text{рб}}/L_{\text{нм}}) [k/(k+1)]; \quad (47)$$

$$n_{\text{м}} = (1000 V_{\text{рм}}/L_{\text{нб}}) [k/(k+1)], \quad (48)$$

где $V_{\text{рб}}$ и $V_{\text{рм}}$ – наибольшее и наименьшее значения рабочей скорости ползуна, принимаются равными максимальному и минимальному значениям скорости резания; $L_{\text{нб}}$ и $L_{\text{нм}}$ – наибольшая и наименьшая длина хода ползуна:

$$L_{\text{нб}} = (1,4 - 1,6)l_{\text{б}}; \quad L_{\text{нм}} = l_{\text{м}}(0,1 - 0,28),$$

где $l_{\text{б}}$ и $l_{\text{м}}$ – 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

$$R_v = n_{\text{б}}/n_{\text{м}}, \quad (49)$$

$$R_s = S_{\text{б}}/S_{\text{м}}. \quad (50)$$

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 также 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 ($t_{\text{б}}$, $S_{\text{б}}$) 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

$$P_z = C1 t^{x1} S^{y1} (\text{НВ})^{n1}; \quad (51)$$

$$P_y = C2 t^{x2} S^{y2} (\text{НВ})^{n2}; \quad (52)$$

$$P_x = C3 t^{x3} S^{y3} (\text{НВ})^{n3}; \quad (53)$$

– при отрезке и прорезке резцами, кН

$$P_z = C4 t^{x4} S^{y4} (\text{НВ})^{n4}; \quad (54)$$

$$P_y = C5 t^{x5} S^{y5} (\text{НВ})^{n5}. \quad (55)$$

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_{z_6} , P_{y_6} , P_{x_6} определяются при следующих условиях: обрабатываемый материал - высокопрочная сталь, с $\delta_b \geq 750$ МПа ($\text{НВ} \geq 170$); 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 формулам:

– для машинных метчиков при обработке стали 45 с применением смазывающе-охлаждающей жидкости – сульфофрезола, кН м,

$$M = 2,7 d^{1,4} S^{1,5}; \quad (56)$$

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

$$M = 4,5 d^{1,4} S^{1,5}; \quad (57)$$

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

$$M = 4,6 d^{1,4} S^{1,5}; \quad (58)$$

Для сверлильных станков:

– при сверлении

$$P_x = C1 D^{z1} S_0^{y1} (\text{HB})^{n1}; \quad (59)$$

$$M = C2 D^{z2} S_0^{y2} (\text{HB})^{n1}; \quad (60)$$

– при рассверливании

$$P_x = C_s t^{x1} S^{y2} (\text{HB}) ; \quad (61)$$

$$M = C4 D^{z3} t^{x2} S^{y4} (\text{HB}) ; \quad (62)$$

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,

$$P = C_p t^x S_z^y B^z z/D^n ; \quad (63)$$

– при фрезеровании торцевыми, дисковыми и отрезными фрезами, кН,

$$P = C t^x S_z^y B^z z/D^n n^m ; \quad (64)$$

– при фрезеровании фасонными и угловыми фрезами, кН,

$$P = C t^x S_z^y B^z D^n \quad (65)$$

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,

$$P_z = 21 V_{д}^{0,7} S^{0,7} t^{0,6}. \quad (66)$$

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,

$$N_3 = P_{z_6} V / 61,2 , \quad (67)$$

где P_{z_6} – наибольшая сила резания, кН; V – скорость резания, м/мин, определяемая при тех же условиях, при которых определялось значение P_{z_6} .

Для сверлильных станков:

– при сверлении, кВт,

$$N_3 = M_6 V / 30,6 D , \quad (68)$$

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 зенкерования и развертывании, кВт,

$$N_3 = 1,05 M_6 n / 10^4 , \quad (69)$$

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,

$$N_3 = P_{z_6} V / 61,2 . \quad (70)$$

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

$$N_3 = 3,5 \cdot 10^{-5} t^{0,86} S \frac{0,72}{Z} B z n D^{0,14} . \quad (71)$$

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

$$N_3 = 2,8 \cdot 10^{-5} t^{0,8} S \frac{0,74}{Z} B z D^{0,17} . \quad (72)$$

Для шлифовальных станков. Эффективная мощность привода шлифовального круга подсчитывается по формулам:

– при шлифовании периферией круга, кВт,

$$N_3 = C_m V_3^x S_0^y t^z D^s; \quad (73)$$

– при шлифовании торцем круга, кВт,

$$N_3 = C_m V_3^x t^z B^q; \quad (74)$$

где C_m – коэффициент, учитывающий вид шлифования и характеристику круга; V_3 – 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, кВт, определяется по формуле

$$N_3 = M V / 30,6 d, \quad (75)$$

где M – крутящий момент, создаваемый при резьбонарезании, 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, кВт, определяется по формуле

$$N_3 = 0,124 S_0^{0,9} m^{1,7} / D, \quad (76)$$

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

При работе долбяками эффективная мощность, кВт, определяется как

$$N_3 = P_6 V_{cp} / 61,2^\circ, \quad (77)$$

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

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

$$N_3 = P_z V_{cp} / 75 \cdot 60 \cdot 1,36, \quad (78)$$

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

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

$$N_d = N_3 / k \eta, \quad (79)$$

где k – коэффициент перегрузки станка, $k \approx 1,2 - 1,3$; η – 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 подачи и вспомогательных движений. Мощность, потребная на подачу, обычно невелика 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,

$$N_n = N_3 / \eta_n, \quad (80)$$

где η_n – к.п.д. цепи привода подачи, $\eta = 0,15 \dots 0,2$; N_3 – потребная мощность, кВт, равная

$$N_3 = Q S / 102 \cdot 60 \cdot 100, \quad (81)$$

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

$$Q = k P_x + f'(P_z + G); \quad (82)$$

– для продольных суппортов токарных и револьверных станков и столов фрезерных станков с прямоугольными направляющими

$$Q = k P_x + f'(P_z + P_y + G); \quad (83)$$

– для столов фрезерных станков с направляющими в форме ласточкина хвоста

$$Q = k P_x + f'(P_z + 2 P_y + G); \quad (84)$$

– для шпинделей сверлильных станков

$$Q = (1 + 0,5 f) P_x + 2Mf / D \approx P_x + 2Mf / D , \quad (85)$$

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' – приведенный коэффициент трения на направляющих; k – коэффициент, учитывающий влияние опрокидывающего момента.

Значения коэффициентов k и f' при нормальных условиях смазки направляющих неодинаковы: для токарных станков с призматическими или комбинированными направляющими $f' = 0,15 \dots 0,18$, $k = 1,15$; 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 пинолей сверлильных станков $f' = 0,15$.

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 стойкость должна 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 припуски 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 ГОСТом.

Определяют предельные расчетные значения подачи S_b 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_b и S_m определяют подачи для каждого суппорта и инструментального шпинделя. Эти подачи принимают равными наименьшим подачам $S_{b/m}$ и $S_{m/m}$. Наименьшую подачу $S_{b/m}$ при черновой обработке имеет наиболее нагруженный инструмент (работающий с большой глубиной резания), наименьшую подачу $S_{b/m}$ 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 подачи 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_b , S_m , определяют предельные расчетные значения скорости резания для каждого инструмента по формулам для одноинструментной обработки. Затем для каждого инструмента определяют частоту вращения n_b и n_m . Для одношпиндельного станка лимитирующим инструментом является тот, для которого получено наименьшее число оборотов n_b 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. Материал лимитирующего инструмента выбирается с более высокими режущими свойствами.

Скорость резания и частота вращения каждого шпинделя многошпиндельного станка определяются, как и для одношпиндельного, полагая, что каждый шпиндель изолирован от других. Максимальная и минимальная частота вращения шпинделей устанавливаются 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 нелимитирующих 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: производи-

тельность, 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. определяются 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 заданных деталей различных габаритов (b , m) и из разных материалов выбирают предельные значения частот вращения шпинделя (числа двойных ходов) n_b и n_m и подач S_b 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, шпинделей, 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 $H = 300$ 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,

$$D_6 = (1 \dots 1,5)H = 1 \cdot 300 = 300;$$

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

Зная D_6 и D_M , определим наибольший и наименьший припуски на обработку, которые могут встретиться при обработке на модернизируемом станке. Припуски на обработку, мм, в зависимости от диаметра находим по формуле

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

где C_t – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала. По табл. 3 примем для стали $C_t = 0,7$. Полученный припуск снимаем при обработке за два прохода. Тогда получим небольшую глубину резания $t_6 = 2,5$ 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, мм, находится по формуле (13)

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

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

Далее определяем величины подач, наибольшую и наименьшую S_6 и S_M по допускаемой шероховатости поверхности обработки; S_6 - при обдирке изделия диаметром D_6 с глубиной резания t_6 , а S_M при отделке изделия диаметром D_M с глубиной резания t_M . Поддачи можно определить по формулам (16), (17).

для черновой обработки, мм/об,

$$S_6 = 0,17 D_6^{1/3} + (t_6 - 2) 0,15 = 0,17 \cdot 300^{1/3} + (2,5 - 2) 0,15 = 1,265;$$

для чистовой обработки, мм/об,

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

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

$$V = C_V / [T^m t^x S^y (\text{HB}/200)^n]$$

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,

$$V_6 = 267 / [90^{0,125} \cdot 1^{0,18} \cdot 0,26^{0,35} \cdot 0,55] = 520.$$

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

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

Предполагая, что работа с наибольшей частотой вращения шпинделя n_6 должна производиться при наибольшей скорости резания V_6 и обработке изделия наименьшего диаметра, а работа с наименьшей частотой вращения шпинделя n_M при наименьшей скорости резания и наибольшем диаметре изделия, об/мин, вычисляется по формулам (45) и (46),

$$n_6 = 1000 V_6 / \pi D_M = 1000 \cdot 520 / 3,14 \cdot 75 = 2208,$$

$$n_M = 1000 V_6 / \pi D_6 = 1000 \cdot 85 / 3,14 \cdot 300 = 90.$$

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

$$R_V = n_6 / n_M = 2208 / 90 = 24,5; R_S = S_6 / S_M = 1,265 / 0,26 = 4,8.$$

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_{z6} будет действовать при снятии наибольшей стружки (S_6 ; t_6) самого твердого материала и определяется по формуле

$$P_{z6} = C_1 t_6^x S_6^y (\text{HB})_6^{n1}.$$

Значения C_1 ; x ; y ; n выбираем из табл. 32.

$$P_{z6} = 0,0357 \cdot 2,5^1 \cdot 1,265^{0,75} \cdot 280^{0,75} = 7,288 \text{ кН}.$$

Максимальное усилие подачи, которое должен преодолеть механизм станка, равно

$$P_{z6} = 0,5 P_{z6} = 3,64 \text{ кН}.$$

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,

$$P_{z6} = C_1 t_6^{x_1} S_6^{y_1} (HB)_M^{n_1} = 0,279 \cdot 2,5^1 \cdot 1,265^{0,75} (112)^{0,35} = 4,33.$$

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

$$N_3 = P_{z6} V_M / 60 \cdot 1,02 = 4,33 \cdot 213,6 / 60 \cdot 1,02 = 15,1 \text{ кВт},$$

$$V_M = 267 / 90^{0,125} \cdot 2,5^{0,18} \cdot 1,265^{0,35} (112/200)^1 = 213,6 \text{ м/мин.}$$

Мощность электродвигателя, который следует поставить на станок, определим по формуле (79), кВт,

$$N_d = N_3 / \kappa \eta = 15,1 / 1,25 \cdot 0,8 = 15,1$$

Поскольку токарный станок имеет один электродвигатель, обеспечивающий и привод главного движения, и привод подачи, рассчитанную мощность электродвигателя необходимо увеличить на 3 – 4 %, т.е.

$$N_{ст} = N_d \cdot 1,04 = 15,1 \cdot 1,04 = 15,7 \text{ кВт.}$$

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.

$$D_M = (0,25 \dots 0,5) D_6 = 0,33 \cdot 60 = 20 \text{ мм.}$$

Находим наименьшую глубину резания по формулам (12), (13), мм.

$$t_6 = C_t D_6^{1/3} = 0,7 \cdot 60^{1/3} = 3;$$

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

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

$$S_6 = 0,17 D_6^{1/3} + 0,15 (t_6 - 2) = 0,17 \cdot 60^{1/3} + 0,15(3 - 2) = 0,8;$$

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

Определяем наибольшую скорость резания при обработке самой мягкой стали и снятии самой малой стружки по формуле (25) и табл. 24, м/мин,

$$V_6 = 52,5/30^{0,1} \cdot 0,1^{0,25} \cdot 0,8^{0,5} \cdot 0,7^{1,75} = 201.$$

При определении наименьшей скорости резания следует иметь в виду, что потребная для обработки наименьшая частота вращения может получиться 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,

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

б) при сверлении самой твердой стали сверлом диаметра $0,5D_6 = 0,5 \times 60 = 30$ мм, с подачей $S = 0,08$ мм/об по формуле (33) и табл. 25, м/мин,

$$V_M = 12,4 \cdot 30^{0,4}/60^{0,2} \cdot 0,8^{0,5} (235)^{0,9} = 24;$$

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 равен $0,5D_6 = 0,5 \cdot 60 = 30$ мм;

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

$$V_M = C_V D_6^z / T^m t_M^x S_M^y (\text{HB})^n = 1310 \cdot 30^{0,3} / 190^{0,4} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 0,25^{0,65} (235)^{0,9} = 13,1.$$

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

$$n_6 = 1000V_6 / \pi D_M = 1000 \cdot 201 / 3,14 \cdot 20 = 3200.$$

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

а) при обточке $n_M = 1000V_M/\pi D_6 = 1000 \cdot 26 / 3,14 \cdot 60 = 138$ 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)

$n_M = 1000 \cdot 17 / 3,14 \cdot 30 = 180,46$ 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

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

При сверлении

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

Определим наибольшую мощность, потребную для резания. Для револьверных 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

$$N_p = P_{z6} V_M / 61,2 = 2,294;$$

при сверлении

$$N_{св} = P_6 V_M / 30,6 D_6 = 60,2 \cdot 24 / 30,6 \cdot 30 = 1,57.$$

Суммарная мощность, потребная на резание

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

Мощность электродвигателя будет по формуле (81)

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

Пример 3. Рассчитать техническую характеристику карусельного станка с максимальным диаметром обработки $D_6 = 2300$ м. Обрабатываемый материал – сталь $\delta_b = 400 \dots 1000$ МПа. Материал режущего инструмента – резцы, оснащенные пластинками твердого сплава Т5К10.

Определяем диаметр планшайбы $D_{пл} = D_6 / 1,12 = 2300 / 1,12 \approx$ мм. Находим по формуле (2) наименьший диаметр обработки $D_M = (0,25 \dots 0,5) D_{пл} = 0,25 \cdot 2100 = 525$ мм.

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

$$t_6 = C_2 D_6^{1/3} = 0,8 \cdot 2300^{1/3} = 10;$$

$$t_M = 0,7 \cdot 0,025 D_M^{1/2} = 0,7 \cdot 0,025 \cdot 525^{1/2} = 1,27.$$

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

$$S_6 = 0,17 D_6^{1/3} + 0,15 (t_6 - \alpha) = 0,17 \cdot 2300^{1/3} + 0,15(10 - 2) = 3,44;$$

$$S_M = 0,015 D_M^{2/3} = 0,015 \cdot 525^{2/3} = 0,97.$$

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

$$V_6 = C_V / T^m \cdot t^x \cdot S^y (\text{HB}/200)^n,$$

$$V_6 = 294 / 30^{0,125} \cdot 1,27^{0,18} \cdot 0,97^{0,2} (150/200) = 251.$$

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

$$V_6 = 267 / 90^{0,125} \cdot 10^{0,18} \cdot 3,44^{0,35} (235/200)^1 = 55,85.$$

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

$$P_{z6} = C_1 t_6^{x1} S_6^{y1} (\text{HB})^{n1} = 0,036 \cdot 10^1 \cdot 3,44^{0,75} \cdot 235^{0,75} = 54,45.$$

Находим предельные значения частот вращения планшайбы по формулам (45), (46), об/мин,

$$n_6 = 1000V_6 / \pi D_M = 1000 \cdot 251 / 3,14 \cdot 525 = 152,2,$$

$$n_M = 1000V_M / \pi D_6 = 1000 \cdot 55,85 / 3,14 \cdot 2300 = 7,73,$$

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,

$$N_p = P_{z6} V_M / 61,2 = 54,45 \cdot 55,85 / 61,2 = 49,7.$$

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

$$M_{\text{ТР}} = \left(\sum G + 0,4 P_z \right) f D_{\text{н.ср}} / 2,$$

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

Суммарная масса может ориентировочно приниматься 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 $0,55D_{пл}$ $D_{н.ср} = 0,55 \times 2100 = 1155 = 11,55$ 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,

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

Пример 4. Рассчитать техническую характеристику сверлильного станка для наибольшего диаметра сверления $D_6 = 35$ мм, при сверлении углеродистой стали $\sigma_b = 450 \dots 850$ МПа быстрорежущими сверлами. Определяем наименьший диаметр сверления по формуле (3), мм,

$$D_M = (0,15 \dots 0,3) D_6 = 0,25 \cdot 35 = 9.$$

Находим по формуле (19) наибольшую S_6 и наименьшую S_M подачи на один оборот сверла для самого мягкого обрабатываемого материала при работе наибольшими и наименьшими диаметрами сверла, мм/об,

$$S_6 = C_S D_6^{0,6} = 0,064 \cdot 35^{0,6} = 0,54;$$

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

Определяем наибольшую и наименьшую скорость резания, используя формулу (33), м/мин,

$$V_6 = C_V D_6^z / T_M^m S_M^y (\text{HB})_M^n = 874 \cdot 9^{0,65} / 10^{0,2} \cdot 0,24^{0,7} \cdot 200^{0,9} = 52,9;$$

$$V_M = C_V D_M^z / T_6^m S_6^y (\text{HB})_6^n = 360 \cdot 35^{0,4} / 20^{0,2} \cdot 0,54^{0,5} \cdot 235^{0,9} = 8,25.$$

Значения C_V , y , z , m , n для разных параметров режимов резания приведены в табл. 25.

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

$$n_6 = 1000V_6 / \pi D_M = 1000 \cdot 52,9 / 3,14 \cdot 9 = 1871,9;$$

$$n_M = 1000V_M / \pi D_6 = 1000 \cdot 8,25 / 3,14 \cdot 35 = 75.$$

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

$$R_V = n_6 / n_M = 1871,9 / 75 = 24,9; \quad R_6 = S_6 / S_M = 0,54 / 0,24 = 2,25.$$

По формуле (60) и табл. 32 определяем значения наибольшего крутящего момента при сверлении самого твердого материала, кНм,

$$M_6 = C D_6^z S_6^y (\text{НВ})_6^n = 0,008 \cdot 35^2 \cdot 0,54^{0,8} (235)^{0,7} = 1740.$$

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

$$P_6 = C D_6^z S_6^y (\text{НВ})_6^n = 0,015 \cdot 35^1 \cdot 0,54^{0,7} (235)^{0,7} = 20,4.$$

По величине P_6 рассчитывается на прочность механизм подач сверлильных станков. Определяем максимальную мощность, потребную на резание по формуле (68), кВт,

$$N_9 = M_6 V_M / 30,6 D_6 = 1740 \cdot 8,25 / 30,6 \cdot 35 = 13,4.$$

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

$$N_d = N_9 / \kappa \eta = 13,4 / 1,2 \cdot 0,8 = 13,9 \text{ кВт.}$$

$$\text{С учетом привода подач имеем: } N_{\text{ст}} = N_d \cdot 1,05 = 14,5 \text{ кВт.}$$

Пример 5. Рассчитать техническую характеристику горизонтального фрезерного станка со столом, имеющим размеры 300×1250 мм, предназначенного для обработки углеродистой стали разной твердости быстрорежущими фрезами. Используя формулы (4) и (5), определяем наибольший и наименьший диаметры фрез, мм,

$$D_6 = (0,2 \dots 0,3) v = 0,25 \cdot 300 = 75;$$

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

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

$$B_6 = (0,75 \dots 1) D_6 = 1 \cdot 75 = 75;$$

$$B_M = (0,75 \dots 1) D_6 = 1 \cdot 20 = 20.$$

В зависимости от обрабатываемого материала определяем по табл. 4 припуск на обработку, который равен $h = 3$ мм. Подсчитываем наибольшую и наименьшую глубину резания t_6 и t_M при фрезеровании по величине припуска на обработку. Для чистовой обработки примем $t_M = 1$ мм, для черновой обработки $t_6 = 5$ мм.

Выбираем по табл. 13 наибольшую и наименьшую подачу на зуб фрезы из условия шероховатости для самого мягкого материала.

При $t_6 = 5$ мм, $D_6 = 75$ мм будем иметь для $z_\phi = 18$,

$S_{z_6} = 0,08 - 0,05$ мм/зуб, $z_\phi = 8$, $S'_{z_6} = 0,2$ мм/зуб, где z_ϕ - число зубьев фрезы.

При $t_M = 1$ мм, $D_6 = 20$ будем иметь $z_\phi = 5S'_{z_M} = 0,03$ мм/зуб. Определяем по таблицам S''_{z_6} и S''_{z_M} для самого твердого материала.

При $t_6 = 5$ мм, $D_6 = 75$ мм, $z_\phi = 18$ будем иметь $S''_{z_6} = 0,07$ мм/зуб.

При $z_\phi = 8$, $S''_{z_6} = 0,2$ мм/зуб.

При $t_M = 1$ мм, $D_6 = 20$, $z_\phi = 5$; $S''_{z_M} = 0,04$ 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,

$$V_6 = 61,6 \cdot 20^{0,17} / 30^{0,33} \cdot 1^{0,19} \cdot 0,03^{0,28} \cdot 5^{0,1} \cdot 20^{0,08} = 60,1,$$

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

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

$$n_6 = 1000 \cdot 60,1 / 3,14 \cdot 20 = 967; n_M = 1000 \cdot 20,6 / 3,14 \cdot 75 = 87,4.$$

Находим предельные значения подач, мм/мин,

$$S_6 = S_{z_6} z_6 n_M = 0,2 \cdot 18 \cdot 87,4 = 314,$$

$$S_M = S_{z_M} z_M n_6 = 0,03 \cdot 5 \cdot 957 = 143.$$

Определяем по формулам (49) и (50) диапазоны 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,

$$P_6 = 0,68 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 75^1 \cdot 18 / 75^{0,86} = 27,78;$$

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

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

Пример 6. Рассчитать техническую характеристику зубофрезерного станка. Наибольший модуль нарезаемых зубьев $m_6 = 8$ мм. Обрабатываемый материал – сталь разной твердости.

Определяем наименьший нарезаемый модуль по формуле (8), мм,

$$M_M = 0,25 \cdot 8 = 2.$$

По предельным значениям модуля находим диаметры червячных фрез по табл. 2 $D_6 = 125$ мм; $D_M = 55$ мм,

$$t_6 = 1,4 \quad m_6 = 1,4 \cdot 8 = 11,2; \quad t_M = 0,7 \quad m_M = 0,7 \cdot 2 = 1,4.$$

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

$$S_6 = 2,8; \quad S_M = 0,8.$$

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

$$V_6 = (560 / 240^{0,5} \cdot 0,8^{0,85} \cdot 2^{-0,5}) \cdot 1,1 = 68,4;$$

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

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

$$n_6 = 1000V_6 / \pi D_M = 1000 \cdot 68,4 / 3,14 \cdot 55 = 396;$$

$$n_M = 1000V_M / \pi D_6 = 1000 \cdot 8,8 / 3,14 \cdot 125 = 22,4.$$

Диапазоны регулирования привода главного движения и привода подач вычисляются по формулам (49) и (50)

$$R_V = n_6 / n_M = 396 / 22,4 = 17,6; \quad R_S = S_6 / S_M = 2,8 / 0,8 = 3,5.$$

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

$$N_9 = 1,24 S_6^{0,9} m_6^{1,7} / D_M = 1,24 \cdot 2,8^{0,9} \cdot 8^{1,7} / 55 = 1,9.$$

Мощность электродвигателя при использовании формулы (79) запишем, кВт,

$$N_d = N_9 / \kappa \eta = 1,9 / 1,25 \cdot 0,8 = 1,9.$$

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-поковка с $\sigma_b = 390 \dots 880$ 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 $L = 1,8 \quad e = 1,8 \cdot 500 = 900$ мм.

Определяем размеры стола по формулам (9), (10), (11), мм,

$$L_c = (1,2 \dots 1,3) l = 1,25 \cdot 800 = 1000;$$

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

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

Находим наибольшую t_6 и наименьшую t_M глубину резания, используя формулы (12), (13), принимая B_6 за D_6 , тогда $B_M = 0,5 B_6$,

$$t_6 = C_t B_6^{0,33} = 0,8 \cdot 500^{0,33} = 6,2 \text{ мм},$$

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

Выбираем наибольшую S_6 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 $S_6 = 1,4$ мм/дв.х; $S_M = 0,1$ мм/дв.х; $S_M = 0,1$ мм/дв.х. Следовательно, $S_6 = 1,6$ мм/дв.х; $S_M = 0,7$ мм/дв.х.

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

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

Наименьшая скорость резания для самого твердого материала при наибольшей глубине резания и наименьшей подаче, м/мин,

$$V_M = 267 / 180^{0,125} \cdot 6,2^{0,18} \cdot 1,4^{0,35} (235/200)^1 = 76,72.$$

Определяем наибольшую L_6 и наименьшую L_M длину хода ползуна

$$L_M = l_1 + l + l_2,$$

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

$$L_6 = 800 + 75 = 875 \text{ мм};$$

$$L_M = (0,1 \dots 0,25) L_6 = 0,25 \cdot 875 = 218 \text{ мм}.$$

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

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

Наибольшее и наименьшее число двойных ходов, дв.х/мин,

$$n_6 = 1000V_{p6} / L_M (1 + m) = 1000 \cdot 338/218 (1 + 0,75) = 885,9 ,$$

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

$$n_M = 1000V_{pM} / L_6 (1 + m) = 1000 \cdot 76,6 / 875 (1 + 0,75) = 50.$$

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

$$R_V = n_6 / n_M = 885,9 / 50 = 17,1;$$

$$R_S = S_6 / S_M = 1,4 / 0,1 = 14.$$

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

$$P'_{z6} = C_1 t_6^{x1} S_6^{y1} (HB)^{n1} = 0,279 \cdot 6,2^1 \cdot 1,4^{0,75} (155)^{0,35} = 12,8.$$

Зная величины V'_M и P'_{z6} , определим по формуле (67) максимальную мощность, потребную на резание при обработке наиболее мягкого материала при наибольшем сечении стружки

$$N_d = P'_{z6} V'_M / 61,2 = 12,8 \cdot 116/61,2 = 24,2 \text{ кВт.}$$

Тогда мощность электродвигателя по формуле (79) будет равна

$$N_d = N_3 / \kappa \eta = 24,2 / 1,25 \cdot 0,85 = 22,7 \text{ кВт.}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Соответствие номера стола фрезерного
станка с размерами его рабочей поверхности

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

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

Таблица 2

Предельные значения диаметров червячных фрез

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

Таблица 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		

Таблица 4

Значения припусков при фрезеровании стали

Материал заготовки	Ширина фрезерования B , мм	Припуск на обработку h , мм
Сталь 45ХН, $\sigma_B = 650$ МПа	50	4
Сталь 60, НВ 225	60	5
Сталь 35Х, $\sigma_B = 950$ МПа	80	12
Сталь 15Х, $\sigma_B = 400$ МПа	100	4
Сталь 40ХС, НВ 225	120	5
Сталь 40Х, $\sigma_B = 750$ МПа	130	12
Сталь 40ХС, НВ 225	140	3
Сталь 15Г, $\sigma_B = 400$ МПа	175	12
Сталь 45Г, $\sigma_B = 650$ МПа	190	10
Сталь 40ХС, НВ 225	240	8
Сталь 35Х, $\sigma_B = 950$ МПа	225	2
Сталь 40Х, $\sigma_B = 750$ МПа	275	3
Сталь 50, $\sigma_B = 750$ МПа	340	6
Сталь 50, $\sigma_B = 750$ МПа	300	6
Сталь 50, $\sigma_B = 750$ МПа	300	5
Сталь 40ХС, НВ 309	230	4
Сталь 40ХС, НВ 309	200	4
Сталь 20Х13, НВ 126	180	5
Сталь 60, $\sigma_B = 750$ МПа	65	2
Сталь 40ХС, НВ 225	125	8
Сталь 40Х13, НВ 229	150	4
Сталь 15Г, $\sigma_B = 500$ МПа	200	8
Сталь 45ХН, $\sigma_B = 650$ МПа	300	12

Таблица 5

Значение припусков при фрезеровании чугуна и цветных металлов

Материал заготовки	Ширина фрезерования B , мм	Припуски на обработку H , 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 СЧ15-32, НВ 170	210	5
Чугун СЧ15-32, НВ 170	225	5
Чугун СЧ32-52, НВ 190	80	4
Чугун СЧ21-40, НВ 210	100	6
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. ОЦ4-3 НВ 70	100	5
Бронза Бр. А7НВ 90	130	12

Таблица 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

Таблица 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 16×25 до 25×25	0,3 - 0,4	-	-	-	-
Св. 20 до 40	от 16×25 до 25×25	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4	-	-	-
Св. 40 до 60	от 16×25 до 25×40	0,5 - 0,9	0,4 - 0,8	0,3 - 0,7	-	-
Св. 60 до 100	от 16×25 до 25×40	0,6 - 1,2	0,5 - 1	0,5 - 0,9	0,4 - 0,8	-
Св. 100 до 400	от 16×25 до 25×40	0,8 - 1,3	0,7 - 1,2	0,6 - 1,0	0,5 - 0,9	-
Св. 400 до 500	от 20×30 до 40×60	1,1 - 1,4	1,0 - 1,3	0,7 - 1,2	0,6 - 1,2	0,4 - 1,1
Св. 500 до 600	от 20×30 до 40×60	1,2 - 1,5	1,0 - 1,4	0,8 - 1,3	0,6 - 1,3	0,4 - 1,2
Св. 600 до 1000	от 25×40 до 40×60	1,2 - 1,8	1,1 - 1,15	0,9 - 1,4	0,8 - 1,4	0,7 - 1,3
Св. 1000 до 2500	от 30×45 до 40×60	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 16×25 до 25×25	-	-	-	-	-
Св. 20 до 40	от 16×25 до 25×25	0,4 - 0,5	-	-	-	-
Св. 40 до 60	от 16×25 до 25×40	0,6 - 0,9	0,5 - 0,8	0,4 - 0,7	-	-
Св. 60 до 100	от 16×25 до 25×40	0,8 - 1,4	0,7 - 1,2	0,6 - 1,0	0,5 - 0,9	-
Св. 100 до 400	от 16×25 до 25×40	1,0 - 1,5	0,9 - 1,4	0,8 - 1,1	0,6 - 0,9	-
Св. 400 до 500	от 20×30 до 40×60	1,3 - 1,6	1,2 - 1,5	1,0 - 1,3	0,8 - 1,0	0,7 - 0,9
Св. 500 до 600	от 20×30 до 40×60	1,5 - 1,8	1,2 - 1,6	1,0 - 1,4	0,9 - 1,2	0,8 - 1,0
Св. 600 до 1000	от 25×40 до 40×60	1,5 - 2,0	1,3 - 1,8	1,0 - 1,4	1,0 - 1,3	0,9 - 1,2
Св. 1000 до 2500	от 30×45 до 40×60	1,6 - 2,4	1,6 - 2,0	1,4 - 1,8	1,3 - 1,7	1,2 - 1,7

Таблица 8

Поддачи при черновом растачивании на токарных,
револьверных и расточных станках

Резец или оплавка		Сталь			
Диаметр круглого сечения резца или размеры его сечения, мм	Вылет резца, или оправки, мм	При глубине резания t , мм, подача S , мм/об			
		2	3	5	8
10	50	0,08	-	-	-
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	-
40×40	150	-	0,6 - 1,0	0,5 - 0,7	-
	300	-	0,4 - 0,7	0,3 - 0,6	-
60×60	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
75×75	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			-
12	60	0,12 - 0,20	0,12 - 0,18		-
16	80	0,20 - 0,30	0,15 - 0,25	0,10 - 0,18	-
20	100	0,30 - 0,40	0,25 - 0,35	0,12 - 0,25	-
25	125	0,40 - 0,60	0,30 - 0,50	0,25 - 0,35	-
30	150	0,50 - 0,80	0,40 - 0,60	0,25 - 0,45	
40	200	-	0,60 - 0,80	0,30 - 0,60	
40×40	150	-	0,7 - 1,2	0,5 - 0,9	0,4 - 0,5
	300	-	0,6 - 0,9	0,4 - 0,7	0,3 - 0,4
60×60	150	-	1,0 - 1,5	0,8 - 1,2	0,6 - 0,9
	300	-	0,9 - 1,2	0,7 - 0,9	0,5 - 0,7
75×75	300	-	1,1 - 1,6	0,9 - 1,3	0,7 - 1,0
	500	-		0,7 - 1,1	0,6 - 0,8
	800	-	-	0,6 - 0,8	-

П р и м е ч а н и е. Верхние пределы подач рекомендуются для меньшей глубины резания при обработке менее прочных материалов, нижние - для большей глубины резания и более прочных материалов.

Таблица 9

Поддачи при черновом растачивании на карусельных станках

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

Таблица 10

Поддачи для чистовой токарной обработки

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

П р и м е ч а н и я: 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.

Таблица 11

Значение коэффициента C_s

Обрабатываемый материал	σ , МПа	C_s	Обрабатываемый материал	C_s
Конструкционная сталь	900	0,064	Чугун (НВ 170) и цветные материалы	0,125
Конструкционная сталь	900 - 1100	0,050	Чугун НВ 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 $C_s = 0,1$ при сверлении чугуна НВ < 200 и $C_s = 0,07$ для чугуна НВ > 200.

Таблица 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		
Св. 2 до 6	0,08 - 0,18	-		0,06 - 0,12	-	
6 10	0,18 - 0,28		0,8	0,13 - 0,21		0,8
10 15	0,25 - 0,35	0,5 - 0,6	0,9	0,19 - 0,26	0,5 - 0,6	0,9
15 20	0,34 - 0,43	0,6 - 0,7	1,0	0,25 - 0,32	0,6 - 0,7	1,0
20 25	0,39 - 0,47	0,7 - 0,9	1,1	0,29 - 0,35	0,7 - 0,9	1,1
25 30	0,45 - 0,55	0,8 - 1,0	1,2	0,32 - 0,40	0,8 - 1,0	1,2
30 40	0,55 - 0,60	0,9 - 1,2	1,4	0,35 - 0,40	0,9 - 1,2	1,4
40 50	0,60 - 0,65	1,0 - 1,3	1,5	0,40 - 0,45	1,0 - 1,3	1,5
50 60	0,65 - 0,70	1,1 - 1,3	1,7	0,45 - 0,50	1,1 - 1,3	1,7
60 80	-	1,2 - 1,5	2,0	-	1,2 - 1,5	2,0
Чугун серый и ковкий, медные и алюминиевые сплавы						
До 2	0,09 - 0,11		-	0,05 - 0,07		
Св.2 до 6	0,18 - 0,33	-		0,11 - 0,22		
6 10	0,36 - 0,57		2,2	0,22 - 0,34		1,7
10 15	0,52 - 0,70	0,7 - 0,9	2,4	0,31 - 0,42	0,5 - 0,6	1,9
15 20	0,65 - 0,86	0,9 - 1,1	2,6	0,40 - 0,53	0,6 - 0,75	2,0
20 25	0,78 - 0,96	1,0 - 1,2	2,7	0,47 - 0,57	0,7 - 0,8	2,2
25 30	0,90 - 1,05	1,1 - 1,3	3,1	0,54 - 0,66	0,8 - 0,9	2,4
30 40	1,00 - 1,10	1,2 - 1,7	3,3	0,36 - 0,70	0,9 - 1,0	2,6
40 50	1,10 - 1,15	1,6 - 2,0	3,8	0,68 - 0,75	1,0 - 1,2	3,1
50 60	1,15 - 1,20	1,8 - 2,2	4,3	0,72 - 0,80	1,2 - 1,5	3,4
60 80	-	2,0 - 2,4	5,0	-	1,4 - 1,7	3,8

Примечания: 1. Приведенную для сверления подачу применяют при сверлении отверстий 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 уменьшить, 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;

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 зенкерование 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.

Таблица 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 трехсторонние	-	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 незатылованные				
60 мм	0,06 - 0,04	0,06 - 0,04	0,04 - 0,03	0,03 - 0,02
затылованные				
60 мм	0,08 - 0,05	0,08 - 0,05	0,08 - 0,05	0,06 - 0,04

Типы фрез	Величина снимаемого припуска за один проход, мм			
	6 - 8	8 - 10	10 - 15	15 - 30
Дисковые трехсторонние	0,04 - 0,02	0,02 - 0,015	0,03 - 0,015	0,02 - 0,01
Дисковые прорез- ные 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
затылованные				
60 мм	0,04 - 0,03	0,03 - 0,015	0,02 - 0,01	0,01 - 0,007

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.

Таблица 14

Поддачи при фрезеровании торцевыми фрезерными головками

Черновая обработка - подача на зуб фрезы S_z , мм							
Обрабатываемый металл	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 δ_B до 600 МПа	Т5К10 по корке	0,18 -	0,12 -	0,16 -	0,1 -	0,12 -	0,08 -
		0,25	0,18	0,22	0,15	0,16	0,12
	Т5К10 без корки	0,2 -	0,14 -	0,18 -	0,12 -	0,15 -	0,1 -
		0,3	0,2	0,25	0,18	0,22	0,15
	Т5К6 без корки	0,18 -	0,12 -	0,16 -	0,1 -	0,12 -	0,08 -
		0,25	0,18	0,22	0,15	0,16	0,12
Сталь $\delta_B > 600$ МПа	Т5К10 по корки	0,15 -	0,1 -	0,14 -	0,04 -	0,1 -	0,07 -
		0,2	0,15	0,18	0,13	0,14	0,1
	Т5К10 без корки	0,17 -	0,12 -	0,15 -	0,10 -	0,13 -	0,09 -
		0,25	0,17	0,2	0,15	0,18	0,13
	Т5К6 без корки	0,15 -	0,1 -	0,14 -	0,09 -	0,1 -	0,07 -
		0,2	0,15	0,18	0,13	0,15	0,1
Чугун серый	ВК8 по корки	0,25 -	0,17 -	0,2 -	0,13 -	0,17 -	0,1 -
		0,5	0,35	0,4	0,25	0,35	0,2
	ВК8, ВК6 без корки	0,3 -	0,2 -	0,25 -	0,15 -	0,2 -	0,12 -
		0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,25

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 $R_{a,20} \sqrt{S} - S = 0,45 - 0,7$ мм/об; при $1,25 \sqrt{S} - S_0 = 0,3 - 0,35$ мм/об.

Таблица 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
Цилиндрические	Сталь 40Х	0,0125	0,83	0,07	0,64
	Чугун	0,02	0,8	1	0,50
Торцевые $\omega = 2^0$	Сталь 45 прокат	0,022	1,25	1	1
	Сталь 40Х прокат	0,022	1,25	1	1
	Сталь Х4Н прокат	0,017	1,25	1	1
	Сталь 45 улучшенная	0,046	1,25	1	1
	Сталь 35	0,025	1,25	1	1
Торцевые $\omega = 0^0$	Сталь 10, 20 и 20Х	0,032	1,25	1	1
	Сталь 45	0,040	1,25	1	1

Таблица 16

Значение коэффициента C_V и показателей степени
для расчета скорости детали при шлифовании

Вид шлифования	Шлифовальный круг	Значения коэффициентов и показателей степени					
		C_V	ρ	m	x	y	z
Круглое с поперечной подачей на двойной ход	24АСМ17К5	0,27	0,3	0,5	1	1	-
Круглое врезное	24АС17К5	0,95	0,3	0,35	0,7	-	-
Бесцентровое на проход	24АС17К5	15,5	0,3	0,5	1	1	-
Бесцентровое врезное	24АСМ27К5	0,5	0,3	0,5	0,65	-	-
Внутреннее	24АСМ17К5	0,054	0,5	0,6	0,9	0,9	-
Плоское периферией круга	24АСМ27К5	2,5	-	0,7	0,75	1	-
Плоское торцем круга	кольцевой 24АМ35К5	106	-	0,83	1	-	0,9

П р и м е ч а н и е. Материал заготовки – незакаленная сталь; при шлифовании заготовок из закаленных сталей скорость вращения (или перемещения) уменьшают на 5 – 10 %.

Величины подач при зубонарезании

Метод обработки	Подача S , мм, на один оборот или на один двойной ход, мм		
	До 2	До 3	До 4
Зубофрезерование однозаходной червячной фрезой:			
- черновые проходы	0,8 - 1,2	4 - 8	2,7 - 8
- чистовые проходы	0,8 - 1,2	1,2	1,4
Нарезание шлицевых валиков червячной фрезой:			
- черновые проходы	2 - 4	-	-
- чистовые проходы	1,5 - 2,0	-	-
Зубодолбление долбяком 75 мм:			
- черновые проходы	0,31	0,32 - 0,5	0,19 - 0,5
- чистовые проходы	0,31	0,31	0,38

Таблица 18

Подачи при нарезании цилиндрических зубчатых колес из стали 35 и 45 с НВ 156 - 207
однородными червячными фрезами из быстрорежущей стали

Модуль м, мм	Подача на один оборот заготовки S , об/мин								
	для чернового нарезания при мощности зубофрезерного станка, кВт					для чистового нарезания			
	1,5 - 2,8	3 - 4	5 - 9	10 - 14	15 - 22	по сплошному металлу		по предварительно прорезанному зубу	
						При классе частоты			
					4 - 5	6	4 - 5	6	
До 1,5	0,8 - 0,12	1,4 - 1,8	1,6 - 1,8	-		1,0 - 1,2	0,5 - 0,8		
Св. 1,5 до 2,3	1,2 - 1,6	2,4 - 2,8	2,4 - 2,8	2,4 - 2,8	-	1,2 - 1,8	0,8 - 1,0		
Св. 2,5 до 4	1,6 - 2,0	2,6 - 3,0	2,8 - 3,2	2,8 - 3,2					
Св. 4 до 6	1,2 - 1,4	2,2 - 2,6	2,4 - 2,8	2,6 - 3,0	2,6 - 3,0			2,0 - 2,5	0,7 - 0,9
Св. 6 до 8		2,0 - 2,2	2,2 - 2,6	2,4 - 2,8	2,4 - 2,8				
Св. 8 до 12			2,0 - 2,4	2,2 - 2,6		-	-		
Св. 12 до 16	-		1,8 - 2,2	2,0 - 2,4	2,2 - 2,6				
Св. 16 до 22		-	1,5 - 2,0	1,8 - 2,2	1,8 - 2,2			3,0 - 4,0	1,0 - 1,2
Св. 22 до 26			-	1,2 - 1,8	1,5 - 2,0				

П р и м е ч а н и я: 1. При черновой обработке колес из чугуна НВ 170 - 210 подачу увеличивать на 10 %. 2 Для многозаходных червячных фрез подачи уменьшать: при двух заходах - на 25 %, при трех - на 35 %. 3. Для фрез с заточкой по задней грани (острозаточенных) подачи увеличивать на 20 % . 4. При попутном фрезеровании подачи увеличивать на 20 - 25%. 5. При нарезании косозубых колес с углом наклона зуба β значение подач умножить на $\cos \beta$.

Таблица 19

Подачи при нарезании цилиндрических зубчатых колес из стали 35 и 45
с НВ 156 - 207 дисковыми модульными фрезами

Модуль m , мм	Число одно- временно работающих фрез	Подача на один оборот фрезы S , мм	Модуль m , мм	Число одно- временно работающих фрез	Подача на один обо- рот фрезы S , мм
Зубофрезерные и горизонтальные станки			Св 18 до 22	1	1,5 - 2,8
От 2 до 4	1	1,2 - 2,0	Св. 22 до 26	1	1,4 - 2,5
Св. 4 до 6		0,6 - 1,0	Св. 12 до 14	2	1,6 - 2,8
Св. 6 до 12		0,5 - 0,8	Св. 14 до 16		1,4 - 2,5
Зубофрезерные станки			Св. 18 до 22		1,2 - 2,2
Св. 12 до 14	1	2,0 - 3,5	Св. 22 до 26		1,1 - 2,0
Св. 14 до 16	1	1,7 - 3,1			

Таблица 20

Подачи при нарезании цилиндрических зубчатых колес из стали 35 и 45
с НВ 156 - 207 дисковыми долбяками из быстрорежущей стали

Характер обработки	Модуль m , мм	Подача круговая S_k , мм/дв.ход, при мощности зубодолбежного станка, кВт			
		1,0 - 1,5	1,6 - 2,5	2,6 - 5,0	Св. 5,0
Черновая в один проход под последующую чисто- вую обработку долбяком Чистовая по 6-му классу чистоты: по сплошному материалу по предельному обработанному зубу	До 4	0,35 - 0,40	0,40 - 0,45	-	-
	Св. 4 до 6	0,15 - 0,20	0,30 - 0,40	0,40 - 0,50	-
	Св. 6 до 8	-		0,30 - 0,40	0,40 - 0,50
	До 3		0,25 - 0,30	0,25 - 0,30	
	Св. 3 до 8		0,22 - 0,25	0,22 - 0,25	

Таблица 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
Чистовая по сплошному материалу ($\sqrt[2,5]{}$)	14 - 52	1,5 - 3	0,6
	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 %.

Таблица 22

Поправочный коэффициент на подачу, учитывающий механические свойства стали

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

Таблица 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.

Таблица 24

Значение коэффициентов и показателей степени
для определения скорости при токарной обработке

Вид обработки	Условия обработки	Материал режущей части инструмента									
		Быстрорежущая сталь					Твердый сплав				
		C_v	m	x	y	n	C_v	m	x	y	n
Точение и растачивание	С охлаждением										
	$S < 0,25$	96,2	0,125	0,25	0,33	1,75	257	0,125	0,18	0,20	1
	$S > 0,25$	60,8	0,125	0,25	0,66	1,75	294	0,125	0,18	0,20	1
	Без охлаждения										
	$S < 0,25$	52,5	0,1	0,25	0,50	1,75	242	0,125	0,18	0,20	1
	$S > 0,25$	42,0	0,1	0,25	0,66	1,75	267	0,125	0,18	0,35	1
Проверка канавок и отрезка	Без охлаждения	20,3	0,20	-	0,40	1,75	54,2	0,15	-	0,35	1
	С охлаждением	21,8	0,25	-	0,66	1,75	72,8	-	0,35	-	1

Таблица 25

Значение коэффициентов и показателей степени
в формулах скорости при обработке отверстий

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

Таблица 26

Значение коэффициентов и показателей степени
в формулах скорости при фрезеровании

Вид обработки	Материал режущей части инструмента						
	C_v	x	y	z	m	n	q
	Быстрорежущая сталь						
Торцевое фрезерование	64,7	0,1	0,4	0,15	0,2	0,1	0,25
Цилиндрическое фрезерование	61,6	0,19	0,28	0,08	0,33	0,1	0,17
Отрезка и прорезка пазов	53	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,25
	Твердый сплав						
Торцевое фрезерование	332	0,1	0,4	0,2	0,2	1	0,2
Цилиндрическое фрезерование	443	0,38	0,28	-0,05	0,33	0,1	0,17
Отрезка и прорезка пазов	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 27

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

Инструмент	Обрабатываемый материал	Характер нарезания	Модуль, мм	Коэффициенты и показатели степени					T, мм	
				C	y	X	q	μ		
Фрезы червячные модульные: однозаходные	Сталь 45, НВ 207	Черновое	1,5 – 6	312	0,5	0	-	0,33	480	
		Чистовое	7 – 26	350		0,1				
	Чугун серый НВ 170-210	Черновое	1,5 – 3	560	0,85	-0,5			0,5	240
		Чистовое	1,5 - 26	198	0,3	0,15			0,2	960
корректированные	Сталь 45, НВ 207	Черновое	4 - 6	270	0,33	0	-	0,33	400	
			7 - 26	322		0,1				
Острозаточенные (конструкции ВНИИ)	Чугун серый НВ 170-210	Черновое	3 - 6	406	0,5	0	-	0,2	240	
			7 - 12	455		0,1				
Долбяки зуборезные дисковые	Чугун серый НВ 170-210	Чистовое	3 - 12	228	0,3	0,15	-	0,3	400	
			1,5 - 8	49		0,5				0,3
Фрезы червячные для шлицевых валов: с наружным центрированием (без усиков) с внутренним центрированием (с усиками)	Сталь 45, НВ 207	Черновое	-	780	0,5	1,28	0,37	0,4	600	
		Чистовое	-	390						
Фрезы дисковые модульные	Сталь 45, НВ 207	Черновое	-	663	0,5	1,28	0,37	0,4	600	
		Чистовое	-	331						
Фрезы дисковые модульные	Чугун серый НВ 170-210	Черновое	14 - 26	49	0,45	0	-	0,33	480	

Примечания: 1. На табличные значения стойкости T для червячных модульных фрез всех типов вводить поправочный коэффициент K , 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

Таблица 28

Поправочный коэффициент К, учитывающий влияние механических свойств конструкционной 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		
12ХН3; 20Х	156 - 229	0,9
30ХГТ	156 - 207	
18ХНВА; 38ХМ10А	156 - 229	0,8
5ХНМ; ХНМ; 0ХН3М	229 - 285	0,6

Таблица 29

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

Факторы, влияющие на скорость резания	Наименование инструмента	Значения влияющих факторов и величины коэффициента					
			1	2	3		
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 перемещений фрезы	0	1	2	3	3
		Коэффициент К	1,0	1,1	1,2	1,3	-
Точность	Фрезы червячные модульные при обработке стали	Класс точности	С	В	А		
		Коэффициент К	1,0	0,8	-		
Профиль зуба фрезы	Фрезы червячные шлицевые	Профиль зуба и фрезы	С уси-	без уси-			
		Коэффициент К	0,85	1,0			
Шлицы шлицевого вала	Фрезы червячные шлицевые	Число шлицев нарезаемого валика <i>U</i>	4	6	8	10	16 20
		Коэффициент К	0,85	1,0	1,1	1,2	1,4
Положение зубьев нарезаемого колеса	Фрезы червячные модульные и долбяки дисковые	Угол наклона зубьев, град	0	15	30	45	60
		Коэффициент К	0,1	0,9	0,8	0,7	
Количество зубьев нарезаемого колеса	Долбяки дисковые	Число зубьев нарезаемого колеса	12	30	40	80	120
		Коэффициент К	0,95	1,0	1,1	1,2	Два прохода
Проходы	Фрезы червячные модульные	Число проходов	Один проход		первый проход	второй проход	
		Коэффициент К	0,1		1,4		

Таблица 30

Значения поправочного коэффициента К

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

Таблица 31

Скорости резания, допускаемые станками и инструментом, м/мин

Станки	Скорость резания		Перспективы увеличения скорости резания		
	Допускаемая станками	Допускаемая инструментами	Фактическая применяемая в промышленности	Допускаемая станками	Допускаемая инструментами
Токарные	400 - 600	150 - 400 (тв. сплав) 400 - 500 (минерало – керамика)	50 - 150	400 - 600	200 - 50 (тв. сплав) 500 - 600 (минерало – керамика)
Расточные	300 - 500	125 - 200	50 - 85	300 -	200 - 400
Сверлильные	50 - 100	40 - 80 (тв. сплав) 15 - 30 (быстро-режущ. сталь)	30 - 60 15 - 80	500 -	50 - 100 20 - 40
Фрезерные	400 - 500	150 - 300	50 - 150	-	200 - 400
Зубофрезерные	40 - 50	20 - 35	16 - 35	400 - 500 160	20 - 50 (быстро-режущ. сталь) 60 - 150 (тв. сплав и кобальтовая сталь) 50 - 100
Строгальные	50 - 75	50 - 80 (тв. сплав) 20 - 50 (быстро-режущ. сталь)	40 - 60	75	50 - 100
Протяжные:	14	30 - 40	6 - 12		15 - 20
наружные	11	5 - 11	5 - 8	15 - 20	11 - 13
внутренние	35	35 - 50	25 - 35	11 - 13	50
шлифовальные				50	

Таблица 32

Коэффициенты и показатели степеней при расчете сил резания

Вид обработки	Для силы резания или крутящего момента	С т а л и					
		<i>C</i>	<i>X</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>n</i>	<i>w</i>
Точение, растачивание, строгание	P_z	0,279* 0,036*	1,00	0,75	-	0,35	-
	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 резцами	P_z	0,34* 0,044*	1,0	1,0	-	0,35	-
	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, дисковыми 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, растачивание, строгание	P_z	$6,35 \cdot 10^{-2}$ * $5,34 \cdot 10^{-2}$ **	1,0	0,75	-	0,55	-
	P_y	$1,3 \cdot 10^{-3}$ * $4,5 \cdot 10^{-3}$ **	0,9	0,75	-	1,3	-
	P_x	$1,6 \cdot 10^{-3}$ * $3,1 \cdot 10^{-4}$ **	1,20	0,75	-	1,10	-
Отрезка и прорезка резцами	P_z	$8,82 \cdot 10^{-2}$	1,0	1,0	-	0,55	-
	P_y	$1,2 \cdot 10^{-3}$	1,2	0,75	-	1,3	-
Сверление	P_x	$2,6 \cdot 10^{-2}$	-	0,8	2,0	0,6	-
	M	$1,0 \cdot 10^{-2}$	-	1,0	2,4	0,6	-
Рассверливание	P_x	$9,2 \cdot 10^{-3}$	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, дисковыми и отрезными фрезами	P	$7,0 \cdot 10^{-1}$	1,14	0,70	0,90	1,14	-
Фрезерование фасонными и угловыми фрезами	P	$3,9 \cdot 10^{-1}$	0,83	0,65	1,00	0,83	-

П р и м е ч а н и е. * при HB < 170

** при HB > 170

Таблица 33

Значения коэффициентов и показателей степени для определения мощности при шлифовании

Вид шлифования	Шлифовальный круг	C_n	x	y	z	q	S
Круглое наружное с поперечной подачей на двойной ход стола	24АСМ17К5	1,4	0,75	0,7	0,85	-	-
Круглое наружное врезное	24АС17К5	0,14	0,8	-	0,8	1,0	0,2
Внутреннее с поперечной подачей	24АСМ17К5	0,36	0,35	0,4	0,4	-	0,3
Бесцентровое на проход	24АС17К5	0,35	0,6	0,5	0,6	-	0,5
Плоское периферией круга на станках с прямоугольным столом	24АСМ27К5	0,71	0,7	0,5	0,5	-	-
Плоское торцом круга на станках с круглым столом	24АМ35К5	5,6	0,3	-	0,26	0,3	-

Рекомендательный библиографический список

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. – 346 с.
4. *Косилова А.Г., Мещеряков Р.К.* Справочник технолога машиностроителя. – М.: Машиностроение, 1972. - 568 с.
5. Металлорежущие станки /Под ред. *В.К. Тепинкичевой.* – М.: Машиностроение, 1973. - 472 с.
6. *Нефедов Н.А., Осипов К.А.* Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1976. - 286 с.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: В 2 ч. – М.: Машиностроение, 1973. – Ч. 1. – 416 с.; Ч. 2. – 260 с.
8. *Рабинович А.Н., Смиленский В.И., Милевский Э.Б.* Коробки скоростей металлорежущих станков. – Львов, 1968. - 376 с.
9. Обработка металлов резанием: Справ. технолога /Под ред. *А.А. Панова.* – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
10. Справочник технолога /Под ред. *Г.А. Монахова.* – М.: Машиностроение, 1974. – 468 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 /Под ред. *А.Н Малова.* – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
12. Точность обработки заготовки и припуск в машиностроении: Справ. 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. *Металлорежущие станки и автоматы /Под ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1981. - 479 с.*
16. *Методические указания к курсовому и дипломному проектированию «Расчет и конструирование передачи винт-гайка качения» / Владим. гос. ун-т; Сост.: Р.А. Тихомиров, Е.Н. Петухов, В.В. Николаев. – Владимир, 1997. – 48 с.*
17. *Металлорежущие станки: Метод. указания и контрольные задания для выполнения курсового проекта студентами заочного отделения специальности 120100 /Владим. гос. ун-т; Сост.: Р.А. Тихомиров, В.Н. Жарков. – Владимир, 2003. – 72 с.*

Оглавление

Предисловие.....	3
1. Исходные данные при обосновании технических характеристик приводов.....	4
2. Определение предельных габаритных размеров обрабатываемого изделия или размеров его обрабатываемых поверхностей.....	5
3. Определение рациональных режимов обработки.....	7
3.1. <i>Определение предельных значений припусков (глубины резания) на обработку.....</i>	8
3.2. <i>Определение предельных значений величин подач</i>	10
3.3. <i>Определение предельных скоростей резания.....</i>	14
3.4. <i>Определение предельных значений частот вращений (числа двойных ходов) рабочего органа.....</i>	19
4. Определение силовых параметров процесса резания.....	20
5. Нахождение эффективной мощности привода и мощности электродвигателя.....	23
6. Особенности определения режимов резания для многоинструментальной обработки.....	26
7. Примеры обоснования технических характеристик разных станков.....	29
Приложение.....	42
Рекомендательный библиографический список.....	65

Учебное издание

ТИХОМИРОВ Рудольф Анатольевич
ЖАРКОВ Владимир Николаевич

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПРИВОДОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Учебное пособие к курсовому проектированию
для студентов-заочников

Редактор Е.А. Амирсейидова
Корректор Е.В. Афанасьева
Компьютерная верстка А.Ю. Сергеева
Дизайн обложки

ЛР № 020275. Подписано в печать 21.05.03.
Формат 60×84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,95. Уч.-изд. л. 4,26. Тираж экз.
Заказ .

Редакционно-издательский комплекс
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, Горького, 87.