

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составители
В. С. Люкшин
В. Г. Баштанов

РЕЖИМЫ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензент

Шатько Д. Б. – кандидат технических наук, доцент кафедры ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Владимир Сергеевич Люкшин,

Вячеслав Геннадьевич Баштанов

Режимы процессов формообразования: методические материалы [Электронный ресурс] для обучающихся специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов всех форм обучения / сост. В. С. Люкшин, В. Г. Баштанов; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Методические материалы содержат сведения о назначении режимов резания для различных видов формообразования, порядок выполнения работ, контрольные вопросы, рекомендуемую литературу и самостоятельную работу.

Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплине «Режимы процессов формообразования».

© КузГТУ, 2019

© Люкшин В. С.,
Баштанов В. Г.,
составление, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. Практическая работа №1 «Назначение режима резания при точении».....	3
2. Практическая работа №2 «Назначение режима резания при строгании и долблении».....	28
3. Практическая работа №3 «Назначение режима резания при сверлении и рассверливании».....	42
4. Практическая работа №4 «Назначение режима резания при зенкеровании и развертывании».....	59
5. Практическая работа №5 «Назначение режима резания при фрезеровании».....	73
6. Практическая работа №6 «Назначение режима резания при резьбонарезании».....	81
7. Практическая работа №7 «Назначение режима резания при зубонарезании».....	88
8. Практическая работа №8 «Назначение режима резания при шлифовании».....	123

Практическая работа №1 «Назначение режима резания при точении»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки по назначению режима резания при точении.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Место процедуры назначения режима резания

Разработка технологического процесса изготовления детали включает в себя следующие этапы:

- разбиение процесса обработки по операциям, а операций по переходам;
- выбор оборудования для соответствующих групп операций (переходов);
- выбор режущего инструмента для соответствующих групп операций (переходов);
- выбор станочных приспособлений и средств контроля для соответствующих групп операций (переходов);
- назначение режима резания для всех операций и переходов;
- нормирование времени обработки и т. д.

Таким образом, процедура назначения является одним из этапов разработки техпроцесса. Исходными данными для нее являются результаты выполнения предыдущих процедур. Все этапы разработки техпроцесса взаимосвязаны, причем по результатам проработки текущего этапа может потребоваться коррекция предыдущих.

2.2. Исходные данные для процедуры назначения режима резания

Для назначения режима резания при точении нужны следующие исходные данные:

- обрабатываемая заготовка – материал, размеры, требования к точности и шероховатости поверхности;
- режущий инструмент – тип резца, материал и конструкция режущей части, геометрия инструмента, габариты;
- металлорежущее оборудование – размеры и длины ходов рабочих органов, диапазоны регулирования скоростей движений формообразования, развиваемая мощность и максимальная нагрузка на рабочих органах, класс точности станка;
- тип производства.

2.3. Методы назначения режима резания

Существуют два метода назначения режима резания – табличный и расчетный. В первом элементы режима резания выбираются по минимальному количеству исходных данных непосредственно из справочных таблиц. Этот метод быстрее и менее трудоемок, но менее точен, так как не может учесть особенностей конкретного случая обработки. Его следует использовать в мелкосерийном и единичном производстве, где экономические потери от неточного назначения будут минимальны.

Второй метод является более точным и универсальным, но несколько более трудоемким. В нем по исходным данным по справочнику находится совокупность расчетных данных, по которым уже рассчитываются элементы режима резания. Этот метод следует применять в крупносерийном и массовом производстве; в особенности при оптимизации режима обработки, когда при минимуме затрат требуется получить максимальный экономический эффект. В настоящее время в связи с развитием вычислительной техники второму методу следует отдавать однозначное предпочтение.

3. МЕТОДИКА НАЗНАЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Рациональным (наивыгоднейшим) режимом резания является такой, при котором деталь требуемого качества изготавливают при минимальных затратах средств (с учетом затрат на инструмент). Этот режим соответствует экономическому периоду стойкости инструмента.

При назначении рационального режима резания необходимо учитывать: марку обрабатываемого материала, его физико-механические свойства, состояние поверхности, вид точения, характер обработки (черновое или чистовое точение, непрерывное или прерывистое) и др.

Этапы при назначении режима резания изложены ниже.

3.1. Выбор типа резца, материала и геометрических параметров режущей части, размеров токарных резцов

3.1.1. Выбор материала режущей части резца

Тип токарного резца выбирают в зависимости от вида выполняемой работы.

3.1.2. Выбор материала режущей части резца

На выбор материала режущей части токарных резцов оказывают влияние условия и вид обработки (прерывистое или непрерывное резание, наличие литейной корки, чистовое, черновое резание и др.), а также обрабатываемый материал.

Режущая часть токарных резцов изготавливается из металлокерамических, безвольфрамовых твердых сплавов, реже из быстрорежущей стали, режущей керамики и сверхтвердых материалов.

3.1.3. Определение размеров резца и геометрических параметров режущей части

Размеры резцов определяют в зависимости от их отличительных признаков. Размеры поперечного сечения державки резца берут в зависимости от высоты центров станка, на котором выполняется работа. При высоте центров 150÷160 мм рекомендуется сечение державки $B \times H = 12 \times 20$ мм (где B – ширина, H – высота), при высоте центров 180÷200 мм – от 12×20 до 16×25 мм, при высоте центров 250÷300 мм – от 16×25 до 20×32 мм.

На токарных станках моделей 1А62, 1А62Б, 1А62Г, 1В62Г, 1К62, 16К20 высота центров составляет 200 мм, на станке 1А616 – 160 мм.

Примеры условного обозначения правого резца сечением $B \times H = 16 \times 25$ мм с пластиной из твердого сплава марки Т15К6 или Т5К10:

Резец 2102-0055 Т15К6 ГОСТ 18877–73;

Резец 2102-0055 Т5К10 ГОСТ 18877–73.

В условиях серийного и массового производства применяют резцы с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин и режущей керамики. Применение многогранных твердосплавных неперетачиваемых пластин на резцах обеспечивает:

- сокращение вспомогательного времени на смену и переточку резцов;
- повышение стойкости на 20÷25 % по сравнению с напаянными резцами;
- сокращение затрат на инструмент в 2÷3 раза и потерь вольфрама и кобальта в 4÷4,5 раза;
- упрощение инструментального хозяйства;
- уменьшение расхода абразивов на заточку.

Многогранные пластины различных форм могут быть одно- и двусторонними, с отверстием или без него, иметь плоскую переднюю поверхность, с вышлифованной лункой.

Сверхтвердые инструментальные материалы предназначены для чистовой обработки материалов с высокими скоростями резания (св. 500 м/мин), а также материалов с большой твердостью ($HRC \geq 60$). Наиболее распространенными сверхтвердыми материалами являются материалы на основе КНБ.

Изготавливают также резцы, оснащенные режущими пластинами из композитов, причем режущие элементы могут быть как перетачиваемыми, так и в виде многогранных неперетачиваемых пластин.

В зависимости от материала режущей части резца и условий обработки выбирается форма передней поверхности резца.

Значения задних углов при обработке стальных и чугунных деталей рекомендуется принимать в пределах $6 \div 12^\circ$ (меньшие значения – при черновой обработке, большие – при чистовой).

При обработке мягких сталей рекомендуется принимать значения переднего угла $\gamma = 8 \div 20^\circ$. При обработке твердых сталей (с $\sigma_s \geq 1000$ МПа) и работе с ударом рекомендуется принимать отрицательный угол $\gamma = -(5 \div 10)^\circ$, при обработке чугуна $\gamma \geq 0^\circ$.

При обработке на универсальных станках для угла в плане наиболее распространены значения $\varphi = 0 \div 45^\circ$. Вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 0 \div 45^\circ$, наиболее распространен $\varphi_1 = 12 \div 15^\circ$. У подрезных и отрезных углов $\varphi = 90^\circ$. Резцы для растачивания глухих отверстий имеют главный угол в плане $\varphi \geq 90^\circ$, а для растачивания сквозных отверстий $\varphi = 45 \div 60^\circ$.

Угол наклона главной режущей кромки $\lambda > 0$ рекомендуется при черновой обработке, $\lambda < 0$ – при чистовой обработке. Чаще всего угол λ принимают равным нулю.

3.2. Назначение глубины резания

Глубину резания (t) желательно выбирать равной припуску на обработку для данной операции. В свою очередь, величина припуска зависит от ряда факторов, а именно от размера обрабатываемой поверхности, метода получения заготовки, масштабов производства (числа изготавливаемых деталей) и т. п.

Заготовками могут являться прокат (круглый, квадратный и др.), поковки, штамповки, отливки. Припуск на сторону для штамповок колеблется в пределах $1,5 \div 7$ мм, для поволоков – $2,5 \div 20$ мм, для отливок $3 \div 30$ мм.

Если припуск нельзя снять за один рабочий ход, то число ходов должно быть как можно меньше. Если предусмотрена чистовая обработка, то для ее проведения должна быть оставлена часть припуска.

При чистовой обработке глубина резания зависит от требуемых значений точности и шероховатости обработанной поверхности. При параметре шероховатости поверхности до $Ra = 5$ мкм ($Rz = 20$ мкм) включительно рекомендуется принимать глубину резания равной $0,5 \div 2$ мм, при $Ra \leq 0,2$ мкм ($Rz \leq 0,8$ мкм) – $0,1 \div 0,4$ мм.

При наружном точении глубина резания определяется по формуле:

Глубина резания определяется по следующим формулам

$$\text{при наружном продольном точении} - t = \frac{D - D_1}{2}, \quad (1)$$

$$\text{при поперечном точении} - t = L - l, \quad (2)$$

$$\text{при растачивании} - t = \frac{D_1 - D}{2}, \quad (3)$$

$$\text{при отрезке} - t = B, \quad (4)$$

где D и D_1 – диаметр до и после обработки;

L и l – длина заготовки до и после обработки;

B – ширина главной режущей кромки отрезного резца.

3.3. Назначение подачи

При черновой обработке выбирают максимально возможную подачу исходя из прочности и жесткости технологической системы, мощности привода станка и других ограничивающих факторов.

При чистовой обработке подачу выбирают в зависимости от требуемой точности и шероховатости обработанной поверхности.

Табличные значения рекомендуемых подач приведены в [1, стр. 364, табл. 11] и [1, стр. 366, табл. 14]. После выбора подачи по справочным таблицам ее корректируют по паспортным данным станка (паспортные данные станков приведены в конце приложений). По станку принимается ближайшее к табличному меньшее значение подачи.

3.4. Определение скорости резания

Скорость резания, допускаемую режущими свойствами инструмента, рассчитывают по следующим формулам:

- при наружном продольном и поперечном точении и растачивании

$$V_T = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (5)$$

- при отрезании, прорезании и фасонном точении

$$V_T = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot S^y}, \quad (6)$$

где V_T – теоретическая скорость резания, м/мин;

C_V – коэффициент, зависящий от условий обработки;

T – стойкость инструмента, мин (среднее значение стойкости проходных резцов при одноинструментной обработке – 30÷60 мин.; для резбовых, фасонных резцов – 120 мин);

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/об;

m, x, y – показатели степени;

K_V – общий поправочный коэффициент.

Значения постоянной C_V для данных табличных условий резания и показатели степени x, y, m приведены в [1, стр. 367, табл. 17].

Общий поправочный коэффициент K_V представляет собой произведение отдельных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на скорость резания

$$K_V = K_{\mu V} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{\phi_1 V} \cdot K_{rV} \cdot K_{qV}, \quad (7)$$

где $K_{\mu V}$ – поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала ([1, стр. 358, табл. 1] и [1, стр. 359, табл. 2]);

K_{nV} – поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки ([1, стр. 361, табл. 5]);

K_{uV} – поправочный коэффициент, учитывающий материал режущей части ([1, стр. 361, табл. 6]);

$K_{\phi V}$, $K_{\phi_1 V}$, K_{rV} , K_{qV} – поправочные коэффициенты, учитывающие параметры резца – главный угол в плане, вспомогательный угол в плане, радиус при вершине, размер поперечного сечения державки ([1, стр. 369, табл. 18]), причем, $K_{\phi_1 V}$, K_{rV} , K_{qV} учитывают только при обработке резцами из быстрорежущей стали.

Зная теоретическую скорость резания (V_T), определяют расчетную частоту вращения, мин^{-1}

$$n_T = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D}, \quad (8)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Рассчитанное значение теоретической частоты вращения (n_T) корректируется по паспортным данным станка [2]. По станку принимается ближайшее к n_T меньшее значение числа оборотов шпинделя.

По выбранной частоте вращения шпинделя станка рассчитывают фактическую скорость резания

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (9)$$

Все элементы режима резания (t , S , V) найдены. Далее режим проверяется по прочности элементов технологической системы, мощности оборудования и другим ограничивающим факторам.

3.5. Проверка выбранного режима резания

Выбранный режим резания необходимо проверить по мощности привода шпинделя станка, прочности механизма подачи, прочности державки резца и прочности пластинки твердого сплава.

3.5.1. Проверка по мощности привода шпинделя станка

Эта проверка производится исходя из мощности электродвигателя станка, т. к. может оказаться, что с выбранными основными элементами режима резания вести обработку на данном станке будет невозможно (из-за недостаточной мощности).

Для определения мощности подсчитывается сначала тангенциальная составляющая силы резания (P_z)

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (10)$$

где C_p – коэффициент, учитывающий условия обработки,
 x , y , n – показатели степени,
 K_p – общий поправочный коэффициент.

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (11)$$

где K_{Mp} , $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} – коэффициенты, учитывающие фактические условия резания.

Значения коэффициента C_p и показателей степени x , y , n приведены в [1, стр. 372, табл. 22], а значения поправочных коэффициентов на обрабатываемый материал и геометрические параметры режущей части резцов – соответственно в [1, стр. 362, табл. 9] и [1, стр. 374, табл. 23].

Мощность, затрачиваемая на резание, определяется по следующей формуле

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}. \quad (12)$$

Рассчитанная по этой формуле мощность резания не должна превышать мощности на шпинделе станка ($N_{шп}$), т. е.

$$N_{рез} \leq N_{шп}. \quad (13)$$

Мощность на шпинделе станка:

$$N_{шп} = N_{д} \cdot \eta, \quad (14)$$

где $N_{д}$ – мощность электродвигателя станка,

η – КПД станка.

В случае если мощность электродвигателя недостаточна, следует уменьшить один из элементов режима резания. Возможны следующие варианты:

- уменьшить глубину резания за счет введения дополнительного прохода;
- уменьшить величину подачи;
- уменьшить скорость резания.

В любом случае неизбежно увеличение затрат времени на обработку.

3.5.2. Проверка по прочности механизма подачи станка

Назначенная подача обязательно проверяется по прочности деталей механизма подачи станка.

При продольной подаче осевая сила (P_x) должна быть меньше или, в крайнем случае, равна наибольшей силе, допускаемой прочностью механизма подачи станка (Q), т. е.

$$P_x \leq Q. \quad (15)$$

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (16)$$

Если $P_x > Q$ – необходимо уменьшить величину подачи S .

При поперечной подаче радиальная сила (P_y) должна быть меньше или, в крайнем случае, равна наибольшей силе, допускаемой прочностью механизма подачи станка (Q), т. е.

$$P_y \leq Q. \quad (17)$$

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (18)$$

Если $P_y > Q$ – необходимо уменьшить величину подачи S .

3.5.3. Проверка по прочности державки резца

Условие прочности державки резца выражается следующей формулой:

$$\sigma_{изг} \leq [\sigma_{изг}], \quad (19)$$

где $\sigma_{изг}$ – наибольшее напряжение в теле резца, зависящее от воспринимаемой нагрузки, материала тела резца и размеров поперечного сечения, МПа;

$[\sigma_{изг}]$ – допускаемое напряжение для державки резца, МПа (для стали марок У7, 45 $[\sigma_{изг}] = 200 \div 250$ МПа).

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{W} = \frac{P_z \cdot l_p}{W}, \quad (20)$$

где $M_{изг}$ – изгибающий момент, Н·м;

P_z – сила резания, Н;

l_p – вылет резца из резцедержателя, м;

W – осевой момент сопротивления или момент сопротивления при изгибе, м^3 .

Вылет резца из резцедержателя определяется по следующим формулам:

$$\text{при наружном продольном точении} - l_p \approx (1,2 \div 1,25) \cdot H, \quad (21)$$

$$\text{при подрезании торца} - l_p \approx 0,5 \cdot D + 5, \quad (22)$$

$$\text{при растачивании} - l_p \approx L, \quad (23)$$

где L – длина обработки (см. формулы (29), (30), (31)).

Момент сопротивления при изгибе рассчитывается по следующим формулам:

$$\text{для прямоугольного сечения} W = \frac{B \cdot H^2}{6}, \quad (24)$$

$$\text{для круглого сечения} W = 0,1 \cdot d^3, \quad (25)$$

где d – диаметр сечения державки резца.

3.5.4. Проверка по прочности пластинки твердого сплава

Условие прочности пластинки твердого сплава:

$$P_z \leq [P_z], \quad (26)$$

где $[P_z]$ – сила резания, допускаемая прочностью пластинки твердого сплава.

Если условие прочности не выдерживается, то необходимо увеличить толщину пластинки.

3.5.5. Проверка жесткости обрабатываемой детали

Радиальная составляющая силы резания (P_y) может вызвать продольный изгиб заготовки.

Максимальная нагрузка, допускаемая жесткостью заготовки, определяется по следующей формуле:

$$[P_y] = f \cdot \frac{k \cdot E \cdot I}{l_d^3}, \quad (27)$$

где f – стрела прогиба детали:

при черновом точении – $f = (0,1 \div 0,2)$ мм,

при получистовом – $f = 0,1$ мм,

при точных работах – $(20 \div 25)\%$ от величины поля допуска на размер обрабатываемой поверхности;

k – коэффициент продольной упругости, зависящий от способа установки заготовки:

$k = 3$ – заготовка закреплена в патроне,

$k = 70$ – заготовка закреплена в центрах,

$k = 130$ – заготовка закреплена в патроне с поджатием задним центром;

E – модуль продольной упругости, МПа;

$I = 0,05 \cdot D^4$ – момент инерции поперечного сечения заготовки;

D – диаметр заготовки;

l_d – длина заготовки.

Если условие $P_y \leq [P_y]$ не выполняется, необходимо изменить схему закрепления заготовки, уменьшить глубину резания, величину подачи или геометрические параметры инструмента.

3.6. Основное технологическое время

Величина основного технологического времени рассчитывается по следующей формуле:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (28)$$

где i – число проходов.

Длина обработки определяется для каждого конкретного вида технологической операции:

$$\text{для продольной обточки «на проход»} - L = l + y + y_1, \quad (29)$$

$$\text{для продольной обточки «в упор»} - L = l + y, \quad (30)$$

$$\text{для поперечной обточки и отрезки} - L = 0,5 \cdot D + y + y_1, \quad (31)$$

где l – длина обработанной поверхности,
 y – длина врезания,

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \div 2), \quad (32)$$

y_1 – длина перебега (1 ÷ 3 мм).

4. ПРИМЕР НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Исходные данные:

Заготовка – штамповка, сталь 40Х ГОСТ 4543–71,

Предел прочности стали 40Х, $\sigma_g = 1000$ МПа,

Твердость по Бринеллю – 200НВ,

Общий припуск на обработку (на диаметр) $h = 8$ мм,

Диаметр заготовки $D = 95$ мм,

Диаметр детали (после чистовой обработки) $d = 87$ мм,

Длина обрабатываемой поверхности $l = 140$ мм,

Требуемая шероховатость $Ra = 2,5$ мкм,

Станок токарно-винторезный – 1К62.

Задание:

При расчете режима резания необходимо:

- выбрать тип, размеры, материал режущей части и геометрические параметры резца (если не заданы):
- выбрать станок (если не задан);
- рассчитать элементы режима резания;
- провести проверку выбранного режима резания по мощности привода главного движения резания, прочности механизма подачи станка, прочности державки резца;

- произвести расчет времени, необходимого для выполнения операции.

Расчет режима резания.

1. Выбор токарного резца.

1.1. Выбор типа резца.

Тип резца выбираем в зависимости от его назначения. В данном примере – проходной отогнутый резец.

1.2. Выбор материала режущей части резца.

Исходя из общего припуска на обработку и требований к шероховатости поверхности обработку проводим в два прохода (черновое и чистовое точение). Выбираем материал пластинки из твердого сплава: для чернового точения – Т5К10, для чистового точения – Т15К6.

1.3. Назначение размеров резца.

Для станка 1К62 с высотой центров 200 мм принимаем размеры сечения державки резца $B \times H = 16 \times 25$ мм. При таких размерах сечения державки длина резца равна 140 мм. Выбираем Резец 2102-0055 ГОСТ 18877–73.

1.4. Назначение геометрических параметров режущей части резца.

В зависимости от материала режущей части резца и условий обработки выбираем одинаковую форму передней поверхности резцов (для чернового и чистового точения): номер Пб – плоская, с отрицательной фаской.

Согласно ГОСТ на токарные резцы, выбираем геометрические параметры резцов: $\gamma_{фаски} = -5^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\alpha_{черн.} = 8^\circ$, $\alpha_{чист.} = 10^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

2. Назначение глубины резания.

Определяем припуск на сторону: $h_{стор} = \frac{8}{2} = 4$ мм.

При чистовом точении глубину резания принимаем $t_2 = 1$ мм.

Тогда глубина резания t_1 при черновом точении равна:

$$t_1 = h_{стор} - t_2 = 4 - 1 = 3 \text{ мм.}$$

3. Назначение подачи.

При черновой обработке диапазон рекомендуемых подач (ΔS_1) выбираем по [1, стр. 366, табл. 14] в зависимости от обрабатываемого материала, диаметра заготовки и глубины резания:

$$\Delta S_{1T} = 0,6 \dots 1,2 \text{ мм/об.}$$

Принимаем $S_{1T} = 1,2$ мм/об.

При чистовой обработке диапазон рекомендуемых подач выбираем по [1, стр. 364, табл. 11] в зависимости от шероховатости поверхности и радиуса при вершине резца, который принимаем равным 1 мм:

$$\Delta S_{2T} = 0,11 \dots 0,16 \text{ мм/об.}$$

Принимаем $S_{2T} = 0,16 \cdot 1,25 = 0,2$ мм/об (т. к. $V > 50$ м/мин).

Выбранные подачи уточняем по паспортным данным станка 1К62 [2, стр. 17, табл. 14]. Назначаем следующие подачи:

$$\begin{aligned} S_1 &= 1,14 \text{ мм/об,} \\ S_2 &= 0,195 \text{ мм/об.} \end{aligned}$$

4. Определение скорости резания.

4.1. Определение теоретической скорости резания.

Теоретическую скорость резания определяем по формуле (5):

$$V_T = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y},$$

где C_V – коэффициент, зависящий от условий обработки, для данного примера по [1, стр. 367, табл. 17]:

для черновой обработки $C_{V1} = 340$,

для чистовой $C_{V2} = 420$;

T – стойкость инструмента,

принимаем $T_1 = T_2 = 60$ мин;

x, y, m – показатели степени,
находим по [1, стр. 367, табл. 17] для черновой и чистовой обработки: для черновой обработки – $x = 0,15, y = 0,45, m = 0,20$,
для чистовой обработки – $x = 0,15, y = 0,20, m = 0,20$;

K_V – общий поправочный коэффициент.

Для резцов с пластиной из твердого сплава коэффициент K_V равен произведению коэффициентов (7):

$$K_V = K_{\mu V} \cdot K_{nV} \cdot K_{uV} \cdot K_{\varphi V},$$

где $K_{\mu V}$ – поправочный коэффициент, учитывающий физико-механические свойства обрабатываемого материала;

По [1, стр. 3358, табл. 1] в случае применения резцов, оснащенных твердыми сплавами:

$$K_{\mu V} = \frac{750}{\sigma_s} = \frac{750}{1000} = 0,75.$$

K_{nV} – поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

По [1, стр. 361, табл. 5] – при черновой обработке поковок $K_{nV} = 0,8$, при чистовой обработке – $K_{nV} = 1$;

K_{uV} – поправочный коэффициент, учитывающий материал режущей части;

По [1, стр. 361, табл. 6] – для Т5К10 – $K_{uV} = 0,65$,

для Т15К6 – $K_{uV} = 1$;

$K_{\varphi V}$ – поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца;

По [1, стр. 369, табл. 18] – для $\varphi = 45^\circ$ – $K_{\varphi V} = 1,0$.

Общий поправочный коэффициент равен:

для черновой обработки – $K_V = 0,75 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,39$;

для чистовой обработки – $K_V = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,75$.

Скорость резания:

при черновой обработке:

$$V_1 = \frac{340 \cdot 0,39}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 1,14^{0,45}} = \frac{340 \cdot 0,39}{2,268 \cdot 1,179 \cdot 1,061} = 46,74 \text{ м/мин};$$

при чистовой обработке:

$$V_2 = \frac{420 \cdot 0,75}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,195^{0,2}} = \frac{420 \cdot 0,75}{2,268 \cdot 1 \cdot 0,721} = 192,63 \text{ м/мин.}$$

4.2. Определение теоретической частоты вращения шпинделя.

Используя формулу (8) по теоретической скорости резания определяем частоту вращения шпинделя:

$$\text{при черновой обработке} - n_{1T} = \frac{1000 \cdot 46,74}{3,14 \cdot 95} = 156,7 \text{ мин}^{-1};$$

$$\text{при чистовой обработке} - n_{2T} = \frac{1000 \cdot 192,63}{3,14 \cdot 89} = 689,3 \text{ мин}^{-1}.$$

4.3. Определение фактической частоты вращения.

Фактическую частоту вращения шпинделя уточняем по паспорту станка [2, стр. 16, табл. 13]. Для черновой обработки выбираем 11 ступень коробки скоростей $n_1 = 125 \text{ мин}^{-1}$, для чистовой обработки выбираем 19 ступень коробки скоростей $n_2 = 630 \text{ мин}^{-1}$.

4.4. Определение фактической скорости резания.

По формуле (9) определяем фактическую скорость резания:

$$\text{при черновой обработке} - V_1 = \frac{3,14 \cdot 95 \cdot 125}{1000} = 37,29 \text{ м/мин};$$

$$\text{при чистовой обработке} - V_2 = \frac{3,14 \cdot 89 \cdot 630}{1000} = 176,06 \text{ м/мин.}$$

5. Проверка выбранного режима резания

Выбранный режим резания проверяем по мощности привода шпинделя станка, прочности механизма подачи, прочности державки резца и по прочности пластинки твердого сплава.

5.1. По мощности привода шпинделя станка.

Мощность, затрачиваемая на резание $N_{рез}$, должна быть меньше или равна мощности на шпинделе $N_{шп}$ (формула (13)):

$$N_{рез} \leq N_{шп}.$$

Мощность на шпинделе станка:

$$N_{шп} = N_{\delta} \cdot \eta = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ кВт.}$$

где N_{δ} – мощность электродвигателя станка (для станка мод. 1К62 $N_{\delta}=10$ кВт);

η – КПД станка (по паспортным данным станка $\eta = 0,8$).

Мощность, затрачиваемая на резание, определяется по формуле (12):

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}.$$

Для определения мощности резания определяем силу резания при черновой обработке используя формулу (10):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p.$$

По [1, стр. 372, табл. 22]:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15.$$

Общий поправочный коэффициент находим по формуле (11):

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}.$$

По [1, стр. 362, табл. 9] – $K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{1000}{750}\right)^{0,75} = 1,24.$

По [1, стр. 374, табл. 23]:

$$K_{\varphi p} = 1,0;$$

$$K_{\gamma p} = 1,0;$$

$$K_{\lambda p} = 1,0.$$

Общий поправочный коэффициент равен:

$$K_p = 1,24 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,24.$$

Сила резания при черновом точении:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^{1,0} \cdot 1,14^{0,75} \cdot 37,29^{-0,15} \cdot 1,24 = 7155 \text{ Н.}$$

Мощность, затрачиваемая на резание:

$$N_{рез} = \frac{7155 \cdot 37,29}{1020 \cdot 60} = 4,36 \text{ кВт,}$$

$$N_{рез} < N_{ин},$$

$$4,36 \text{ кВт} < 8,0 \text{ кВт.}$$

Выбранный режим резания удовлетворяет условию по мощности на шпинделе станка.

5.2. По прочности механизма подачи станка.

При продольной подаче осевая сила (P_x) должна быть меньше или, в крайнем случае, равна наибольшей силе, допускаемой прочностью механизма подачи станка (Q), т. е.

$$P_x \leq Q.$$

По паспортным данным станка 1К62 наибольшее усилие, допускаемое механизмом продольной подачи станка, равно 3600 Н [2, стр. 17, табл. 14].

Осевую силу определяем по формуле (16), а общий поправочный коэффициент по формуле (11):

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}.$$

По [1, стр. 372, табл. 22]:

$$C_p = 339;$$

$$x = 1,0;$$

$$y = 0,5;$$

$$n = -0,4;$$

$$\text{По [1, стр. 362, табл. 9] - } K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,75} = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,75} = 1,24.$$

По [1, стр. 374, табл. 23]:

$$K_{\varphi p} = 1,0;$$

$$K_{\gamma p} = 1,0;$$

$$K_{\lambda p} = 1,0.$$

Общий поправочный коэффициент равен:

$$K_p = 1,24 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,24.$$

Осевая сила при черновом точении:

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 3^{1,0} \cdot 1,14^{0,5} \cdot 37,29^{-0,4} \cdot 1,24 = 3166 \text{ Н},$$

$$P_x < Q,$$

$$3166 \text{ Н} < 3600 \text{ Н}$$

Выбранный режим резания удовлетворяет условию прочности механизма продольной подачи станка.

5.3. По прочности державки резца.

Условие по прочности державки резца:

$$\sigma_{изг} \leq [\sigma_{изг}].$$

Для стали $[\sigma_{изг}] = 200 \div 250$ МПа.

Принимаем $[\sigma_{изг}] = 220$ МПа.

Используя формулы (20), (21), (24) получаем:

$$\sigma_{изг} = \frac{P_z \cdot l_p}{W} = \frac{P_z \cdot 1,2 \cdot H \cdot 6}{B \cdot H^2} = \frac{7155 \cdot 1,2 \cdot 25 \cdot 6}{16 \cdot 25^2} = 129 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{изг} < [\sigma_{изг}],$$

$$129 \text{ МПа} < 220 \text{ МПа}.$$

Выбранный режим резания удовлетворяет условию по прочности державки резца.

6. Основное технологическое время определяем по формуле

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

где L – длина обработки,

i – число проходов.

Длина обработки:

$$L = l + y + y_1,$$

где l – длина обработанной поверхности ($l = 140$ мм),

y – длина врезания,

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \div 2) = 3 \cdot \operatorname{ctg} 45^\circ + 1 = 4 \text{ мм},$$

y_1 – длина перебега ($1 \div 3$ мм). Принимаем $y_1 = 2$ мм.
Длина обработки:

$$L = 140 + 4 + 2 = 146 \text{ мм.}$$

Основное технологическое время при черновой и чистовой обработке:

$$T_{1o} = \frac{L \cdot i}{n_1 \cdot S_1} = \frac{146 \cdot 1}{125 \cdot 1,14} = 1,02 \text{ мин,}$$

$$T_{2o} = \frac{L \cdot i}{n_2 \cdot S_2} = \frac{146 \cdot 1}{630 \cdot 0,195} = 1,19 \text{ мин.}$$

Таким образом, основное технологическое время равно

$$T_o = T_{1o} + T_{2o} = 1,02 + 1,19 = 2,21 \text{ мин.}$$

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Получить у преподавателя вариант задания (приложение).
Назначить режим резания расчетным методом.

6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе выполняется на отдельных листах формата А4, проверяется и подписывается преподавателем. Отчет должен содержать:

- титульный лист с названием работы;
- исходные данные для расчетов;
- расчеты с необходимыми пояснениями.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Частью чего является процедура назначения режима резания?
2. Цель операции точения.
3. Цель операции растачивания.
4. Какие исходные данные нужны для процедуры назначения?
5. Расчетный метод назначения режима резания.
6. Что такое коррекция величины подачи?
7. Как проверяется режим резания?

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., испр. – Москва : Машиностроение–1, 2003 г. 944 с.
2. Горбач, А. В. Паспортные данные металлорежущих станков [Текст] : справочное пособие при назначении режимов резания на металлорежущих станках / А. В. Горбач; Вост.-Сиб. технолог. ин-т, Каф. Технология машиностроения – Улан-Удэ : Бурятское издательство, 1971. – 112 с.

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Подготовка отчета по работе.
2. Изучение контрольных вопросов и подготовка к защите работы.

Приложение

Варианты заданий

№	Заготовка					Инструмент									
	D мм	D_1 мм	Ма- тер.	σ_B кг/мм ²	НВ Ед	L мм	B мм	H мм	γ	φ	φ_1	r мм	l мм	инс мат	Ста- нок
1	60	55	45	60	-	120	20	25	25	30	10	1	2Н	тс	1К62
2	65	60	СЧ	-	270	200	16	20	5	30	15	2	1Н	тс	1А616
3	110	102	40Х	70	-	50	20	25	10	45	10	3	0,5Н	тс	1А616
4	43	39	40Х	70	-	59	16	20	15	30	10	1,5	2,5Н	тс	1А62
5	298	295	КЧ	-	187	68	30	20	12	45	25	2,2	2Н	тс	165
6	64	60	20	55	-	85	20	25	8	45	20	0,5	2Н	тс	1К62
7	70	65	20	55	-	98	30	30	20	90	25	2	1,2Н	тс	1А616
8	120	110	КЧ	-	190	150	25	40	21	30	10	2	1Н	тс	1К62
9	100	95	КЧ	-	180	135	20	25	16	45	15	2,5	1Н	тс	1А616
10	365	359	40Х	69	-	45	25	40	8	30	15	1,5	2,5Н	тс	165
11	45	38	45	60	-	210	16	20	7	90	25	3	1,5Н	тс	1А62
12	75	70	СЧ	-	265	134	25	30	5	90	25	2,2	2Н	тс	1А62
13	220	216	СЧ	-	260	67	20	25	10	45	10	0,8	0,5Н	тс	1А616
14	100	92	КЧ	-	185	88	20	25	12	45	15	1	1,7Н	тс	1К62
15	44	42	20	55	-	90	30	40	13	90	10	1,2	2Н	тс	163
16	80	71	45	60	-	200	25	40	6	90	15	1,5	2,5Н	тс	165
17	100	97	45	70	-	145	16	20	8	30	15	2,5	1Н	тс	1К62
18	302	296	КЧ	-	169	211	20	30	10	30	20	3	3Н	тс	1А616
19	72	69	40Х	70	-	87	16	25	20	90	5	2,7	2,6Н	тс	1К62
20	40	38	40Х	70	-	70	30	40	11	45	5	1,4	2Н	тс	165

Примечания:

Материал заготовки: цифра – марка стали,

СЧ – серый чугун,

КЧ – ковкий чугун.

Материал инструмента: тс – твердый сплав.

Практическая работа №2 **«Назначение режима резания при строгании и долблении»**

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки по назначению режима резания при строгании и долблении.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Строгание и долбление – это операции, обычно применяемые при обработке горизонтальных и вертикальных плоскостей и пазов различного профиля, а также для получения фасонных поверхностей с прямолинейными образующими.

При назначении режима резания в строгой последовательности выполняются такие действия:

1. Рассматривается чертёж обрабатываемой детали и выясняются требования, предъявляемые к готовому изделию, на основании которых формируются предложения по выбору станка, инструмента, и ориентировочно оценивается характер процесса резания (черновое, получистовое, чистовое).
2. Выбирается станок, с помощью которого можно обрабатывать данную деталь (прил. 1). При выборе станка необходимо учитывать, что строгальные станки делятся на поперечно- и продольно-строгальные. У продольно-строгальных станков движение резания сообщается столу с закрепленной на нём заготовкой, а движение подачи – резцу. У поперечно-строгальных станков наоборот. Долбежные станки отличаются от строгальных тем, что у них возвратно-поступательное движение осуществляется не в горизонтальной, а в вертикальной плоскости и скорости рабочего и холостого хода равны.

Станок выбирается из инженерных и конструктивных соображений, которые включают в себя накопленный опыт по правильному выбору оборудования. В частности, эти соображения основаны на установлении необходимых классов точности станка, его оптимальной мощности и перемещения рабочих

органов, позволяющих обрабатывать деталь заданных габаритов.

Возможен также и другой вариант, который больше распространен на практике – станок задан заранее (например, установлен в цехе и его замена не возможна). В этом случае весь расчет режима резания необходимо проводить, учитывая характеристики выбранного станка и стараясь при этом в возможно большей степени компенсировать негативные последствия выбора оборудования за счет других параметров процесса обработки.

3. Выбирается инструмент. В качестве режущего инструмента при строгании применяют строгальные резцы, а при долблении – долбежные. В силу специфики работы, которая включает в себя ударные нагрузки и возвратно-поступательные движения инструмента или детали, они несколько отличаются от обычных токарных резцов. Применяемые резцы в виду выполняемых работ делятся на проходные, подрезные, отрезные и фасонные. Форма державки резца преимущественно прямоугольная и имеет сечение в 1,25...1,5 раза больше, чем у токарных, что вызвано необходимостью компенсации ударных нагрузок.

Выбор инструмента сопряжен с выбором марки инструментального материала. Для случая строгания и долбления необходимо учитывать, что поскольку работа ведется с ударами, нельзя использовать хрупкие инструментальные материалы (минералокерамику, керметы, трехкарбидные твердые сплавы и пр.). Предпочтение необходимо отдавать быстрорежущим сталям и вязким твердым сплавам.

4. Определяется глубина резания в зависимости от припуска на обработку. Общей тенденцией здесь является стремление взять глубину резания равной величине припуска, что обеспечивает максимальную производительность обработки.

Ограничивающими факторами являются требования к качеству поверхности, мощности станка и прочности инструмента. В зависимости от требований к качеству поверхности резания подразделяется на черновое ($t > 2$ мм), получистовое ($t = (0,5 \div 2)$ мм) и чистовое ($t = (0,1 \div 0,4)$ мм). Мощность станка

и прочность инструмента выбирается на основе инженерных соображений.

При неправильном выборе этих параметров ошибка выявится в ходе проводимых расчетов. В этом случае необходимо вернуться к началу расчета, выбрать новые параметры и расчет повторить.

5. Выбирается подача. Выбор производится в зависимости от ряда исходных данных (прил. 2).
6. Выбранная подача корректируется по станку (прил. 1).
7. Определяется теоретическая скорость резания на основании выбранной глубины резания, подачи и принятой стойкости резца по формуле

$$V_T = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (1)$$

где C_V – коэффициент, зависящий от условий обработки;

T – стойкость инструмента, мин (среднее значение стойкости строгальных и долбежных резцов – 120 мин);

t – глубина резания, мм;

S – подача, мм/дв. ход;

m, x, y – показатели степени;

K_V – общий поправочный коэффициент.

Формула аналогична формуле для расчета скорости резания при точении, включая все коэффициенты и показатели степеней, величины которых для разных случаев обработки приведены в табл. 1.

8. По найденной скорости резания определяется теоретическое число двойных ходов в минуту:

$$K_T = \frac{1000 \cdot V_T}{L \cdot (1 + m)}, \quad (2)$$

где L – длина хода стола (или ползуна), определяемая как сумма длины обрабатываемой поверхности и перебега резца в обе

стороны ($L = l + l_{пер}$). Перебег определяется по прил. 3, в зависимости от длины строгания.

l – длина детали;

$l_{пер}$ – перебег в обе стороны;

m – отношение скорости рабочего хода к скорости холостого хода (прил. 4) (для долбежных станков $m = 1$).

Таблица 1

Значения коэффициентов и показателей степеней
для подсчета скорости резания

Материал режущей части инструмента	Подача, мм/дв. ход	C_V	x	y	m
Твердый сплав	до 0,3	273	0,15	0,2	0,2
	0,3<0,75	227		0,35	
	>0,75	221		0,45	
Быстрорежущая сталь	<0,25	87,5	0,25	0,33	0,125
	>0,25	56		0,66	

9. Найденное теоретическое число двойных ходов корректируется по выбранному станку.
10. Определяется действительная скорость резания с учетом скорректированного числа двойных ходов по формуле

$$V = \frac{K \cdot L \cdot (1 + m)}{1000}. \quad (3)$$

11. Сравнивается действительная и расчетная скорости резания. Расхождение должно быть в пределах 10÷15%. Если расхождения между этими скоростями больше, то необходимо выбрать другой станок.
12. Проводится проверка выбранного режима резания по мощности станка:

$$N_{рез} \leq N_{ст}, \quad (4)$$

где $N_{рез}$ – мощность, затрачиваемая на резание;

N_{cm} – мощности станка.

$$N_{cm} = N_{\partial} \cdot \eta, \quad (5)$$

где N_{∂} – мощность двигателя станка;

η – КПД станка.

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (6)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания.

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{z_p}, \quad (7)$$

где C_{P_z} – коэффициент, зависящий от условий обработки;

x_p, y_p, z_p – показатели степени.

Для обрабатываемой конструкционной стали $\sigma_{\sigma} = 750$ МПа, значение коэффициента C_{P_z} и показателей степеней x_p, y_p, z_p приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты и показатели степеней
для определения тангенциальной составляющей силы резания

Материал режущей части инструмента	C_{P_z}	x_p	y_p	z_p
Твердый сплав	300	1,0	0,75	-0,15
Быстрорежущая сталь	200	1,0	0,75	0

13. При тяжелых условиях работы делается также проверка прочности резца.

Условие прочности державки резца выражается следующей формулой:

$$\sigma_{изг} \leq [\sigma_{изг}], \quad (8)$$

где $\sigma_{изг}$ – наибольшее напряжение в теле резца, зависящее от воспринимаемой нагрузки, материала тела резца и размеров поперечного сечения, МПа;

$[\sigma_{изг}]$ – допускаемое напряжение для державки резца, МПа (для стали марок У7, 45 $[\sigma_{изг}] = 200 \div 250$ МПа).

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{W} = \frac{P_z \cdot l_p}{W}, \quad (9)$$

где $M_{изг}$ – изгибающий момент, Н·м;

P_z – сила резания, Н;

l_p – вылет резца из резцедержателя, м;

W – осевой момент сопротивления или момент сопротивления при изгибе, м³.

Вылет резца из резцедержателя определяется по следующей формуле:

$$l_p \approx (1,2 \div 1,25) \cdot H, \quad (10)$$

где H – высота сечения державки резца.

Момент сопротивления при изгибе рассчитывается по следующим формулам:

$$\text{для прямоугольного сечения } W = \frac{B \cdot H^2}{6}, \quad (11)$$

где B – ширина сечения державки резца.

14. Определяется основное технологическое время:

$$T_o = \frac{B_0 + B_1 + B_2}{K \cdot S}, \quad (12)$$

$$B_1 = t \cdot ctg\varphi, \quad (13)$$

где B_0 – ширина обработанной поверхности;

B_1 – боковое врезание резца;

B_2 – боковой сход резца ($B_2 = (2 \div 3)$ мм);

K и S – скорректированное число двойных ходов и скорректированная подача.

3. ПРИМЕР НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Исходные данные:

Деталь из стали 35 ($\sigma_s = 600$ МПа)

Ширина $B_0 = 100$ мм и длиной $l = 250$ мм.

Необходимо назначить режим резания для операции строгания (припуск $h = 2$ мм и шероховатость $Rz = 20$ мкм).

1. На основании габаритных размеров детали и величины припуска под обработку выбираем поперечно-строгальный станок 7В36, который по нашим соображениям должен выполнить поставленную задачу.
2. Анализируем предстоящий процесс обработки и приходим к выводу, что в качестве инструмента в данном случае можно выбрать строгальный резец. Материал режущей части – быстрорежущая сталь Р6М5, сечение державки резца – 20×30 мм, форма головки резца изогнутая вниз, $\varphi = 45^\circ$, радиус при вершине 1 мм.
3. Для получения $Rz = 20$ мкм необходимо применить получистовую обработку. В этом случае можно взять максимальную глубину резания $t = 2$ мм. Поэтому принимаем $t = h = 2$ мм, т. е. весь припуск снимаем за один проход.
4. Выбираем подачу, имея в виду, что резание относится к разряду получистовой обработки ($t = 2$ мм), а $Rz = 20$ мкм. В этом случае $S = (0,25 \div 0,4)$ мм/дв. ход. Выбираем из этого диапазона $S = 0,3$ мм/дв. ход.
5. Корректируем подачу по паспортным данным станка, т. е. используя данные прил. 1, отыскиваем подачу, наиболее близкую выбранной – $S = 0,4$ мм/дв. ход.
6. На основании выбранной глубины, подачи и данных табл. 1 определяем скорость резания:

$$V_T = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{56 \cdot 1}{120^{0,125} \cdot 2^{0,25} \cdot 0,4^{0,66}} = 47,1 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем число двойных ходов в минуту. Для этого по прил. 4 и 5 находим $l_{неp} = 60$ мм, $m = 0,84$, тогда:

$$K_T = \frac{1000 \cdot V_T}{L \cdot (1 + m)} = \frac{1000 \cdot 47,1}{310 \cdot (1 + 0,84)} = 82,57 \text{ дв. ход./мин.}$$

8. Корректируем число двойных ходов по паспортным данным станка – $K = 85$ дв. ход/мин.

9. Определяем действительную скорость резания:

$$V = \frac{K \cdot L \cdot (1 + m)}{1000} = \frac{85 \cdot 310 \cdot (1 + 0,84)}{1000} = 48,48 \text{ м/мин.}$$

10. Сравниваем действительную и теоретическую скорость резания.

Расхождение составляет 2,9%, что не выходит за рамки 10–15%. Следовательно, станок в плане скоростей выбран правильно.

11. Осуществляем проверку выбранного режима по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{см}$$

$$N_{см} = N_{\partial} \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,65 = 2,93 \text{ кВт.}$$

$$P_z = 10 \cdot C_{p_z} \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{z_p} = 200 \cdot 2^{1,04^{0,75}} \cdot 48,48^0 = 2000 \text{ Н.}$$

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{2000 \cdot 48,48}{1020 \cdot 60} = 1,58 \text{ кВт}$$

Условие проверки по мощности выполняется.

Условие резания не тяжелые – получистовая обработка, поэтому проверку на прочность резца можно не делать.

Определяем основное технологическое время.

$$B_1 = t \cdot ctg\varphi = 2 \cdot ctg45 = 2 \text{ мм.}$$

$$B_2 = 2 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{B_0 + B_1 + B_2}{K \cdot S} = \frac{100 + 2 + 2}{85 \cdot 0,4} = 3,1 \text{ мин.}$$

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Получить у преподавателя вариант задания (прил. 5). Назначить режим резания расчетным методом.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе выполняется на отдельных листах формата А4, проверяется и подписывается преподавателем. Отчет должен содержать:

- титульный лист с названием работы;
- исходные данные для расчетов;
- расчеты с необходимыми пояснениями.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Порядок назначения режима резания при строгании?
2. Какие исходные данные нужны для процедуры назначения?
3. Расчетный метод назначения режима резания.
4. Что такое коррекция величины подачи?
5. Как проверяется режим резания?

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – Москва: Машиностроение–1, 2003. 944 с.
2. Горбач, А. В. Паспортные данные металлорежущих станков [Текст] : справочное пособие при назначении режимов резания

на металлорежущих станках / А. В. Горбач; Вост.-Сиб. Технолог. Ин-т, Каф. Технология машиностроения – Улан-Удэ : Бурятское издательство, 1971. – 112 с.

8. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Подготовка отчета по работе.
2. Изучение контрольных вопросов и подготовка к защите работы.

Паспортные данные строгальных и долбежных станков

Станок долбежный **7М430** – $N_{\partial}=7,5$ кВт; $\eta=0,8$

Наибольшая длина хода ползуна: 320 мм

Наибольшее сечение державки резца – $B \times H=16 \times 25$

Число двойных ходов (дв. ход/мин):

5-11 7,9-22 11-36 19,3-36

Подача (мм/дв. ход):

0,2 0,4 0,6 0,8 1,06 1,2 1,4 1,6 1,8 2,06 2,2 2,4 2,6

Станок поперечно-строгальный **7А33** $N_{\partial}=3$ кВт; $\eta=0,75$

Наибольшая длина хода ползуна: 320 мм

Наибольшее сечение державки резца – $B \times H=16 \times 25$

Число двойных ходов (дв. ход/мин):

41,6 61,2 94,5 106,3

Подача (мм/дв. ход):

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,9 1 1,1 1,2

Станок поперечно-строгальный **7В36** $N_{\partial}=4,5$ кВт; $\eta=0,65$

Наибольшая длина хода ползуна: 700 мм

Наибольшее сечение державки резца – $B \times H=20 \times 30$

Число двойных ходов (дв.ход/мин):

10,6 15 21,2 30 42,5 60 85 118

Подача (мм/дв.ход):

0,2 0,4 0,6 0,8 1 1,2 1,4 1,6 2 2,2 2,4 2,6 2,8 3,06 3,2

Станок долбежный **7А412** – $N_{\partial}=1,6$ кВт; $\eta=0,8$

Наибольшая длина хода ползуна: 100 мм

Наибольшее сечение державки резца – $B \times H=12 \times 20$

Число двойных ходов (дв. ход/мин):

52 67 101 210

Подача (мм/дв. ход):

0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0

Приложение 2

Диапазоны рекомендуемых подач

Поперечно-строгальные станки					
Черновая обработка плоскостей					
Обрабатываемый материал	Сечение державки	Глубина резания t , мм			
		<3	[3–5]	>5	
		Подача S , мм/дв. ход			
Сталь	16×25	1,0–1,2	0,5–0,7	0,3–0,4	
	20×30	1,3–1,6	1,2–1,3	0,5–0,7	
	25×40	1,7–2,0	1,2–1,6	0,9–1,2	
Чугун и медные сплавы	16×25	1,2–1,4	0,9–1,2	0,6–1,0	
	20×30	1,6–1,8	1,3–1,6	1,0–1,4	
	25×40	1,7–2,0	1,7–2,0	1,3–1,6	
Чистовая обработка плоскостей					
Класс чистоты	Обрабатываемый материал	Радиус или переходная кромка при вершине резца, мм			
		1	2	3	
		Подача S , мм/дв. ход			
4	Сталь, чугун и медные сплавы	0,7–0,8	1,0–1,2		
5	Сталь	0,25–0,4	0,5–0,7	0,7–0,9	
	Чугун и медные сплавы	0,35–0,5	0,6–0,8	0,9–1,0	
Долбежные станки					
Черновая обработка плоскостей					
Обрабатываемый материал	Сечение державки	Глубина резания t , мм			
		<3	[3–5]	>5	
		Подача S , мм/дв. ход.			
Сталь	16×25	1,0–1,2	0,5–0,7	0,3–0,4	
	20×30	1,3–1,6	0,8–1,2	0,5–0,7	
	30×45	1,7–2,0	1,2–1,6	0,9–1,2	
Чугун и медные сплавы	16×25	1,2–1,4	0,8–1,2	0,6–1,0	
	20×30	1,6–1,8	1,3–1,6	1,0–1,4	
	30×45	1,7–2,0	1,7–2,0	1,3–1,6	
Чистовая обработка плоскостей					
Класс точности	Обрабатываемый материал	φ_1	Радиус при вершине резца, мм		
			1	2	3
			Подача S , мм/дв. ход		
4	Сталь и чугун	3–4	0,9–1,0	1,2–1,5	
		5–10	0,7–0,8	1,0–1,2	
5	Сталь	2,3	0,25–0,4	0,5–0,7	0,7–0,9
	Чугун		0,35–0,5	0,6–0,8	0,9–1,0

Приложение 3

Перебег стола

Продольно-строгальные станки		Поперечно-строгальные станки	
Длина строгания, мм, до	Перебег стола в обе стороны, мм	Длина строгания, мм, до	Перебег резца в обе стороны, мм
2000	200	100	35
4000	325	200	50
6000	375	300	60
10000	475	св. 300	75

Приложение 4

Отношение скоростей рабочего и холостого ходов ползуна

Длина хода ползуна, мм	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
Отношение скоростей рабочего и холостого ходов пол- зуна	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69	0,665	0,64	0,615	0,59

Приложение 5

Строгание, долбление. Варианты заданий

№	Заготовка								Инструмент							
	Операция	Тип обработки	t мм	b мм	l мм	Материал	σ_s МПа	$HВ$ ед	B мм	H мм	γ	φ	φ_1	r мм	$l_{рез}$ мм	Инструментальный материал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	стр	чер	2,2	100	200	20	48	—	16	25	5	30	10	3,1	1,5Н	тс
2	дол	кл4	1	56	200	20	50	—	16	25	7	45	10	3	2Н	тс

Продолжение прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3	стр	чер	3,5	300	510	40Х	65	–	20	30	9	40	15	2	3,2Н	бс
4	стр	чер	4	210	210	СЧ	–	265	16	25	0	40	10	1,5	3Н	тс
5	дол	кл4	1,2	96	220	СЧ	–	270	16	25	2	35	20	2,6	2Н	бс
6	стр	кл5	0,8	145	420	Л63	15	–	20	30	15	35	10	1,2	2,2Н	бс
7	стр	кл4	1,3	88	180	45	70	–	16	25	9	30	20	3	1,8Н	тс
8	стр	кл5	0,7	99	360	40Х	75	–	20	30	10	40	12	3	1,8Н	тс
9	дол	чер	4	47	100	45	65	–	20	30	10	45	12	0,8	3Н	тс
10	дол	кл5	0,5	110	150	СЧ	–	260	16	25	0	30	10	0,6	2Н	бс
11	стр	чер	2	48	190	СЧ	–	260	16	25	1	45	15	2	2Н	тс
12	стр	кл4	1	258	520	20	55	–	20	30	6	30	15	2,2	2,8Н	тс
13	дол	кл5	0,8	179	230	40Х	70	–	20	30	5	50	20	3,1	1,9Н	бс
14	стр	кл4	0,9	63	150	Л63	10	–	16	25	13	40	10	0,5	1,5Н	тс
15	дол	чер	3,1	89	80	СЧ	–	265	30	45	0	45	12	1	1,5Н	бс
16	стр	кл5	0,6	75	300	45	60	–	20	30	9	50	20	1,1	2,2Н	тс
17	дол	чер	3,8	125	190	45	60	–	20	30	10	50	20	2,3	2,5Н	тс
18	дол	чер	2,9	49	200	СЧ	–	270	16	25	2	30	10	2	2Н	тс
19	стр	чер	4,1	120	200	СЧ	–	265	16	25	3	35	15	0,9	3Н	бс
20	стр	чер	2,1	200	390	Л63	12	–	20	30	14	40	12	1	3Н	бс

Примечания:

Операции: СТР – строгание, ДОЛ – долбление

Тип обработки: ЧЕР – черновой, КЛ – чистовой (4,5 класс чистоты)

Материал: цифра – марка стали, СЧ – серый чугун, Л63 – латунь

Материал инструмента: тс – твердый сплав, бс – быстрорежущая сталь

Практическая работа №3 «Назначение режима резания при сверлении и рассверливании»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки по назначению режима резания при сверлении и рассверливании.

2. ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Ознакомиться с методикой назначения режима резания при сверлении и рассверливании, знать особенности расчетного метода.

3. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3.1 Место процедуры назначения режима резания

Разработка технологического процесса изготовления детали включает в себя следующие этапы:

- разбиение процесса обработки по операциям, а операций по переходам;
- выбор оборудования для соответствующих групп операций (переходов);
- выбор режущего инструмента для соответствующих групп операций (переходов);
- выбор станочных приспособлений и средств контроля для соответствующих групп операций (переходов);
- назначение режима резания для всех операций и переходов;
- нормирование времени обработки и т. д.

Таким образом, процедура назначения является одним из этапов разработки техпроцесса. Исходными данными для нее являются результаты выполнения предыдущих процедур. Все этапы разработки техпроцесса взаимосвязаны, причем по результатам

проработки текущего этапа может потребоваться коррекция предыдущих.

3.2 Исходные данные для процедуры назначения режима резания

Операция сверления предназначена для получения цилиндрического отверстия в сплошном материале заготовки, а операция рассверливания – для увеличения диаметра уже существующего отверстия. Для назначения режима резания при сверлении (рассверливании) нужны следующие исходные данные:

- обрабатываемая заготовка – материал, размеры отверстия, требования к точности и шероховатости поверхности отверстия;
- режущий инструмент – тип сверла, материал и конструкция режущей части, геометрия инструмента, размеры рабочей и присоединительной частей;
- металлорежущее оборудование – размеры и длины ходов рабочих органов, диапазоны регулирования скоростей движений формообразования, развиваемая мощность и максимальная нагрузка на рабочих органах, класс точности станка;
- тип производства.

3.3 Методы назначения режима резания

Существуют два метода назначения режима резания – табличный и расчетный. В первом элементы режима резания выбираются по минимальному количеству исходных данных непосредственно из справочных таблиц. Этот метод быстрее и менее трудоемок, но менее точен, так как не может учесть особенностей конкретного случая обработки. Его следует использовать в мелкосерийном и единичном производстве, где экономические потери от неточного назначения будут минимальны.

Второй метод является более точным и универсальным, но несколько более трудоемким. В нем по исходным данным по справочнику находится совокупность расчетных данных, по которым уже рассчитываются элементы режима резания. Этот ме-

тод следует применять в крупносерийном и массовом производстве; в особенности при оптимизации режима обработки, когда при минимуме затрат требуется получить максимальный экономический эффект. В настоящее время в связи с развитием вычислительной техники второму методу следует отдавать однозначное предпочтение.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Назначение режима резания расчетным методом

4.1.1 Глубина резания

Определяется глубина резания t (мм):

$$t = \frac{D - D_1}{2}, \quad (1)$$

где D – диаметр обработанного отверстия, мм;

D_1 – диаметр предварительного отверстия, мм.

4.1.2. Подача

По исходным данным из справочных таблиц находятся расчетные данные:

- табличная подача $S_{\text{таб}}$;
- поправочный коэффициент на глубину отверстия K_{ls} ;
- поправочный коэффициент на жесткость технологической системы $K_{жс}$;
- поправочный коэффициент на материал режущей части инструмента $K_{ис}$;
- поправочный коэффициент на точность отверстия $K_{ос}$.

Определяется теоретическая подача S_m (мм/об):

$$S_m = S_{\text{таб}} \cdot K_{ls} \cdot K_{жс} \cdot K_{ис} \cdot K_{ос}. \quad (2)$$

Подача корректируется, то есть из диапазона подач станка выбирается окончательная подача S , ближайшая по величине к теоретической S_m . Возможны следующие варианты:

- теоретическая подача входит в диапазон – все нормально, можно продолжать расчет;
- теоретическая подача меньше нижней границы диапазона – обработка невозможна, следует выбрать другое оборудование или перейти к рассверливанию в несколько переходов;
- теоретическая подача больше верхней границы диапазона – обработка возможна при пониженной производительности, что допустимо в мелкосерийном производстве, но в массовом производстве следует выбрать другое оборудование.

4.1.3. Скорость главного движения

По исходным данным из справочных таблиц находятся расчетные данные:

- базовый коэффициент C_v ;
- стойкость сверла T (мин);
- показатели q_v, y_v, x_v, m ;
- поправочный коэффициент на глубину отверстия K_{lv} ;
- поправочный коэффициент на материал режущей части инструмента K_{iv} ;
- поправочный коэффициент на материал заготовки K_{mv} ;
- поправочный коэффициент на состояние поверхности заготовки K_{nv} .

Определяется общий поправочный коэффициент K_v :

$$K_v = K_{lv} \cdot K_{iv} \cdot K_{mv} \cdot K_{nv}. \quad (3)$$

Определяется скорость резания V_p (м/мин):

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot S^{y_v} \cdot t^{x_v}} \cdot K_v. \quad (4)$$

Определяется теоретическая частота вращения шпинделя станка n_m (об/мин):

$$n_T = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}. \quad (5)$$

Корректируем частоту аналогично подаче, выбираем окончательную частоту вращения шпинделя n .

Определяется действительная скорость V_d (м/мин):

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (6)$$

Проверяем окончательную частоту, возможны следующие варианты:

- $0,75 \leq \frac{V_d}{V_p} \leq 1,25$ – все нормально, можно продолжать расчет;
- $\frac{V_d}{V_p} \geq 1,25$ – обработка неэффективна, следует выбрать другое оборудование или принудительно уменьшить n (если позволяет диапазон);
- $\frac{V_d}{V_p} \leq 0,75$ – обработка возможна при сниженной производительности, что допустимо в мелкосерийном производстве, но в массовом производстве следует выбрать другое оборудование.

Все элементы режима резания (t , S , n) найдены. Далее режим проверяется по прочности элементов технологической элементов системы, мощности оборудования и другим ограничивающим факторам.

4.1.4. Проверка по мощности резания

По исходным данным из справочных таблиц находятся расчетные данные:

- мощность двигателя привода главного движения станка $N_{\text{дв}}$ (кВт);
- КПД привода станка η ;
- базовый коэффициент C_m ;
- показатели q_m, y_m, x_m ;
- общий поправочный коэффициент K_m .

Определяется крутящий момент на шпинделе M (кг·м):

$$M = C_m \cdot D^{q_m} \cdot t^{x_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_m. \quad (7)$$

Определяется мощность на шпинделе станка $N_{\text{шп}}$ (кВт):

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta. \quad (8)$$

Определяется мощность резания N_p (кВт):

$$N_p = \frac{M \cdot n}{975}. \quad (9)$$

Проводим проверку по мощности резания, возможны следующие варианты:

- $0,75 \leq \frac{N_p}{N_{\text{шп}}} \leq 0,95$ – все нормально, режим резания прошел проверку;
- $\frac{N_p}{N_{\text{шп}}} \leq 0,75$ – режим резания допустим, но станок используется неэффективно, что допустимо в мелкосерийном производстве, но в массовом производстве следует выбрать другое оборудование.
- $\frac{N_p}{N_{\text{шп}}} \geq 0,95$ – режим резания недопустим, следует выбрать другое оборудование или перейти к рассверливанию в несколько переходов.

4.1.5. Проверка по прочности механизма подачи

По исходным данным из справочных таблиц находятся расчетные данные:

- допустимая нагрузка механизма подачи станка Q (кг);
- базовый коэффициент C_{px} ;
- показатели q_x, y_x, x_x ;
- общий поправочный коэффициент K_{px} .

Определяется осевая сила резания P_x (кг):

$$P_x = C_{px} \cdot D^{q_x} \cdot t^{x_x} \cdot S^{y_x} \cdot K_{px}. \quad (10)$$

Проводим проверку по прочности механизма подачи, возможны следующие варианты:

- $P_x < Q$ – все нормально, режим резания прошел проверку;
- $P_x \geq Q$ – режим резания недопустим, следует выбрать другое оборудование или перейти к рассверливанию в несколько переходов.

4.1.6 Основное технологическое время

Определяется основное технологическое время T_{oc} , (мин):

$$T_{oc} = \frac{\Delta_1 + l + \Delta_2}{n \cdot S}, \quad (11)$$

где Δ_1 – величина врезания инструмента (2-3 мм);

Δ_2 – величина перебега инструмента (2-3 мм, для глухого отверстия $\Delta_2=0$).

4.2. Пример назначения режима резания расчетным методом

Исходные данные. Тип производства – мелкосерийное. Тип операции – рассверливание сквозного отверстия в штампованной детали. Заготовка:

- материал – Сталь 20;
- прочность материала $\sigma_{\sigma}=38$ кг/мм²;
- твердость материала HB200;
- диаметр предварительного отверстия $D_1=5$ мм;
- глубина отверстия $l=100$ мм;
- диаметр окончательного отверстия $D=22$ мм;
- точность обработки – обычная (IT14).

Выбран инструмент со следующими параметрами:

- тип инструмента – спиральное сверло (ГОСТ 22736-77);
- диаметр рабочей части $D_{ун}=22$ мм;
- длина рабочей части $l_{ун}=150$ мм;
- материал режущей части – твердый сплав;
- конструкция режущей части – с напайными пластинками.

В качестве оборудования для обработки выбран вертикально-сверлильный станок 2А125 (характеристики станка приведены в приложении). Жесткость технологической системы принята средней. Таблицы для выбора расчетных данных приведены в прил.

Определяем глубину резания:

$$t = \frac{D - D_1}{2} = \frac{22 - 5}{2} = 8,5 \text{ мм.}$$

По табл. 1 выбираем подачу $S_{маб}=0,43$ мм/об.

По табл. 2–5 находим $K_{ls}=0,9$, $K_{жс}=0,75$, $K_{us}=0,6$, $K_{os}=1$.

Определяем теоретическую подачу:

$$\begin{aligned} S_m &= S_{маб} \cdot K_{ls} \cdot K_{жс} \cdot K_{us} \cdot K_{os} = \\ &= 0,43 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 1 = 0,18 \text{ мм/об.} \end{aligned}$$

Корректируем подачу по данным станка, принимаем $S=0,17$ мм/об.

По табл. 11 находим $C_v=16,2$; $q_v=0,4$; $y_v=0,5$; $x_v=0,2$; $m=0,25$. По табл. 6 выбираем стойкость сверла $T=25$ мин. По табл. 7–10 берем $K_{lv}=0,75$; $K_{uv}=0,83$; $K_{nv}=0,8$.

$$K_{mv} = 0,6 \cdot (75 / \sigma_B)^{0,9} = 0,6 \cdot (75 / 38)^{0,9} = 1,11.$$

Определяем общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{lv} \cdot K_{uv} \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} = 0,75 \cdot 0,83 \cdot 1,11 \cdot 0,8 = 0,55.$$

Определяем скорость резания:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot S^{y_v} \cdot t^{x_v}} \cdot K_v = \frac{16,2 \cdot 22^{0,4}}{25^{0,25} \cdot 0,17^{0,5} \cdot 8,5^{0,2}} \cdot 0,55 = 21,7 \text{ м/мин.}$$

Определяем теоретическую частоту вращения шпинделя:

$$n_T = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,7}{3,14 \cdot 22} = 314 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту по данным станка, принимаем $n=272$ об/мин.

Определяем действительную скорость:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 272}{1000} = 18,8 \text{ м/мин.}$$

По табл. 12 находим $C_m=0,0345$; $q_m=1$; $x_m=0,9$; $y_m=0,8$. По табл. 13 определяем:

$$K_m(K_{px}) = (\sigma_B / 75)^{0,75} = (38 / 75)^{0,75} = 0,6.$$

Определяем крутящий момент на шпинделе:

$$M = C_m \cdot D^{q_m} \cdot t^{x_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_m = \\ 0,0345 \cdot 22^1 \cdot 8,5^{0,9} \cdot 0,17^{0,6} \cdot 0,6 = 0,76 \text{ кг·м.}$$

Определяем мощность на шпинделе:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 3,53 \cdot 0,85 = 3 \text{ кВт.}$$

Определяем мощность резания:

$$N_p = \frac{M \cdot n}{975} = \frac{0,76 \cdot 272}{975} = 0,21 \text{ кВт.}$$

Так как $\frac{N_p}{N_{\text{шп}}} = \frac{0,21}{3} = 0,07$; $0,07 \leq 0,75$ – режим резания допу-

стим, но станок используется неэффективно, что допустимо в мелкосерийном производстве, в массовом производстве следует выбрать другое оборудование.

По табл. 12 находим $C_{px}=68$; $x_x=1,2$; $y_x=0,6$; $q_x=0$.

Определяем осевую силу:

$$P_x = C_{px} \cdot D^{q_x} \cdot t^{x_x} \cdot S^{y_x} \cdot K_{px} = 68 \cdot 22^0 \cdot 8,5^{1,2} \cdot 0,17^{0,6} \cdot 0,6 = 184 \text{ кг.}$$

По данным станка $Q = 900$ кг. Следовательно, $P_x < Q$ и режим резания допустим.

Определяем основное технологическое время:

$$T_{\text{ос}} = \frac{\Delta_1 + l + \Delta_2}{n \cdot S} = \frac{2 + 100 + 2}{272 \cdot 0,17} = 2,25 \text{ мин.}$$

Назначение режима резания завершено.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Получить у преподавателя вариант задания. Примеры исходных данных приведены в прил., табл. 14. Станок можно выбрать из прил. по диаметру окончательного отверстия. Назначить режим резания расчетным методом.

6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе выполняется на отдельных листах формата А4, проверяется и подписывается преподавателем. Отчет должен содержать:

- титульный лист с названием работы;
- исходные данные для расчетов;
- расчеты с необходимыми пояснениями.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Частью чего является процедура назначения режима резания?
2. Цель операции сверления.
3. Цель операции рассверливания.
4. Какие исходные данные нужны для процедуры назначения?
5. Расчетный метод назначения режима резания.
6. Что такое коррекция величины подачи (главного движения)?
7. Как проверяется режим резания?

8. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Подготовка отчета по работе.
2. Изучение контрольных вопросов и подготовка к защите работы.

9. ЛИТЕРАТУРА

9.1. Основная литература

1. Коротков, В. А. Процессы формообразования и инструменты [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы» / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. металлорежущих станков и инструментов. – Кемерово, 2011. – 84 с.

9.2. Дополнительная литература

2. Баранчиков, В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под ред. В. И. Баранчикова. – Москва : Машиностроение, 1990. – 339 с.

3. Горбач, А. В. Паспортные данные металлорежущих станков. / А. В. Горбач – Улан-Удэ : Бурятское издательство, 1971. – 112 с.

4. Грановский, Г. И. Резание металлов : учебник / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – Москва : Высшая школа, 1985. – 304 с.

5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания. Ч. 2. Нормативы режимов резания. / Центр. бюро нормативов по труду. – Москва : Экономика, 1990. – 474 с.

6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 496 с.

- Станок 2Б118 – Максимальный диаметр сверления 18 мм. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}=1,7$ кВт.
КПД $\eta=0,85$.
Предел прочности механизма подачи $Q = 550$ кг.
Числа оборотов шпинделя (об/мин): 208; 326; 520; 820; 1280; 2040.
Подачи (мм/об): 0,1; 0,2; 0,3; 0,4.
- Станок 2А125 – Максимальный диаметр сверления 25 мм. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}=3,53$ кВт.
КПД $\eta=0,85$.
Предел прочности механизма подачи $Q=900$ кг.
Числа оборотов шпинделя (об/мин): 97; 140; 195; 272; 395; 545; 680; 960; 1360.
Подачи (мм/об): 0,1; 0,13; 0,17; 0,22; 0,28; 0,36; 0,48; 0,62; 0,81.
- Станок 2А135 – Максимальный диаметр сверления 35 мм. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}=4$ кВт.
КПД $\eta=0,81$.
Предел прочности механизма подачи $Q=1600$ кг.
Числа оборотов (об/мин): 68; 100; 140; 195; 275; 400; 530; 750; 1100.
Подачи (мм/об): 0,12; 0,15; 0,2; 0,26; 0,32; 0,43; 0,57; 0,72; 0,96; 1,22; 1,6.
- Станок 2А150 – Максимальный диаметр сверления 50 мм. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}=9,6$ кВт.
КПД $\eta=0,8$.
Предел прочности механизма подачи $Q=2500$ кг.
Числа оборотов шпинделя (об/мин): 32; 47; 63; 89; 125; 185; 250; 351; 500; 735; 996; 1400.
Подачи (мм/об): 0,12; 0,19; 0,28; 0,4; 0,62; 0,9; 1,17; 1,8; 2,64.

Таблица 1

Подача $S_{таб}$ (мм/об)

D , мм	Материал заготовки				
	Сталь			Чугун	
	НВ<160	НВ160-240	НВ≥240	НВ≤170	НВ>170
≤ 4	0,13	0,1	0,07	0,18	0,12
4–6	0,19	0,15	0,11	0,27	0,18
6–8	0,26	0,2	0,14	0,36	0,24
8–10	0,32	0,25	0,17	0,45	0,31
10–12	0,36	0,28	0,2	0,55	0,35
12–16	0,43	0,33	0,23	0,66	0,41
16–20	0,49	0,38	0,27	0,76	0,47
20–25	0,58	0,43	0,32	0,89	0,54
25–30	0,62	0,48	0,35	0,96	0,6
30–40	0,78	0,58	0,42	1,19	0,71
> 40	0,89	0,66	0,48	1,36	0,81

Таблица 2

Коэффициент K_{ls}

Глубина отверстия l	K_{ls}
≤ $3D$	1
≤ $5D$	0,9
≤ $7D$	0,8
≤ $10D$	0,75

Таблица 3

Коэффициент $K_{жс}$

Жесткость технологической системы	$K_{жс}$
Высокая	1
Средняя	0,75
Малая	0,5

Таблица 4

Коэффициент K_{us}

Материал режущей части инструмента	K_{us}
Быстрорежущая сталь	1
Твердый сплав	0,6

Таблица 5

Коэффициент K_{os}

Точность отверстия	K_{os}
Обычной точности	1
Точное	0,5

Таблица 6

Стойкость T (мин)

Материал заготовки	Материал режущей части инструмента	D , мм					
		≤ 5	5–10	10–20	20–30	30–40	≥ 40
Сталь	Быстрор. сталь	15	25	45	50	70	90
	Твердый сплав	8	15	20	25	35	45
Чугун	Быстрор. сталь	20	35	60	75	105	140
	Твердый сплав	15	25	45	50	70	90

Таблица 7

Коэффициент K_{mv}

Материал заготовки	Материал режущей части инструмента	K_{mv}
Сталь	Быстрорежущая сталь	$0,8 \cdot (75/\sigma_{\text{в}})^{0,9}$
	Твердый сплав	$0,6 \cdot (75/\sigma_{\text{в}})^{0,9}$
Чугун	Быстрорежущая сталь	$(190/\text{НВ})^{1,3}$
	Твердый сплав	$(150/\text{НВ})^{1,3}$

Таблица 8

Коэффициент K_{lv}

Вид обработки	Глубина отверстия l , мм	K_{lv}
Сверление	$\leq 3D$	1
	$\leq 4D$	0,85
	$\leq 5D$	0,75
	$\leq 6D$	0,7
	$> 6D$	0,6
Рассверливание	–	1

Таблица 9

Коэффициент K_{uv}

Материал режущей части инструмента	K_{uv}
Быстрорежущая сталь	1
Твердый сплав	0,83

Таблица 10

Коэффициент K_{nv}

Состояние поверхности заготовки	K_{nv}
Механически обработана	1
Штамповка	0,8
Литье	0,6

Таблица 11

Базовый коэффициент и показатели

Вид операции	Материал заготовки	S , мм/об	C_v	x_v	q_v	y_v	m
Сверление	Сталь	$\leq 0,2$	7	0	0,4	0,7	0,2
		$> 0,2$	9,8				
	СЧ	$\leq 0,3$	14,7		0,25	0,55	
		$> 0,3$	17,1				
	КЧ	$\leq 0,3$	21,8		0,55		
		$> 0,3$	25,3			0,4	
Рас- сверли- вание	Сталь	–	16,2	0,2	0,4	0,5	0,25
	СЧ	–	23,7	0,1	0,25	0,4	
	КЧ	–	34,7				

Таблица 12

Базовые коэффициенты и показатели

Вид операции	Материал заготовки	C_m	q_m	x_m	y_m	C_{px}	q_x	x_x	y_x
Свер- ление	Сталь	0,0345	2	0	0,8	68	1	0	0,7
	СЧ	0,021				42,7	1,2		0,8
	КЧ					43,3	1		
Рас- свер- лива- ние	Сталь	0,0345	1	0,9	0,8	68	0	1,2	0,6
	СЧ	0,085	0,85	0,75		43,3		1	
	КЧ				0,7				

Таблица 13

Коэффициент K_m (K_{px})		
Материал заготовки	Материал режущей части инструмента	K_m (K_{px})
Сталь	–	$(\sigma_B/75)^{0,75}$
Чугун	Быстрорежущая сталь	НВ/170
	Твердый сплав	$(НВ/170)^{0,6}$

Таблица 14

Варианты заданий									
№	D_1 , мм	l , мм	D , мм	Материал	σ_s , кг/мм ²	НВ, ед.	О	Поверхность	Инструмент
1	0	3D	8	20	40	190	о	механ	бс
2	8	4,1D	12	СЧ	–	270	о	штамп	тс
3	10	9D	30	45	70	230	т	механ	бс
4	0	7,4D	10	40Х	70	250	о	штамп	бс
5	0	5,2D	15	КЧ	–	240	т	штамп	тс
6	10	6D	14	СЧ	–	265	о	механ	бс
7	0	8D	45	45	65	220	о	механ	бс
8	0	1,2D	38	40Х	60	255	о	литье	бс
9	0	3D	28	35	55	200	о	механ	тс
10	0	5D	20	КЧ	–	250	т	механ	тс
11	12	8,1D	30	КЧ	–	245	о	механ	бс
12	0	2D	16	20	45	180	о	штамп	бс
13	0	4D	10	20	35	195	т	механ	бс
14	0	3D	40	СЧ	–	260	о	литье	тс
15	0	2,6D	30	КЧ	–	240	о	механ	бс
16	25	4,7D	50	45	70	248	т	литье	бс
17	20	8,4D	26	40Х	65	260	о	механ	бс
18	0	5,5D	25	СЧ	–	275	т	механ	тс
19	0	3,6D	42	СЧ	–	270	о	литье	бс
20	0	2,5D	7	45	60	265	о	механ	бс

Пояснения:

- отверстие сквозное;
- D_1 – диаметр предварительного отверстия для рассверливания, для сверления $D_1=0$;
- материал заготовки – серый чугун (СЧ), ковкий чугун (КЧ) или сталь;
- О – точность отверстия (о – обычной точности, т – точное);
- Поверхность – состояние поверхности заготовки (механ – обработана механически, штамп – штамповка, литье – литая);
- Инструмент – материал режущей части инструмента (бс – быстрорежущая сталь, тс – твердый сплав).

Практическая работа №4 «Назначение режима резания при зенкеровании и развертывании»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является освоение методики назначения режима резания при зенкеровании и развертывании.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Зенкерование и развертывание – это операции, предназначенные для окончательной обработки предварительно изготовленных отверстий.

При назначении режима резания для этих операций последовательно выполняются следующие действия:

1. Изучается чертеж детали и выясняются требования, предъявленные к готовому изделию, на основании которых формируются соображения по выбору станка, инструмента и оценивается характер процесса резания (однократное зенкерование, получистовое и чистовое развертывание).
2. Выбирается инструмент.

В качестве режущего инструмента при зенкеровании применяются зенкеры различных конструкций. Зенкеры применяются для формирования более правильной цилиндрической формы у готовых отверстий (с точностью до 10-11 квалитета) и уменьшения шероховатости обработанных поверхностей (до $Ra = (2,5 \div 20)$ мкм).

В зависимости от вида обработки зенкеры подразделяют на следующие группы:

- цилиндрические зенкеры;
- цилиндрические зенкеры с направляющей цапфой, предназначенные для обработки цилиндрических углублений под головки винтов;
- конические зенкеры для обработки конических углублений под головки винтов, гнезд под клапаны, снятия фасок.

Рабочую часть зенкеров изготавливают из быстрорежущей стали Р9, Р18, Р6М3, Р6М5 твердостью НРС 63-66 ГОСТ 19265-73, или оснащают пластинами из твердого сплава ВК6, ВК8, Т5К10 ГОСТ 3882-74. В зависимости от припуска под обработку различают зенкеры №1 и №2:

- №1 рекомендуются для обработки отверстия под последующее развертывание;
- №2 под окончательную обработку отверстия с полем допуска Н11.

Развертывание представляет собой процесс последующей обработки зенкероанных отверстий. Оно позволяет достичь точности обработки отверстий по 6-9-му квалитетам и снизить их шероховатость до $Ra = (0,32 \div 1,25)$ мкм.

3. Выбираем станок.

Зенкерование и развертывание может быть осуществлено на станках сверлильной, расточной и токарной групп. При выборе станка следует учитывать, что для этих целей, как правило, используют то же самое оборудование, что и для сверления (для сокращения времени на переналадку). Кроме того, следует иметь в виду, что зенкерование и развертывание требуют гораздо меньшей затраты по мощности, чем для сверления. Поэтому выбирать мощные станки здесь не имеет смысла.

Необходимые для назначения режима резания паспортные данные станка выбираются по справочникам (для некоторых наиболее типичных станков эти данные приведены в прил. 1).

4. Определяется глубина резания по формуле

$$t = \frac{D - D_1}{2}, \quad (1)$$

где D_1 и D – диаметр до и после обработки.

Ограничивающим фактором при определении глубины резания при зенкероании является то, что она не должна превышать $0,1 \cdot D_1$, т. к. именно эта зависимость лежит в основе конструирования заборной части зенкера. При развертывании же

глубина резания не должна выходить за пределы интервала (0,15÷1,0) мм.

Если эти требования не выполняются, то общий припуск следует разбить на проходы.

5. Выбирается подача.

Это делается по справочникам в зависимости от заданного диаметра отверстия и материала заготовки (прил. 2). Затем выбранная подача корректируется по паспорту взятого станка (прил. 1).

6. Определяется скорость резания на основании выбранной глубины резания, подачи и принятой скорости инструмента по формуле

$$V_T = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \quad (2)$$

где C_V – коэффициент, учитывающий условия обработки (см. табл. 2, прил. 3);

D – диаметр готового отверстия, мм;

T – стойкость инструмента (для зенкеров обычно принимают $T=60$ мин, для разверток $T=80$ мин (стальная деталь), $T=120$ мин (чугун));

S – подача, мм/об;

t – глубина резания, мм;

q, x, y, m – показатели степеней, определяемых по справочнику (прил. 3);

K_V – общий поправочный коэффициент.

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{lV}, \quad (3)$$

где K_{mV} – коэффициент на обрабатываемый материал (прил. 4 и 5);

K_{uV} – коэффициент на инструментальный материал (прил. 6);

K_{lV} – коэффициент, учитывающий глубину зенкерования и развертывания (в данных расчетах $K_{lV} = 1$).

7. Определяется расчетное число оборотов станка:

$$n_T = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D}. \quad (4)$$

8. Из паспорта станка находится ближайшее по значению число оборотов станка n (прил. 1).

9. Рассчитывается действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (5)$$

10. Выбранный режим резания проверяется по мощности станка:

$$N_{рез} \leq N_{ст}, \quad (6)$$

где $N_{рез}$ – мощность, затрачиваемая на резание;

$N_{ст}$ – мощности станка.

$$N_{ст} = N_{\partial} \cdot \eta, \quad (7)$$

где N_{∂} – мощность двигателя станка;

η – КПД станка.

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad (8)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, $H \cdot m$;

Для зенкерования:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{Mp}, \quad (9)$$

где C_M – коэффициент, учитывающий условия обработки (прил. 7);

D – диаметр готового отверстия, мм;

t – глубина резания, мм;

S – подача, скорректированная по станку, мм/об;

q, x, y – показатели степеней (прил. 7);

K_{Mp} – общий поправочный коэффициент (прил. 8).

При определении $M_{кр}$ для развертывания каждый зуб инструмента рассматривается как расточный резец, тогда формула примет вид:

$$M_{кр} = \frac{C_M \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{200}, \quad (10)$$

где S_z – подача на один зуб инструмента равная $\frac{S}{z}$, где z – число зубьев развертки (от 8 до 32).

11. Определяется основное технологическое время, затрачиваемое на обработку:

$$T_o = \frac{l}{n \cdot S}, \quad (11)$$

где n и S – соответственно скорректированная подача и число оборотов;

l – длина обрабатываемого отверстия, мм.

3. ПРИМЕР НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Исходные данные:

- Заготовка: материал СЧ, $l=50$ мм, твердость НВ 190, диаметр отверстия $D_1=22$ мм.
- Требуется получить отверстие: $D=25$ мм, $Ra=6,3$ мкм, с точностью по 11 качеству.

1. На основании величины припуска под обработку, точности отверстия детали и шероховатости выбираем вид обработки – однократное зенкерование.
2. В качестве режущего инструмента выбираем цилиндрический зенкер из стали Р6М5.
3. Выбираем станок. Исходя из наиболее полной загрузки станка по мощности, берем станок 2Н135 с мощностью двигателя 4 кВт.
4. Определяем глубину резания:

$$t = \frac{D - D_1}{2} = \frac{25 - 22}{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

(проверка: $1,5 < 0,1 \cdot 22$, поэтому на проходы не разбиваем).

5. Определяем подачу (табл. 1, прил. 2).

Диапазон рассмотренных подач лежит в интервале: $(0,9 \div 1,2)$ мм/об, тогда по паспорту станка выбираем значение $S = 0,96$ мм/об.

6. Определяем расчетную скорость резания:

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{IV} = \left(\frac{190}{190}\right)^{1,3} \cdot 1 \cdot 1 = 1,$$

$$V_T = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{105 \cdot 25^{0,4}}{60^{0,4} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,96^{0,45}} \cdot 1 = 70,9 \text{ м/мин.}$$

7. Определяем расчетную величину числа оборотов:

$$n_T = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 70,9}{3,14 \cdot 25} = 902,7 \text{ об/мин.}$$

8. По паспорту станка ближайшее число оборотов $n = 750$ об/мин, тогда действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 750}{1000} = 58,9 \text{ м/мин.}$$

9. Проверка выбранного режима резания по мощности.

$$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{0,6} = 1,$$

$$\begin{aligned} M_{kp} &= 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_{Mp} = \\ &= 10 \cdot 0,196 \cdot 25^{0,85} \cdot 1,5^{0,8} \cdot 0,96^{0,7} \cdot 1 = 40,6 \text{ Н}\cdot\text{м}, \end{aligned}$$

$$N_{рез} = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{40,6 \cdot 750}{9750} = 3,12 \text{ кВт.}$$

$$N_{см} = N_{\partial} \cdot \eta = 4 \cdot 0,85 = 3,4 \text{ кВт.}$$

$$N_{рез} \leq N_{см}$$

Следовательно, режим резания назначен правильно.

10. Определяем основное технологическое время:

$$T_o = \frac{l}{n \cdot S} = \frac{50}{0,96 \cdot 750} = 0,07 \text{ мин.}$$

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Получить у преподавателя вариант задания. Примеры исходных данных приведены в прил. 9. Станок можно выбрать из прил. 1 по диаметру окончательного отверстия. Назначить режим резания расчетным методом.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе выполняется на отдельных листах формата А4, проверяется и подписывается преподавателем. Отчет должен содержать:

- титульный лист с названием работы;
- исходные данные для расчетов;

- расчеты с необходимыми пояснениями.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Частью чего является процедура назначения режима резания?
2. Цель операции зенкерования.
3. Цель операции развертывания.
4. Какие исходные данные нужны для процедуры назначения?
5. Расчетный метод назначения режима резания.
6. Что такое коррекция величины подачи (главного движения)?
7. Как проверяется режим резания?

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Подготовка отчета по работе.
2. Изучение контрольных вопросов и подготовка к защите работы.

8. ЛИТЕРАТУРА

8.1. Основная литература

1. Коротков, В. А. Процессы формообразования и инструменты [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы» / ФГБОУ ВПО «Узбасс. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», каф. металлорежущих станков и инструментов. – Кемерово, 2011. – 84 с.

8.2. Дополнительная литература

2. Баранчиков, В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под ред. В. И. Баранчикова. – Москва : Машиностроение, 1990. – 339 с.

3. Горбач, А. В. Паспортные данные металлорежущих станков. / А. В. Горбач – Улан-Удэ : Бурятское издательство, 1971. – 112 с.

4. Грановский, Г. И. Резание металлов : учебник / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – Москва : Высшая школа, 1985. – 304 с.

5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания. Ч. 2. Нормативы режимов резания. / Центр. бюро нормативов по труду. – Москва : Экономика, 1990. – 474 с.

6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 496 с.

Приложение 1

- Станок 2Б118 – Максимальный диаметр сверления 18 мм. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}=1,7$ кВт.
КПД $\eta=0,85$.
Предел прочности механизма подачи $Q=550$ кг.
Числа оборотов шпинделя (об/мин): 208; 326; 520; 820; 1280; 2040.
Подачи (мм/об): 0,1; 0,2; 0,3; 0,4.
- Станок 2А125 – Максимальный диаметр сверления 25 мм. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}=3,53$ кВт.
КПД $\eta=0,85$.
Предел прочности механизма подачи $Q=900$ кг.
Числа оборотов шпинделя (об/мин): 97; 140; 195; 272; 395; 545; 680; 960; 1360.
Подачи (мм/об): 0,1; 0,13; 0,17; 0,22; 0,28; 0,36; 0,48; 0,62; 0,81.
- Станок 2А135 – Максимальный диаметр сверления 35 мм. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}=4$ кВт.
КПД $\eta=0,81$.
Предел прочности механизма подачи $Q=1600$ кг.
Числа оборотов (об/мин): 68; 100; 140; 195; 275; 400; 530; 750; 1100.
Подачи (мм/об): 0,12; 0,15; 0,2; 0,26; 0,32; 0,43; 0,57; 0,72; 0,96; 1,22; 1,6.
- Станок 2А150 – Максимальный диаметр сверления 50 мм. Мощность двигателя $N_{\text{дв}}=9,6$ кВт.
КПД $\eta=0,8$.
Предел прочности механизма подачи $Q=2500$ кг.
Числа оборотов шпинделя (об/мин): 32; 47; 63; 89; 125; 185; 250; 351; 500; 735; 996; 1400.
Подачи (мм/об): 0,12; 0,19; 0,28; 0,4; 0,62; 0,9; 1,17; 1,8; 2,64.

Поддачи, рекомендуемые
для зенкерования и развертывания, мм/об

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера, мм									
	До 15	Св. 15 дл 20	Св. 20 дл 25	Св. 25 дл 30	Св. 30 дл 35	Св. 35 дл 40	Св. 40 дл 50	Св. 50 дл 60	Св. 60 дл 80	
Сталь	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,9	0,8-1,0	0,9-1,1	0,9-1,2	1,0-1,3	1,1-1,3	1,2-1,5	
Чугун, HB \leq 200	0,7-0,9	0,9-1,1	1,0-1,2	1,1-1,3	1,2-1,5	1,4-1,7	1,6-2,0	1,8-2,2	2,0-2,4	
Чугун, HB $>$ 200	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,1	1,0-1,2	1,2-1,4	1,3-1,5	1,4-1,5	
Обрабатываемый материал	Диаметр развертки, мм									
	До 10	Св. 10 дл 15	Св. 15 дл 20	Св. 20 дл 25	Св. 25 дл 30	Св. 30 дл 35	Св. 35 дл 40	Св. 40 дл 50	Св. 50 дл 60	Св. 60 дл 80
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0
Чугун, HB \leq 200	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3	5,0
Чугун, HB $>$ 200	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8
Примечания:										
<ul style="list-style-type: none"> • При зенкерования глухих отверстий подача не должна превышать (0,3÷0,6) мм/об. • При чистовом зенкерования (9-11 кв.) вводят коэффициент $K_S=0,7$. • При чистовом развертывания в один проход (9-11 кв.; $Ra=3,2-6,3$) вводят коэффициент $K_S=0,8$. • При чистовом развертывания после черного (7 кв.; $Ra=0,4-0,8$) вводят коэффициент $K_S=0,7$. • При развертывания глухих отверстий подача не должна превышать (0,2÷0,5) мм/об. 										

Приложение 3

Значения коэффициента C_V и показателей степени

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал инструмента	C_V	q	x	y	m
Сталь $\sigma_V=750$ МПа	Зенкерование	бс	16,3	0,3	0,2	0,5	0,3
		тс	18,0	0,6	0,2	0,3	0,25
	Развертывание	бс	10,5	0,3	0,2	0,65	0,4
		тс	100,6	0,3	0	0,65	0,4
Серый чугун, HB 190	Зенкерование	бс	18,8	0,2	0,1	0,4	0,125
		тс	105,0	0,4	0,15	0,45	0,4
	Развертывание	бс	15,6	0,2	0,1	0,5	0,3
		тс	109,0	0,2	0	0,5	0,45
Примечание: Материал инструмента : бс – быстрорежущая сталь, тс – твердый сплав.							

Приложение 4

Значения коэффициента K_{mV}

Обрабатываемый материал	Формула
Сталь	$K_{mV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_V} \right)^{n_V}$
Серый чугун	$K_{mV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{n_V}$

Приложение 5

Значения коэффициентов K_r , K_{uV} и показателя степени n_V

Обрабатываемый материал	K_r	Показатель степени n_V	
		Твердый сплав	Быстрорежущая сталь
Сталь $\sigma_V < 750$ МПа	1	1	-0,9
Сталь $\sigma_V \geq 750$ МПа	1,1	1	1,05
Серый чугун	-	1,3	1,3

Приложение 6

Значения коэффициента K_{uV}

Обрабатываемый материал	K_{uV}	
Сталь	0,4	1,0
Серый чугун	0,83	1,0

Приложение 7

Значения коэффициентов и показателей степеней

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал инструмента	Крутящий момент				Осевая сила		
			C_M	q	x	y	C_P	x	y
Сталь $\sigma_V=750$ МПа	Зенкерование	бс	0,09	1,0	0,9	0,8	67	1,2	0,65
Серый чугун, HB 190		бс	0,085	-	0,75	0,8	23,5	1,2	0,4
		тс	0,196	0,85	0,8	0,7	46	1,0	0,4
Сталь $\sigma_V=750$ МПа	Развертывание	бс	200	-	1,0	0,75	-	-	-
Серый чугун, HB 190		тс	300	-	1,0	0,75	-	-	-
		бс	158	-	1,0	1,0	-	-	-
		тс	92	-	1,0	0,75	-	-	-

Приложение 8

Значения коэффициента K_{Mp}

Обрабатываемый материал	Формула	Показатель степени n	
Сталь $\sigma_V \leq 600$ МПа	$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_V}{750} \right)^n$	тс	0,75
Сталь $\sigma_V > 600$ МПа		бс	0,75
Серый чугун	$K_{Mp} = \left(\frac{HB}{190} \right)^n$	тс	0,6
		бс	0,6

Приложение 9

Варианты заданий

№	JT	D_1 мм	D мм	l мм	Материал	σ_V МПа	HB ед	О	Инструмент
1	7	8,5	9,5	10	СЧ	-	180	Г	бс
2	8	19,5	20	20	СЧ	-	190	Г	бс
3	12	25	28	30	ст	720	-	С	тс
4	9	17,5	18	45	ст	750	-	С	тс
5	12	36	40	60	ст	760	-	Г	тс
6	11	10	11	70	СЧ	-	200	С	бс
7	12	55	57	35	СЧ	-	220	С	тс
8	7	60	60,5	25	ст	700	-	С	бс

Продолжение прил. 9

№	<i>JT</i>	<i>D₁</i> мм	<i>D</i> мм	<i>l</i> мм	Материал	σ_V МПа	<i>HV</i> ед	О	Инструмент
9	9	15	16	15	ст	710	-	Г	бс
10	7	10,5	11	40	ст	730	-	С	тс
11	11	30	32	21	СЧ	-	225	Г	бс
12	8	25	25,8	32	СЧ	-	210	С	тс
13	11	74	76	40	ст	770	-	С	бс
14	12	76	79	10	ст	765	-	С	тс
15	7	32	32,25	18	СЧ	-	185	С	бс
16	9	33,9	34	25	ст	735	-	С	бс
17	11	49	52	70	ст	740	-	С	тс
18	8	29,7	30	30	СЧ	-	195	С	бс
19	7	19,8	20	20	СЧ	-	200	Г	тс
20	12	31	35	30	СЧ	-	200	Г	тс

Примечания:

- Материал : СЧ – серый чугун, ст – сталь.
- Отверстие (О) : Г – глухое, С – сквозное.
- Материал инструмента : бс – быстрорежущая сталь, тс – твердый сплав.

Практическая работа № 5 «Назначение режима резания при фрезеровании»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является освоение методики назначения режима резания при фрезеровании на ЭВМ.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Режим резания при фрезеровании назначается следующим образом:

1. Выбирается станок, с помощью которого можно обработать деталь заданной конфигурации и размеров. Иногда эта операция выпадает, так как станок задан.
2. Выбирается инструмент (фреза торцевая, цилиндрическая, дисковая и др.), который наиболее подходит для эффективного выполнения заданной операции и определяется марка инструментального материала.
3. Определяется глубина резания. В целях сокращения технологического времени рекомендуется вести обработку в один проход. При повышенных требованиях к шероховатости детали или большом припуске обработка ведется в два – три прохода (черновые и чистовой).
4. Определяется подача на зуб (S_z). Ее выбор зависит от обрабатываемого материала, материала режущей части, типа фрезы и для отдельных типов фрез – глубины резания (t), ширины фрезерования (B) и диаметра фрезы (D). Рекомендуемая подача на зуб определяется по справочникам.
5. Выбирается стойкость фрезы (T) в зависимости от ее типа, инструментального материала и диаметра.
6. Рассчитывается теоретическая скорость резания по следующей формуле:

$$V_T = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_V, \quad (1)$$

где C_V – коэффициент, учитывающий условия обработки;

D – диаметр фрезы, мм;

T – стойкость фрезы, мин;

t – глубина фрезерования, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерования, мм

z – число зубьев фрезы;

K_V – общий поправочный коэффициент;

q, m, x, y, u, p – показатели степеней.

7. Определяется теоретическая частота вращения шпинделя:

$$n_T = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D}. \quad (2)$$

8. Найденная частота корректируется по паспортным данным выбранного станка (n).

9. Находится действительная скорость резания с учетом коррекции числа оборотов.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}. \quad (3)$$

Сравнивается V_T и V . Если расхождение будет больше 25%, то станок выбран некорректно и следует вернуться в начало расчета.

10. Определяется минутная подача:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n \quad (4)$$

11. Минутная подача корректируется по паспортным данным выбранного станка ($S_{мскор}$).

12. Вычисляется действительная подача на зуб ($S_{z\partial}$):

$$S_{z\partial} = \frac{S_{мскор}}{z \cdot n}. \quad (5)$$

13. Осуществляется проверка выбранного режима по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ст}, \quad (6)$$

где $N_{рез}$ – мощность, затрачиваемая на резание;

$N_{ст}$ – мощности станка.

$$N_{ст} = N_{\delta} \cdot \eta, \quad (7)$$

где N_{δ} – мощность двигателя станка;

η – КПД станка.

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (8)$$

где P_z – окружная сила.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (9)$$

где C_p – коэффициент, учитывающий условия обработки;

K_{MP} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала.

14. Рассчитывается основное технологическое время (T_o):

$$T_o = \frac{L}{S_{мскор}}, \quad (10)$$

где L – длина рабочего хода.

$$L = l + \Delta + y, \quad (11)$$

где l – длина обрабатываемой детали;

Δ – величина врезания;

u – величина перебега.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя вариант задания. Примеры исходных данных приведены в прил.
2. Запустить файл **RRR Frez.exe** на ЭВМ.
3. Нажать кнопку «**Начать расчет режима резания при фрезеровании**»
4. Ввести исходные данные.
 - Выбрать материал заготовки;
 - Ввести параметры обрабатываемой заготовки: длину, ширину и высоту.
5. Выбрать модель станка.
6. Выбрать инструмент. Далее задаются стандартные размеры фрезы из таблицы (диаметр, ширина, число зубьев).
7. Введите глубину, длину, ширину фрезерования и число проходов.
8. Скорректировать частоту вращения по паспортным данным станка.
9. Скорректировать минутную подачу по паспортным данным станка.
10. Распечатать полученный результат.

4. ПРИМЕР НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Исходные данные:

- Заготовка:
 - Материал – Сталь 45;
 - Длина (l) – 200 мм;
 - Ширина (B) – 80 мм;
 - Высота (h) – 40 мм.
- Глубина фрезерования (t) – 5 мм.

Начало расчета:

1. Вводим исходные данные;

2. Выбираем металлорежущие оборудование – горизонтально-фрезерный станок мод. 6М82Г;
3. Выбираем режущий инструмент – торцевая фреза (твердый сплав) ГОСТ 24359-80. Вводим из таблиц параметры фрезы.
4. Корректируем частоту вращения фрезы.
Теоретическое число оборотов – 179,51 об/мин.
Выбираем 160,0 об/мин.
5. Корректируем минутную подачу.
Расчетная минутная подача – 192 мм/мин.
Выбираем 125 мм/мин.
6. Результаты расчета режима резания представлены на рисунке.

Назначение режима резания при фрезеровании

Начать расчет режима резания при фрезеровании Закреть

Параметры заготовки	Паспортные данные станка	Расчетные величины
Материал: Сталь 45	Горизонтально-фрезерный станок 6М82Г	Подача на зуб, мм/зуб: 0,15
Длина, мм: 200	Горизонтально-фрезерный станок 6М82Г	Скорость резания, м/мин: 50,265
Ширина, мм: 80	Рабочая поверхность стола: длина 1250 мм. ширина 320 мм.	Число оборотов шпинделя, об/мин: 179,51
Высота, мм: 40	Мощность двигателя 7 кВт. КПД=0,8.	Минутная подача, мм/мин: 192
Параметры фрезеруемого участка	Инструмент	Скорректированные величины
Длина фрезеруемого участка, мм: 200	Торцевая фреза (твердый сплав) ГО	Число оборотов шпинделя, об/мин: 160
Ширина фрезеруемого участка, мм: 80	Диаметр, мм: 100	Минутная подача, мм/мин: 125
Число проходов по ширине: 1	Длина (ширина), мм: 50	Мощность на шпинделе, кВт: 5,6
Глубина фрезерования, мм: 5	Число зубьев: 8	Мощность на резание, кВт: 5,4639
Основное технологическое время, мин: 1,6		

Запрашивать данные о пользователе Печать результатов расчета Шрифт

Результаты расчета режима резания

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе выполняется на отдельных листах формата А4, проверяется и подписывается преподавателем. Отчет должен содержать:

- титульный лист с названием работы;
- исходные данные для расчетов;

- расчеты с необходимыми пояснениями.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Частью чего является процедура назначения режима резания?
2. Цель операции фрезерования.
3. Какие исходные данные нужны для процедуры назначения?
4. Расчетный метод назначения режима резания.
5. Что такое коррекция величины подачи (главного движения)?
6. Как проверяется режим резания?

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Подготовка отчета по работе.
2. Изучение контрольных вопросов и подготовка к защите работы.

8. ЛИТЕРАТУРА

8.1. Основная литература

1. Коротков, В. А. Процессы формообразования и инструменты [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы» / ФГБОУ ВПО «Кузбасс. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», каф. металлорежущих станков и инструментов. – Кемерово, 2011. – 84 с.

8.2. Дополнительная литература

2. Баранчиков, В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под ред. В. И. Баранчикова. – Москва : Машиностроение, 1990. – 339 с.

3. Горбач, А. В. Паспортные данные металлорежущих станков. / А. В. Горбач – Улан-Удэ : Бурятское издательство, 1971. – 112 с.

4. Грановский, Г. И. Резание металлов : учебник / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – Москва : Высшая школа, 1985. – 304 с.

5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания. Ч. 2. Нормативы режимов резания. / Центр. бюро нормативов по труду. – Москва : Экономика, 1990. – 474 с.

6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 496 с.

Варианты заданий

№	Заготовка			t , мм	Материал	Станок
	L , мм	B , мм	h , мм			
1	720	180	50	12	Чугун	6П80Г
2	640	160	50	13	Сталь 45	6П80Г
3	560	140	50	14	Сталь 40Х	6П80Г
4	480	120	50	15	Чугун	6П80Г
5	400	100	50	16	Сталь 45	6П80Г
6	800	320	45	12	Сталь 40Х	6М82Г
7	720	300	45	13	Чугун	6М82Г
8	640	280	45	14	Сталь 45	6М82Г
9	560	260	45	15	Сталь 40Х	6М82Г
10	480	240	45	16	Чугун	6М82Г
11	640	250	45	12	Сталь 45	6Н81
12	560	225	45	13	Сталь 40Х	6Н81
13	480	200	45	14	Чугун	6Н81
14	400	175	45	15	Сталь 45	6Н81
15	340	150	45	12	Сталь 40Х	6Н81
16	800	320	45	13	Чугун	6Н12ПБ
17	700	260	45	14	Сталь 45	6Н12ПБ
18	600	220	45	15	Сталь 40Х	6Н12ПБ
19	500	180	45	12	Чугун	6Н12ПБ
20	400	120	45	13	Сталь 45	6Н12ПБ
21	600	400	45	14	Сталь 40Х	6М13Г
22	550	340	45	15	Чугун	6М13Г
23	500	280	45	12	Сталь 45	6М13Г
24	450	220	45	13	Сталь 40Х	6М13Г
25	400	180	45	14	Чугун	6М13Г

Практическая работа № 6 «Назначение режима резания при резьбонарезании»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является освоение методики назначения режима резания при резьбонарезании на ЭВМ.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Порядок назначения режима резания расчетным методом:

1. Анализируется чертёж детали, где предполагается изготовить резьбу. Учитываются такие параметры, как характеристика резьбы (левая, правая, одно- или многозаходная, диаметр и длина резьбы), материал детали, точность и шероховатость окончательного отверстия, тип производства и др.
2. С учетом проделанного анализа выбирается металлорежущее оборудование и инструмент.
3. Глубина резания не задается, так как она определяется параметрами самой резьбы – высотой профиля резьбы (H_1).
4. Подача при резьбонарезании также связана с параметрами резьбы (в частности, она равна шагу резьбы P) и осуществляется путем самозатягивания, принудительно или комбинированно.
5. Рассчитываются скорости резания:
 - при нарезании резьбы метчиками:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot P^x} \cdot K_v \quad (1)$$

- при нарезании резьбы резцами и фрезами:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot P^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2)$$

где C_v – коэффициент, учитывающий условия обработки;

T – стойкость инструмента, мин;

D – наружный диаметр резьбы, мм;

S – подача;

K_v – общий поправочный коэффициент;

m, x, y, q – показатели степеней, определяемые по справочнику.

6. Определяется частота вращения детали (только при фрезеровании):

$$n_d = \frac{S_z \cdot Z \cdot n}{\pi \cdot D}, \quad (3)$$

где S_z – подача на зуб, мм/зуб;

Z – число зубьев фрезы;

n – частота вращения инструмента, об/мин;

D – диаметр детали, мм.

7. Выбранный режим резания проверяется по мощности станка:

$$N_{рез} \leq N_{шп}, \quad (4)$$

где $N_{рез}$ – мощность, требуемая на резание, кВт;

$N_{шп}$ – мощность на шпинделе станка, кВт;

$$N_{шп} = N_{дв} \cdot \eta, \quad (5)$$

где $N_{дв}$ – мощность двигателя, кВт;

η – КПД;

• при резбонарезании метчиками и круглыми плашками:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{975 \cdot 10^3}, \quad (6)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м;

$$M_{кр} = C_m \cdot D^{xm} \cdot S^{ym} \cdot K_m, \quad (7)$$

где C_m – коэффициент, учитывающий условия обработки;
 K_m – общий поправочный коэффициент;
 x_m, u_m – показатели степеней, определяемые по справочнику;
 • при резьбонарезании резцами:

$$N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 102}, \quad (8)$$

где P_Z – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot HB^{Z_p}, \quad (9)$$

где C_p – коэффициент, учитывающий условия обработки;
 t – глубина резания, мм;
 S – подача, мм/об;
 HB – твердость обрабатываемого материала по Бринеллю;
 x_p, y_p, Z_p – показатели степеней, определяемые по справочнику;
 • при резьбонарезании фрезами:

$$N_{рез} = C_N \cdot 10^{-5} \cdot D_{\phi}^{0,14} \cdot t^{0,86} \cdot S_Z^{0,72} \cdot B \cdot Z \cdot n, \quad (10)$$

где C_N – коэффициент, учитывающий условия обработки;
 D_{ϕ} – диаметр фрезы, мм;
 t – глубина фрезерования;
 S_Z – подача на зуб фрезы, мм/зуб;
 B – ширина фрезерования, мм;
 Z – число зубьев фрезы;
 n – частота вращения фрезы.

8. Рассчитывается основное технологическое время T_o .

• Резьбовым резцом:

$$T_o = \frac{(l_g + l_1 + l_2) \cdot l_g}{n \cdot P}. \quad (11)$$

- Круглыми плашками и машинными метчиками:

$$T_o = \frac{(l_g + l_1) \cdot}{n \cdot P} \quad (12)$$

- Дисковыми фрезами и односторонними шлифовальными кругами:

$$T_o = \frac{\pi \cdot D \cdot (l_g + l_1)}{P \cdot S \cdot \cos(\sigma)}, \quad (13)$$

где l_g – длина резьбы на детали, мм;

l_1 – длина врезания, мм;

l_2 – длина перебега, мм;

n – частота вращения обрабатываемой детали или инструмента, об/мин;

P – шаг резьбы, мм;

S – окружная подача детали, мм;

σ – угол подъема нарезаемой резьбы.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя вариант задания. Примеры исходных данных приведены в прил.
2. Запустить файл **RRR REZBA.exe** на ЭВМ.
3. Начать расчет нажатием кнопки «РАСЧЕТ»
4. В окне «ВВОД ДАННЫХ» пошагово ввести значения диаметра, шага, длины нарезаемой резьбы; выбрать обрабатываемый материал, материал режущей части инструмента. В зависимости от обрабатываемого материала ввести предел прочности (для стали) или твердость (для чугуна) и т.д.
5. Ввести коэффициенты для определения скорости резания.
6. Ввести поправочные коэффициенты для определения требуемой мощности на резание.
7. Распечатать полученный результат.

4. ПРИМЕР НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Исходные данные:

- Корпусная деталь:
 - Материал – Серый чугун (НВ 170);
 - Размер резьбы – М20;
 - Длина отверстия (сквозного) – 60 мм;
 - Шаг резьбы – 2,5 мм.

Начало расчета:

1. Вводим исходные данные;
2. Выбираем металлорежущие оборудование – станок мод. 2А135;
3. Выбираем режущий инструмент – машинный метчик из быстрорежущей стали.
4. Определяем скорость резания.
5. Корректируем частоту вращения – 196 об/мин.
6. Определяем мощность резания.
7. Полученный результат говорит о том, что выбранный станок обладает достаточной мощностью для осуществления данного процесса.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе выполняется на отдельных листах формата А4, проверяется и подписывается преподавателем. Отчет должен содержать:

- титульный лист с названием работы;
- исходные данные для расчетов;
- расчеты с необходимыми пояснениями.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Частью чего является процедура назначения режима резания?
2. Цель операции резьбонарезания.
3. Какие исходные данные нужны для процедуры назначения?
4. Расчетный метод назначения режима резания.

5. Что такое коррекция величины?
6. Как проверяется режим резания?

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Подготовка отчета по работе.
2. Изучение контрольных вопросов и подготовка к защите работы.

8. ЛИТЕРАТУРА

8.1. Основная литература

1. Коротков, В. А. Процессы формообразования и инструменты [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы» / ФГБОУ ВПО «Кузбасс. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», каф. металлорежущих станков и инструментов. – Кемерово, 2011. – 84 с.

8.2. Дополнительная литература

2. Баранчиков, В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под ред. В. И. Баранчикова. – Москва : Машиностроение, 1990. – 339 с.

3. Горбач, А. В. Паспортные данные металлорежущих станков. / А. В. Горбач – Улан-Удэ : Бурятское издательство, 1971. – 112 с.

4. Грановский, Г. И. Резание металлов : учебник / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с.

5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 496 с.

Варианты заданий

№	Материал заготовки	Вид детали	Резьба	Длина резьбы
1	Сталь ($\sigma_B = 600$ МПа)	вал	M8C×3-6g	50
2	СЧ10 (НВ 180)	вал	M120×3-8g	100
3	Сталь ($\sigma_B = 700$ МПа)	штулка	M180×1,5-7h	70
4	СЧ25 (НВ 210)	штулка	M100×2-8h	50
5	Сталь ($\sigma_B = 560$ МПа)	вал	M80×3-6g	45
6	СЧ30 (НВ 220)	вал	M36×1-8g	50
7	Сталь ($\sigma_B = 700$ МПа)	штулка	M60×3-6g	35
8	Сталь ($\sigma_B = 680$ МПа)	штулка	M120×2-5h	40
9	Сталь ($\sigma_B = 580$ МПа)	штулка	M60×3-5h	150
10	Сталь ($\sigma_B = 420$ МПа)	штулка	M24×3-8g	50
11	КЧ 37-12 (НВ 150)	вал	M80×4-6g	40
12	Сталь ($\sigma_B = 560$ МПа)	штулка	M80×3-6g	50
13	Сталь ($\sigma_B = 500$ МПа)	штулка	M60×3-6g	80
14	СЧ20 (НВ 200)	вал	M45×2-6g	50
15	Сталь ($\sigma_B = 520$ МПа)	штулка	M90×4-6g	100
16	Сталь ($\sigma_B = 600$ МПа)	вал	M80×3-6g	70
17	СЧ10 (НВ 180)	вал	M120×3-8g	60
18	Сталь ($\sigma_B = 700$ МПа)	штулка	M140×1,5-7h	100
19	СЧ25 (НВ 210)	штулка	M100×2-8h	90
20	Сталь ($\sigma_B = 560$ МПа)	вал	M80×3-6g	60

Практическая работа №7 «Назначение режима резания при зубонарезании»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является освоение методики назначения режима резания при зубонарезании с учетом существующих разновидностей способов формообразования зубчатых колес.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Классификация зубчатых передач

По форме зубчатые колеса подразделяются на: цилиндрические, конические и червячные. В свою очередь, цилиндрические зубчатые колеса по форме направляющей линии зуба делятся на прямозубые, косозубые и шевронные, а конические – на колеса с прямым зубом, наклонным зубом и круговым зубом.

По принципу зацепления передачи делятся на передачи наружного и внутреннего зацепления, а по форме боковой стороны зубьев – на эвольвентные зацепления, зацепления Новикова, циклоидальные зацепления и др.

Конструктивно зубчатая передача представляет собой два тела вращения – зубчатые колеса (одним из элементов передачи иногда может быть зубчатая рейка, т.е. колесо с бесконечным радиусом кривизны).

Передача крутящего момента осуществляется путем взаимодействия боковых сторон зубьев ведущего и ведомого колеса, т.е. их зацепления.

2.2 Классификация методов зубонарезания

Зубонарезание зубчатых колес может осуществляться двумя методами – методом копирования и методом обката.

Метод копирования основан на нарезании впадин между зубьями зубчатого колеса, причем их форма повторяет форму режущих кромок инструмента. По этому методу осуществляются

следующие операции: зубодолбление, зубофрезерование, зубопротягивание и зубострогание по копиру. Последние две операции используют для нарезания конических колес, а остальные, включая зубопротягивание, – для цилиндрических колес.

Зубодолбление применяют для прямозубых колес наружного и внутреннего зацепления со средним модулем.

В качестве инструмента используются зубодолбежный резец (в единичном и мелкосерийном производстве) и многорезцовая головка (в массовом производстве).

Зубофрезерование применяют для нарезания колес наружного зацепления, а в качестве инструмента используют пальцевые (для крупномодульных колес) или дисковые (для мелкомодульных колес) модульные фрезы.

Зубопротягивание эффективно для крупносерийного и массового производства цилиндрических и конических зубчатых колес. Используемый инструмент – специальные протяжки.

Зубострогание по копиру применяется для нарезания крупномодульных колес невысокой степени точности в мелкосерийном производстве. Инструмент – зубострогальный резец.

Метод обката основан на совершении инструментом и заготовкой ряда сложных движений, напоминающих в целом их совместное обкатывание друг по другу.

Данным методом, например, реализуется операция зубодолбления с использованием в качестве инструмента – долбяка. Применяется также зубофрезерование с использованием червячных фрез.

Выбор того или иного метода обработки зависит от поставленной задачи и заданных требований по качеству и количеству нарезаемых зубчатых колес.

Далее рассмотрены наиболее типичные примеры нарезания зубчатых колес, чаще всего используемые на практике.

3. ПОРЯДОК НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Для каждого метода обработки материалов существуют два метода назначения режима резания – выбор режима резания по справочным данным и расчетный метод. Второй метод более то-

чен, универсален и позволяет получить максимальный эффект от обработки; но более трудоемок, чем первый. Поэтому первый метод применяется при ограниченных сроках изготовления детали, либо в единичном производстве.

3.1 Общий порядок назначения режима резания

1. Анализируется чертеж зубчатого колеса с уточнением таких параметров, как:
 - тип колеса, тип зацепления и направление зуба;
 - число зубьев, модуль и делительный диаметр (угол), длина зуба;
 - материал заготовки;
 - степень точности нарезаемого колеса по соответствующим нормам;
 - тип производства.
2. Выбираются метод зубонарезания и его разновидность. Например, при фрезеровании зубьев методом копирования следует решить, применять дисковую или пальцевую модульные фрезы.
3. Выбирается режущий инструмент в последовательности:
 - тип инструмента (червячная фреза, долбяк и т. д.) и необходимый класс его точности;
 - материал режущей части, геометрия инструмента и его конструктивное исполнение;
 - основные размеры инструмента.
4. Выбирается оборудование. При выборе станка следует учесть:
 - выбранный метод зубонарезания и инструмент;
 - размеры стола станка должны обеспечивать установку заготовки;
 - инструментальный шпиндель станка должен обеспечивать установку выбранного инструмента;
 - класс точности станка должен обеспечить требуемую точность обработки;
 - мощность двигателя главного движения станка должна примерно соответствовать затратам мощности на резание.

3.2 Порядок выбора элементов режима резания при зубофрезеровании

1. Выбираем подачу S . По табл. 9 находим рекомендуемый диапазон подач $\Delta S_{табл}$, а по табл. 10 – поправочные коэффициенты K_{ms} , $K_{\beta s}$. Корректируем диапазон подач при обработке стали:

$$\Delta S = \Delta S_{табл} \cdot K_{ms} \cdot K_{\beta s}, \text{ мм/об} \quad (1)$$

и чугуна:

$$\Delta S = \Delta S_{табл} \cdot K_{\beta s}, \text{ мм/об.} \quad (2)$$

По данным станка (см. прил.) выбираем подачу S . По табл. 11 находим число осевых передвижек фрезы W .

2. При черновом зубонарезании делаем проверку по мощности резания. По табл. 12 находим мощность, затрачиваемую на резание $N_{ртабл}$, а по табл. 13 – поправочные коэффициенты K_{mn} , K_{wn} , $K_{\beta n}$, K_{pn} и K_{zn} . Корректируем мощность (при обработке стали):

$$N_p = N_{ртабл} \cdot K_{mn} \cdot K_{wn} \cdot K_{\beta n} \cdot K_{pn}, \text{ кВт} \quad (3)$$

и обработке чугуна:

$$N_p = N_{ртабл} \cdot K_{wn} \cdot K_{\beta n} \cdot K_{pn} \cdot K_{zn}, \text{ кВт.} \quad (4)$$

Условие возможности обработки зубьев:

$$N_p < N_{дв} \cdot \eta, \quad (5)$$

где $N_{дв}$ – мощность двигателя привода фрезы, кВт;
 η – КПД этого привода.

Если это условие не выполняется, то следует уменьшить подачу, либо перейти к зубонарезанию в два прохода.

3. Находим число оборотов фрезы n . По табл. 14 и 15 находим рекомендуемую скорость резания $V_{pтабл}$, а из табл. 16 берем поправочные коэффициенты K_{mv} , K_{wv} , $K_{\beta v}$, K_{pv} , $K_{\delta v}$, K_{uv} . Корректируем скорость резания при обработке стали:

$$V_p = V_{pтабл} \cdot K_{mv} \cdot K_{wv} \cdot K_{\beta v} \cdot K_{pv} \cdot K_{\delta v} \cdot K_{uv}, \text{ м/мин} \quad (6)$$

и при обработке чугуна:

$$V_p = V_{pтабл} \cdot K_{wv} \cdot K_{\beta v} \cdot K_{pv} \cdot K_{\delta v} \cdot K_{uv}, \text{ м/мин.} \quad (7)$$

Находим расчетное число оборотов фрезы:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{a0}}, \text{ об/мин} \quad (8)$$

где d_{a0} – наружный диаметр фрезы, мм.

По данным станка находим ближайшее к расчетному число оборотов фрезы n . Действительная скорость резания:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot d_{a0} \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (9)$$

При расхождении между V_∂ и V_p более 25% следует выбрать другой станок с более подходящим диапазоном частот вращения фрезы.

4. Определяем основное технологическое время:

$$T_0 = \frac{(l_1 + b + l_2) \cdot Z}{n \cdot S \cdot Z_{10}}, \text{ мин} \quad (10)$$

где $l_1 = l_2 = 5 \dots 7$ мм – врезание и перебеги инструмента;

b – ширина зубчатого венца, мм;

Z – число зубьев нарезаемого колеса;

Z_{10} – число заходов червячной фрезы.

3.3 Порядок выбора элементов режима резания при зубодолблении

1. Выбор круговой подачи S . По табл. 16 находим рекомендуемый диапазон круговых подач $\Delta S_{табл.}$. При обработке стали в табл. 20 находим поправочный коэффициент K_{ms} и корректируем диапазон подач:

$$\Delta S = \Delta S_{табл.} \cdot K_{ms}, \text{ мм/дв.ход.} \quad (11)$$

для чугуна $\Delta S = \Delta S_{табл.}$

Пересчитываем диапазон подач в угол поворота долбяка:

$$\Delta S_y = \frac{3,6 \cdot \Delta S}{\pi}, \text{ }^\circ/\text{дв. ход.} \quad (12)$$

Из диапазона углов по данным станка (см. приложение) находим нужный угол S_y . Находим действительную круговую подачу:

$$S_o = \frac{\pi \cdot d_o \cdot S_y}{360}, \text{ мм/дв. ход} \quad (13)$$

где d_o – номинальный делительный диаметр долбяка.

2. В случае зубодолбления черного и чистового по сплошному металлу производится проверка по мощности резания. По табл. 17 определяется мощность резания $N_{ртабл.}$, а по табл. 19 поправочные коэффициенты K_{mn} , $K_{\beta n}$, K_{zn} . Корректируем мощность в случае обработки стали:

$$N_p = N_{ртабл.} \cdot K_{mn} \cdot K_{\beta n} \cdot K_{zn}, \text{ кВт} \quad (14)$$

и чугуна:

$$N_p = N_{ртабл.} \cdot K_{\beta n} \cdot K_{zn}, \text{ кВт.} \quad (15)$$

Должно выполняться условие (5).

3. Определяем число двойных ходов долбяка K . По табл. 18 находим рекомендуемую скорость резания $V_{р\text{табл}}$, а по табл. 19 поправочные коэффициенты K_{mv} и $K_{\beta v}$ к ней. Корректируем скорость в случае обработки стали:

$$V_p = V_{р\text{табл}} \cdot K_{mv} \cdot K_{\beta v}, \text{ м/мин} \quad (16)$$

и чугуна:

$$V_p = V_{р\text{табл}} \cdot K_{\beta v}, \text{ м/мин.} \quad (17)$$

Определяем расчетное число двойных ходов долбяка:

$$K_p = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot L}, \text{ дв. ход/мин.} \quad (18)$$

Длина хода долбяка L :

$$L = l_1 + b + l_2, \text{ мм} \quad (19)$$

где l_1 и l_2 – величины врезания и перебега долбяка;

b – ширина венца зубчатого колеса.

Величины врезания и перебега в зависимости от ширины венца обрабатываемого зубчатого колеса представлены в табл. 24. Действительная скорость резания:

$$V_d = \frac{2 \cdot L \cdot K}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (20)$$

При расхождении между V_d и V_p более 25% следует выбрать другой станок и повторить выбор режима резания заново.

4. Определяем число проходов при обработке i . Определяется оно после анализа способа нарезания колеса, его модуля и мощности резания.

5. Определяем основное технологическое время:

$$T_o = \frac{2 \cdot K \cdot S_d \cdot Z \cdot i}{Z_o}, \text{ мин} \quad (21)$$

где Z_o – число зубьев долбяка.

3.4 Выбор элементов режима резания при зубострогании конических колес с прямыми зубьями

1. Нахождение времени обработки одного зуба t_o . По табл. 20 находим рекомендуемое значение времени обработки $t_{ортабл}$ (с/зуб), а по табл. 21 – поправочные коэффициенты K_{mt} и $K_{\delta t}$ к нему. Корректируем время при обработке стали:

$$t_{op} = t_{ортабл} \cdot K_{mt} \cdot K_{\delta t}, \text{ с/зуб} \quad (22)$$

и чугуна:

$$t_{op} = t_{ортабл} \cdot K_{\delta t}, \text{ с/зуб.} \quad (23)$$

По данным станка (см. прил.) находим ближайшее к t_{op} время обработки t_o .

2. Нахождение числа двойных ходов зубострогальных резцов K . По табл. 20 находим рекомендуемую скорость резания $V_{ртабл}$, а по табл. 21 – поправочные коэффициенты K_{mv} и K_{uv} . Корректируем скорость резания при обработке стали:

$$V_p = V_{ртабл} \cdot K_{mv} \cdot K_{uv}, \text{ м/мин} \quad (24)$$

и чугуна:

$$V_p = V_{ртабл} \cdot K_{uv}, \text{ м/мин.} \quad (25)$$

Находим расчетное число двойных ходов:

$$K_p = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot (l_1 + b + l_2)}, \text{ дв. ход/мин} \quad (26)$$

где $l_1 + l_2 = 7$ мм.

По данным станка (см. прил.) находим ближайшее к расчетному числу двойных ходов K . Действительная скорость резания:

$$V_{\partial} = \frac{2 \cdot K \cdot (l_1 + b + l_2)}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (27)$$

При расхождении V_{∂} и V_p более 25% следует выбрать другой станок.

3. Определяем основное технологическое время:

$$T_o = \frac{t_o \cdot Z}{60}, \text{ мин.} \quad (28)$$

3.5 Выбор элементов режима резания при нарезании конических колес с круговыми зубьями

1. Выбор времени обработки одного зуба t_o . По табл. 22 выбираем рекомендуемое время обработки $t_{ортабл}$, а по табл. 23 – поправочные коэффициенты к нему K_{mt} и K_{δ} .

Корректируем время обработки (как правило, элементы конической передачи с круговым зубом изготавливают только из стали, т. к. передача ответственная):

$$t_{op} = t_{ортабл} \cdot K_{\delta}, \text{ с/зуб.} \quad (29)$$

По данным станка (см. прил.) находим ближайшее к t_{op} время обработки t_o .

2. Нахождение числа оборотов резцовой зуборезной головки n . По табл. 22 находим рекомендуемую скорость резания $V_{ртабл}$, а по табл. 23 – поправочные коэффициенты K_{mv} и K_{uv} к ней. Скорректируем скорость резания:

$$V_p = V_{ртабл} \cdot K_{mv} \cdot K_{uv}, \text{ м/мин.} \quad (30)$$

Расчетное число оборотов резцовой головки:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_o}, \text{ об/мин} \quad (31)$$

где d_o – номинальный диаметр головки.

По данным станка (см. прил.) находим ближайшее к расчетному число оборотов головки n . Действительная скорость резания:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot d_o \cdot n}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (32)$$

При несовпадении между V_p и V_∂ более 25% следует выбрать другой станок.

3. Нахождение основного технологического времени:

$$T_o = \frac{t_o \cdot Z}{60}, \text{ мин.} \quad (33)$$

4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

4.1. Пример расчета режима резания при зубофрезеровании

1. Исходные данные. Необходимо нарезать цилиндрическое колесо наружного зацепления с $m=6$ мм, $Z=30$, $b=42$ мм, $\beta=10^\circ$. Материал заготовки: СЧ, НВ200. Колесо нарезается начерно под последующее шевингование, тип производства – мелкосерийное.
2. Выбор метода зубонарезания. Данное колесо может быть нарезано наиболее эффективно методом зубофрезерования червячной модульной фрезой.
3. Выбор инструмента. Выбираем в качестве инструмента червячную модульную фрезу по ГОСТ 9324-80. Ее параметры (табл. 1, 2):
 - класс точности – D ;
 - материал фрезы – сталь быстрорежущая Р6М5;

- $m_o=6$ мм, $d_{ao}=112$ мм, $d=40$ мм, $l=160$ мм, $Z_o=10$, $Z_{l0}=1$.

4. Выбор станка. Выбираем станок зубофрезерный нормального класса точности 5А326 (см. табл. 1). Этот станок обеспечивает установку инструмента и заготовки и подходит по предельным характеристикам. По табл. 8 определяем его принадлежность к III группе станков.

5. Выбор элементов режима резания.

Диапазон подач (табл. 9) $\Delta S_{табл}=2,6...3$ мм/об.д.

Коэффициент $K_{\beta s}=0,9$ (табл. 10). Скорректируем диапазон:

$$\Delta S = \Delta S_{табл} \cdot K_{\beta s} = (2,6...3) \cdot 0,9 = 2,34...2,7 \text{ мм/об.д.}$$

По данным станка примем подачу $S=2,5$ мм/об.д.

Число передвижек червячной фрезы (табл. 11) $W=2$.

Производим проверку по мощности. Мощность резания (табл. 12) $N_{ртабл}=0,9$ кВт.

Коэффициенты (табл. 13) $K_{wn}=1,2$; $K_{\beta n}=1$; $K_{pn}=1$; $K_{zn}=0,9$. Скорректируем мощность:

$$N_p = N_{ртабл} \cdot K_{wn} \cdot K_{\beta n} \cdot K_{pn} \cdot K_{zn} = 0,9 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,97 \text{ кВт.}$$

Условие допустимости режима выполняется:

$$N_p=0,97 < N_{\delta v} \cdot \eta = 6 \cdot 0,75 = 4,5.$$

Скорость резания (табл. 14) $V_{ртабл}=28$ м/мин.

Коэффициенты (табл. 15) $K_{wv}=1,2$; $K_{\beta v}=1$; $K_{pv}=1$; $K_{\delta v}=0,95$; $K_{uv}=1$. Тогда:

$$V_p = V_{ртабл} \cdot K_{wv} \cdot K_{\beta v} \cdot K_{pv} \cdot K_{\delta v} \cdot K_{uv} = 28 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 = 31,9 \text{ м/мин.}$$

Расчетное число оборотов фрезы:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{a0}} = \frac{1000 \cdot 31,9}{\pi \cdot 112} = 91 \text{ об/мин.}$$

По станку (см. приложение) находим ближайшее $n=101$ об/мин. Действительная скорость резания:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot d_{a0} \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 112 \cdot 101}{1000} = 35,5 \text{ м/мин.}$$

Расхождение между действительной и расчетной скоростями 11%, станок выбран правильно. Основное технологическое время:

$$T_0 = \frac{(l_1 + b + l_2) \cdot Z}{n \cdot S \cdot Z_{10}} = \frac{(6 + 42 + 6) \cdot 30}{101 \cdot 2,5 \cdot 1} = 6,4 \text{ мин.}$$

4.2. Пример расчета режима резания при зубодолблении

1. Исходные данные. Нарезается колесо цилиндрическое внутреннего зацепления с $m=2$ мм, $Z=108$, $b=28$ мм, $\beta=0$. Материал заготовки – Сталь 35, НВ180. Степень точности колеса 7-8-8 ГОСТ 1758-81, тип производства – мелкосерийное.
2. Выбор метода зубонарезания. В мелкосерийном производстве колеса внутреннего зацепления наиболее эффективно нарезать методом зубодолбления. Так как $m=2$ мм, можно нарезать зубья колеса начисто по сплошному металлу.
3. Выбор инструмента. Выбираем чашечный долбяк ГОСТ 9323-79 (табл. 1, 3). Его параметры:
 - класс точности – В;
 - материал – сталь быстрорежущая Р18;
 - $m_o=2$ мм; $d_o=50$ мм; $Z_o=25$; $\alpha=6^\circ$; $\gamma=5^\circ$; $d=44,45$ мм.
4. Выбор станка. Выбираем станок зубодолбежный нормального класса точности 5Б150 (см. табл. 1). Он обеспечивает установку инструмента и заготовки и нарезание колеса требуемой точности. По табл. 8 относим его к IV группе станков.
5. Выбор элементов режима резания:

Диапазон подач (табл. 16) $\Delta S_{табл} = 0,25 \dots 0,3$ мм/дв.ход.
 Коэффициент (табл. 19) $K_{ms} = 1$. Следовательно:

$$\Delta S = \Delta S_{табл} \cdot K_{ms} = (0,25 \dots 0,3) \cdot 1 = 0,25 \dots 0,3 \text{ мм/дв.ход.}$$

Диапазон углов поворота долбяка:

$$\Delta S_y = \frac{3,6 \cdot \Delta S}{\pi} = \frac{3,6 \cdot (0,25 \dots 0,3)}{\pi} = 0,2864 \dots 0,3437 \text{ } ^\circ/\text{дв. ход.}$$

По станку (см. приложение) выбираем угол поворота $S_y = 0,3437 \text{ } ^\circ/\text{дв.ход.}$ Действительная круговая подача:

$$S_\partial = \frac{\pi \cdot d_o \cdot S_y}{360} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 0,3437}{360} = 0,15 \text{ мм/дв. ход.}$$

Проводим проверку по мощности. Мощность резания (табл. 17) $N_{\text{табл}} = 0,3 \text{ кВт.}$ Поправочные коэффициенты (табл. 19) $K_{mn} = 1; K_{\beta n} = 1; K_{zn} = 1,2.$ Скорректируем мощность:

$$N_p = N_{\text{табл}} \cdot K_{mn} \cdot K_{\beta n} \cdot K_{zn} = 0,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,36 \text{ кВт.}$$

Условие проверки выполняется:

$$N_p = 0,36 < N_{\text{дв}} \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,7 = 5,25.$$

Скорость резания (табл. 18) $V_{\text{табл}} = 43,5 \text{ м/мин.}$ Коэффициенты (табл. 19) $K_{mv} = 1,1; K_{\beta v} = 1.$

Тогда:

$$V_p = V_{\text{табл}} \cdot K_{mv} \cdot K_{\beta v} = 43,5 \cdot 1,1 \cdot 1 = 47,8 \text{ м/мин.}$$

Расчетное число двойных ходов:

$$K_p = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot L} = \frac{1000 \cdot 47,8}{2 \cdot 44} = 543 \text{ дв. ход/мин.}$$

Длина хода:

$$L = l_1 + b + l_2 = 8 + 28 + 8 = 44 \text{ мм.}$$

По станку находим ближайшее (см. приложение) число $K=150$ дв.ход/мин.

Действительная скорость резания:

$$V_{\partial} = \frac{2 \cdot L \cdot K}{1000} = \frac{2 \cdot 44 \cdot 150}{1000} = 13,2 \text{ м/мин.}$$

Поскольку расхождение между V_{∂} и V_p 72% следует выбрать другой станок (если возможно). Тем не менее, если продолжать расчет: нарезание зубьев можно провести при $i=1$. Основное технологическое время:

$$T_o = \frac{2 \cdot K \cdot S_{\partial} \cdot Z \cdot i}{Z_o} = \frac{2 \cdot 150 \cdot 0,15 \cdot 108 \cdot 1}{25} = 194,4 \text{ мин.}$$

4.3. Пример расчета режима резания при зубострогании

1. Исходные данные. Необходимо нарезать коническое колесо с прямым зубом при $m_{te}=3$ мм; $Z=40$; $b=32$ мм. Материал – СЧ, НВ200. Степень точности колеса 7-7-7 ГОСТ 1758-81, тип производства – мелкосерийное.
2. Выбор метода зубонарезания. В мелкосерийном производстве колеса средних модулей нарезаются методом зубострогания. В связи с высокой точностью следует обрабатывать колесо начисто по предварительно прорезанному зубу.
3. Выбор инструмента. Выбираем резец зубострогальный по ГОСТ 5392-80 (табл. 1, 4) типа 3. Параметры резца:
 - материал – сталь быстрорежущая P18;
 - $m_o=3$ мм; $h=7,6$ мм; $H_2=34,5$ мм; $S_{ao}=1,2$ мм; $L=100$ мм; $\beta=78^\circ$.
4. Выбор станка. Выбираем зубострогальный станок нормального класса точности 526 (см. табл. 1). Он обеспечивает нарезание колеса требуемой степени точности, а также установку инструмента и заготовки.
5. Выбор элементов режима резания.

Время обработки одного зуба (табл. 20) $t_{optabl}=19,7$ с/зуб.

Коэффициент $K_{\delta}=1,25$ (табл. 21). Скорректируем:

$$t_{op} = t_{opтабл} \cdot K_{\delta} = 1,97 \cdot 1,25 = 24,6 \text{ с/зуб.}$$

Подберем по данным станка (см. прил.) $t_o=23,7$ с/зуб.

Скорость резания (табл. 20) $V_{pтабл}=22$ м/мин. Коэффициент $K_{uv}=1,1$ (табл. 21). Скорректируем скорость:

$$V_p = V_{pтабл} \cdot K_{uv} = 22 \cdot 1,1 = 24,2 \text{ м/мин.}$$

Число двойных ходов резцов:

$$K_p = \frac{1000 \cdot V_p}{2 \cdot (l_1 + b + l_2)} = \frac{1000 \cdot 24,2}{2 \cdot (7 + 32)} = 310 \text{ дв. ход/мин.}$$

По станку (см. прил.) находим ближайшее к расчетному число двойных ходов $K=310$ дв.ход/мин. Считать действительную скорость и расхождение нет необходимости – станок выбран правильно.

Основное технологическое время:

$$T_o = \frac{t_o \cdot Z}{60} = \frac{23,7 \cdot 40}{60} = 15,8 \text{ мин.}$$

4.4 Пример расчета режима резания при зубонарезании конических колес с круговым зубом

1. Исходные данные. Нарезается коническое колесо с круговым зубом с $m_{te}=8$ мм; $Z=32$; $b=29$ мм. Материал – сталь 30ХГТ, НВ200. Колесо нарезается начерно (1 проход), тип зацепления – эвольвентное с пересекающимися осями, тип производства – мелкосерийное.
2. Выбор метода зубонарезания. Для таких колес существует только один метод, его разновидность для эвольвентного зацепления – зубонарезание резцовой зуборезной головкой с обкаткой.

3. Выбор инструмента. Выбираем двустороннюю черновую сборную зуборезную головку ГОСТ 11906-77 (табл. 1, 5, 7). Ее параметры:

- материал резцов – сталь Р6М5;
- $m_{re}=8$ мм; $d_o=250$ мм; $h_e=20$ мм.

Она обеспечивает нарезание колеса заданных размеров.

4. Выбор станка. Выбираем зуборезный станок 5С280П (см. табл. 1). Он обеспечивает установку инструмента и заготовки и подходит по предельным характеристикам.

5. Выбор элементов режима резания.

Время обработки одного зуба (табл. 22) $t_{оптабл}=45$ с/зуб.

Коэффициенты (табл. 23) $K_{mt}=1,3$; $K_{\delta t}=1$. Скорректируем время:

$$t_o = t_{оптабл} \cdot K_{mt} \cdot K_{\delta t} = 45 \cdot 1,3 \cdot 1 = 58,5 \text{ с/зуб.}$$

Рекомендуемая скорость резания (табл. 22) $V_{ртабл}=47$ м/мин. Поправочные коэффициенты (табл. 23) $K_{mv}=0,8$; $K_{uv}=1$. Скорректируем скорость:

$$V_p = V_{ртабл} \cdot K_{mv} \cdot K_{uv} = 47 \cdot 0,8 \cdot 1 = 37,6 \text{ м/мин.}$$

Число оборотов резцовой головки:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_o} = \frac{1000 \cdot 37,6}{\pi \cdot 250} = 47,8 \text{ об/мин}$$

По данным станка (см. прил.) находим число оборотов резцовой головки $n=51,6$ об/мин и время обработки $t_o=62$ с/зуб. Действительная скорость резания:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_o \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 250 \cdot 51,6}{1000} = 40,5 \text{ м/мин.}$$

Расхождение между V_p и V_o составляет 18%, следовательно, станок выбран верно. Основное технологическое время:

$$T_o = \frac{t_o \cdot Z}{60} = \frac{62 \cdot 32}{60} = 33 \text{ мин.}$$

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание для назначения режима резания при зубонарезании выдается преподавателем из перечня табл. 25. В соответствии с выданным вариантом производятся расчеты по вышеприведенным примерам.

6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе выполняется на отдельных листах формата А4, проверяется и подписывается преподавателем. Отчет должен содержать:

- титульный лист с названием работы;
- исходные данные для расчетов;
- расчеты с необходимыми пояснениями.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Классификация зубчатых передач.
2. Классификация методов зубонарезания.
3. Общий порядок назначения режима резания.
4. Порядок выбора элементов режима резания при зубофрезеровании.
5. Порядок выбора элементов режима резания при зубодолблении.
6. Выбор элементов режима резания при зубострогании конических колес с прямыми зубьями.
7. Выбор элементов режима резания при нарезании конических колес с круговыми зубьями.

8. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Подготовить отчет по работе.
2. Простудировать контрольные вопросы и подготовиться к защите практической работы.

9. ЛИТЕРАТУРА

1. Горбач, А. В. Паспортные данные металлорежущих станков. – Улан-Удэ : Бурят. изд-во, 1971. – 112 с.
2. Калашников, С. Н. Зуборезные резцовые головки. – Москва: Машиностроение, 1972. – 162 с.
3. Кучер, А. И. Металлорежущие станки /, А. И. Кучер, М. М. Киватицкий, А. П. Покровский. – Москва: Машиностроение, 1965. – 272 с.
4. Лоскутов, В. В. Зубообрабатывающие станки / В. В. Лоскутов, А. Г. Ничков. – Москва : Машиностроение, 1978. – 192 с.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. Ч. 2. – Москва: Машиностроение, 1974. – 200 с.
6. Справочник инструментальщика / под ред. И. А. Ординарцева. – Москва : Машиностроение, 1987. – 846 с.
7. Справочник металлиста. Т. 3 / под ред. А. Н. Малова. – Москва : Машиностроение, 1977. – 748 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва: Машиностроение, 1986. – 656 с.

Приложение

Таблица 1

Рекомендуемые классы точности оборудования
и инструмента при нарезании зубчатых колес

Оборудование и инструмент	Степень точности колеса (при $m \leq 25$ мм)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Зубообрабатывающий станок	С	А	В	П	Н			
Фреза червячная	-	-	ААА		АА	А	В	С
Долбяк	-	-	-	АА	А	В		
Зубострогальный резец	-	-	1	2	3		4	
Зуборезная резцовая головка	-	-	-	чистовая головка		черновая головка		
Примечание: Класс точности станка устанавливается исходя из норм кинематической точности и норм контакта, инструмента – из норм плавности работы.								

Таблица 2

Основные размеры червячных фрез типа 2 ГОСТ 9324-80

Модуль m_0 , мм	Наружный диаметр d_{a0} , мм	Диаметр отверстия d , мм	Длина l , мм	Делительный диаметр d_{m0} , мм	Число зубьев Z_0
1	40	16	50	36,75	12
1,5	63	27	80	58,35	12
2	63	27	90	57,1	12
2,5	71	27	100	63,85	12
3	80	32	112	71,3	10
3,5	80	32	125	70,05	10
4	90	32	140	78,65	10
4,5	90	32	140	77,85	10
5	100	32	140	86,5	10
6	112	40	160	95,8	10
7	118	40	160	99,3	9
8	125	40	180	103,6	9
9	140	40	180	115,9	9
10	150	50	200	123,3	9
Примечание: Число заходов фрез $Z_{10}=1$. Фрезы изготавливают классов точности АА, А, В, С, D.					

Таблица 3

Основные размеры долбяков зуборезных чашечных типа 3
ГОСТ 9323-79

Модуль m_0 , мм	Номинальный делительный диаметр d_0 , мм	Число зубьев Z_0
1	50	50
1,5	50	34
2	50	25
2,5	80	30
3	80	25
3,5	80	22
4	100	25
4,5	100	22
5	125	25
6	125	21
7	125	18
8	125	16
9	125	14

Примечание:

Угол наклона зуба $\beta_0=0^\circ$.

Геометрия долбяка: $\alpha=6^\circ$, $\gamma=5^\circ$.

Диаметр отверстия крепежного $d=44,45$ мм.

Таблица 4

Основные размеры зубострогальных резцов типа 3 ГОСТ 5392-80

Модуль m_0 , мм	Высота профиля h , мм	Высота до профиля H_2 , мм	Толщина вершины S_{a0} , мм
1	3	39	0,4
1,5	4,2	37	0,6
2	5,3	37	0,8
2,5	6,5	34,5	1
3	7,6	34,5	1,2
3,5	8,8	31,5	1,4
4	10,6	31,5	1,6
4,5	10,6	31,5	1,6
5	13	29	2
6	15,5	26,5	2,4

Примечание:

Общая длина резца $L=100$ мм; угол заострения $\beta=78^\circ$.

Таблица 5

Параметры метрических зуборезных головок
для конических колес с круговыми зубьями

Номи- нальный диаметр d_0 , мм	Наибольшая внешняя высота зуба h_e , мм	Наибольший модуль, мм		Пределы среднего ко- нусного рас- стояния R , мм	Ширина зубчатого венца b , мм
		внешний окружной m_{te}	нор- мальный m_n		
25	3	-	1	10–16	2–6
40	5	-	1,5	16–26	3–8
50	6	-	2	20–32	4–12
80	8	-	2,5	32–52	6–20
100	9	4	3	40–65	8–25
125	10	4,5	3,5	50–80	10–30
160	13	5	4	65–105	13–40
200	16	6	5	80–130	16–50
250	20	8	6	100–160	20–65
320	24	10	8	120–200	25–80
400	30	13	10	160–250	32–100

Таблица 6

Основные размеры цельных двусторонних черновых зуборезных
головок ГОСТ 11903-77

Номинальный диаметр d_0 , мм	Пределы разводов резцов W , мм	Число резцов	
		наружных	внутренних
25	0,2–0,8	2	2
40	0,32–1,3	2	2
50	0,32–1,6	2	2
80	0,32–2	4	4

Таблица 7

Основные размеры сборных двусторонних
черновых зуборезных головок ГОСТ 11906–77

Номинальный диаметр d_0 , мм	Пределы разводов резцов W , мм	Число резцов	
		наружных	внутренних
160	0,6–3,2	8	8
200	0,6–3,6	10	10
250	0,6–0,4	12	12
320	1–6	16	16
400	1–7	18	18

Паспортные данные зуборезных станков.

Станок зубофрезерный 5А326.

Наибольший модуль нарезаемого колеса 10 мм. Наибольший диаметр заготовки 750 мм. Наибольшая ширина зубчатого венца 300 мм. Наибольший диаметр фрезы 200 мм. Мощность двигателя $N_{дв}=6$ кВт. КПД – $\eta=0,75$.

Числа оборотов шпинделя (об/мин) – 37; 47; 59; 80; 101; 123; 156.

Вертикальные подачи (мм/об.заг.) – 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4.

Станок зубодолбежный 5Б150.

Наибольший модуль нарезаемого колеса 12 мм. Наибольший диаметр заготовки 800 мм. Наибольшая ширина зубчатого венца 170 мм. Мощность двигателя $N_{дв}=7,5$ кВт. КПД – $\eta=0,7$.

Числа двойных ходов долбяка (дв.ход/мин): 25; 45; 60; 75; 100; 125; 150.

Углы поворота долбяка (°/дв.ход): 0,1948; 0,2406; 0,2864; 0,3437; 0,3896; 0,4125; 0,4812; 0,5729; 0,6875; 0,825; 0,9511; 1,1459; 1,375; 1,7188.

Станок работает в автоматическом цикле по радиальному врезанию: при первом обороте заготовки осуществляется врезание на величину, определяемую установкой упора (до 26 мм), следующий оборот делается без врезания. При наличии следующего упора цикл повторяется. Можно устанавливать до 4-х упоров.

Станок зубострогальный 526.

Наибольший модуль нарезаемого колеса 8 мм. Число зубьев нарезаемого колеса 10-200. Наибольшая ширина зубчатого венца 90 мм. Угол делительного конуса нарезаемого колеса от $5^{\circ}42'$ до $34^{\circ}18'$. Мощность двигателя $N_{дв}=2,8$ кВт. КПД – $\eta=0,8$.

Числа двойных ходов ползунов (дв.ход/мин): 85; 97; 110; 125; 141; 158; 177; 198; 221; 247; 276; 309; 391; 442.

Время обработки одного зуба (с/зуб): 7,6; 9,3; 11,2; 13,3; 16; 19,7; 23,7; 27,4; 32,9; 39,2; 45; 53,6; 60,5; 76; 86,5.

Станок для нарезания конических и гипоидных колес с круговыми зубьями 5С280П.

Наибольший диаметр заготовки 800 мм. Наибольший торцовый модуль нарезаемого колеса 12 мм. Угол делительного конуса нарезаемого колеса от $5^{\circ}42'$ до $84^{\circ}18'$.

Число зубьев нарезаемого колеса от 5 до 150. Диаметр зуборезной головки до 500 мм. Мощность двигателя $N_{дв}=7,5$ кВт. КПД – $\eta=0,82$.

Числа оборотов зуборезной головки (об/мин): 22; 25; 29; 32; 37; 41; 46; 52; 58; 65; 72; 81; 91; 102; 116; 125.

Время обработки одного зуба (с/зуб): 12; 14; 17; 21; 25; 30; 36; 43; 51,6; 62; 74,3; 89,2; 107; 128; 154; 184,8; 222.

Таблица 8

Классификация зуборезных станков по группам

Группа станков	I	II	III	IV
Зубофрезерные	5310, 5Д32, 5324, 532, 5320, 5П310	5Д32П, 5532	5П326, 5А326, 5П327, 5325, 5В31, 5В315, 5326	5312, 5П325, 5356
Зубодолбежные	512, 5А12, Феллоу 7	514, 516, Феллоу 622А	Феллоу 61	5161, 5162, 5Б150, Феллоу 42

Таблица 9

Подачи. Фрезы червячные однозаходные

Характер обработки	Материал заготовки	Модуль m (мм) до	Группа станков			
			I	II	III	IV
			Подача $\Delta S_{табл}$ мм/об.дет.			
Черновая обработка	Сталь	1,5	0,8-1,2	1,4-1,8	1,6-1,8	–
		2,5	1,2-1,6	2,4-2,8	2,4-2,8	2,4-2,8
		4	1,6-2	2,6-3	2,8-3,2	2,8-3,2
		6	1,2-1,4	2,2-2,6	2,4-2,8	2,6-3
		8	–	2-2,2	2,2-2,6	2,4-2,8
		12	–	–	2-2,4	2,2-2,6
	Чугун	1,5	0,9-1,3	1,6-2,2	1,8-2,2	–
		2,5	1,3-1,8	2,6-3	2,6-3	2,6-3,2
		4	1,8-2,2	2,8-3,2	3-3,5	3-3,5
		6	1,3-1,6	2,4-3	2,6-3	2,8-3,3
		8	–	2,2-2,4	2,5-2,8	2,6-3
		12	–	–	2,2-2,8	2,4-2,8

Продолжение табл. 9

Характер обработки			Материал заготовки	Модуль t (мм) до	Группа станков
					I, II, III и IV
					Подача $\Delta S_{табл.}$ мм/об.дет.
Чистовая обработка	По целому металлу	$Ra \geq 3,2$	Сталь	2	1-1,2
		$Ra < 3,2$		Св.2	1,2-1,8
				2	0,5-0,8
		$Ra \geq 3,2$	Чугун	Св. 2	0,8-1
				2	1,2-1,4
				Св.2	1,4-1,8
	По предвар. прорез. зубу	$Ra \geq 3,2$	Сталь и чугун	2	0,5-0,8
				Св. 2	0,8-1
		$Ra < 3,2$		—	2-2,5
				—	0,7-0,9

Таблица 10

Поправочные коэффициенты на подачу

Марка стали	35			45		50	35X, 40X	12ХН4А, 20ХНМ, 18ХГТ, 12ХН3, 20Х	30ХГТ	18ХНВА, 38ХМЮА, 5ХНМ, 6ХНМ, ХНЗМ,	
	156-187	170-207	До 241	170-229	156-207	156-229	156-207	156-229	229-285		
Коэфф. K_{ms}	1		0,9		1	0,9		0,8	0,7		
Угол наклона зуба β , до						0	15	30	45	60	
Коэффициент $K_{\beta s}$						1	0,9	0,8	0,65	0,45	

Таблица 11

Число осевых передвижек червячной фрезы

Нарезаемое колесо		Тип обработки	Модуль t (мм) до										
Угол наклона зуба β , до	Число зубьев Z , до		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			Число передвижек W										
0	12	По сплошному металлу	13	9	7	7	7	5	6	5	5	5	5
	20		10	7	5	5	5	4	4	4	4	4	3
	30		8	5	4	4	4	3	3	3	3	3	3
	40		7	4	3	3	3	2	3	2	2	2	2
	60		6	4	3	3	2	2	2	2	2	2	1
	80		5	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	120		4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	—
15	12		10	7	6	6	7	4	5	5	5	5	5
	20		8	5	4	4	5	3	3	3	3	3	3
	30		6	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2
	40		5	3	2	2	2	1	2	1	1	1	1
	60		4	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	80		4	2	1	1	1	—	1	—	—	—	—
	120		3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
30	12		5	3	2	2	2	1	2	1	1	1	1
	20		4	2	1	1	1	—	1	—	—	—	—
	30		3	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—
	40		3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	60		2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	80		2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	120		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	12		2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20		2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	40		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	60		1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	80		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	120		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
По прорезанному зубу			—	—	—	3	3	2	2	2	2	1	1

Таблица 12

Мощность резания при черновом зубофрезеровании

Материал заготовки	Подача S (мм/об.д) до	Модуль m (мм) до			
		4	6	8	12
		Мощность резания $N_{\text{табл}}$, кВт			
Сталь	0,6	0,5	0,7	0,8	1,2
	0,8	0,7	0,8	0,9	1,4
	1,1	0,8	0,9	1,1	1,6
	1,5	0,9	1	1,2	1,8
	2	1,1	1,2	1,5	2
	2,8	1,2	1,4	1,6	2,3
	3,7	1,4	1,6	1,8	2,6
	5	1,6	1,8	2,1	2,9
Чугун	0,7	0,3	0,4	0,4	0,7
	1	0,4	0,5	0,5	0,8
	1,5	0,4	0,5	0,6	1
	2,3	0,6	0,7	0,8	1,2
	3,4	0,8	0,9	1,1	1,6
	5	1	1,1	1,4	2

Таблица 13

Поправочные коэффициенты на мощность

	Марка	35, 35X, 20X, 12XН3, 45, 40X, 20XНМ, 50, 12XН4А, 18XГТ	30XГТ, 5XНМ, 18XНВА, 6XНМ, 38XМЮА, XНЗМ				
Сталь	Коэффициент K_{mn}	1	0,9				
Сталь и чугун	Число передвижек фрезы W		0	1	2	≥ 3	
	Коэффициент K_{wn}	Черновая обработка	1	1,1	1,2	1,3	
Чистовая обработка		1					
	Угол наклона зубьев β до		0	15	30	45	60
Сталь	Коэффициент $K_{\beta n}$		1	0,9	0,8	0,7	
Чугун			1	0,95	0,9	0,8	
	Число проходов		один		два		
					первый	второй	
Сталь и чугун	Коэффициент K_{pn}		1		0,6	0,4	
	Число зубьев z до		20	30	50	80	120
Чугун	Коэффициент K_{zn}		0,8	0,9	1	1,1	1,2

Таблица 14

Скорость резания при зубофрезеровании

Характер обработки		Подача S (мм/об.дет.), до	Модуль t (мм) до				
			3	4	6	8	12
			Скорость резания $V_{\text{табл}}$, м/мин				
Черновое нарезание		0,6	–	–	58	48	40
		0,8	57	57	50	41	35
		1,1	48	48	42	35	30
		1,5	42	42	36	30	25,5
		2	36	36	32	26	22
		2,8	30,5	30,5	27	22	18,7
		3,7	26,5	26,5	23	19,2	16,2
		5	23	23	20	16,6	14
Чистовое нарезание	По сплошному металлу	0,7	60	60	60	60	60
		0,9	48	48	48	48	48
		1,1	41	41	41	41	41
		1,3	35	35	35	35	35
		1,6	29	29	29	29	29
		2	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
		2,5	20	20	20	20	20
		По прорезанному зубу	$Ra < 3,2$	–	22-24		
	$Ra \geq 3,2$		–	18-22			

Таблица 15

Поправочные коэффициенты на скорость резания

Марка стали	35	45		50	35Х, 40Х	12ХН4А, 20Х, 20ХНМ, 18ХГТ, 12ХНВ	30ХГТ	18ХНВА, 38ХМЮА, 5ХНМ, 6ХНМ, ХНЗМ,		
	НВ	156-187	170-207	209-241	170-229	156-207	156-229	156-207	156-229	229-285
Коэфф. K_{mv}	1,1	1	0,8	0,9	1	0,9	0,8		0,6	
	Число перемещений фрезы W						0	1	2	≥ 3
Сталь и чугун	Коэффициент K_{vv}		Черновая обработка				1	1,1	1,2	1,3
			Чистовая обработка				1			

Продолжение табл. 15

		Угол наклона зубьев β до				
		0	15	30	45	60
Сталь	Коэффициент K_{β}	1		0,9	0,8	0,7
Чугун		1		0,95	0,9	0,8
Сталь и чугун	Число проходов	один		два		
	Коэффициент K_{pv}	1		1	второй	
		Класс точности фрезы		В, С	Д	
Сталь	Коэффициент K_{δ}	1,05		1	0,8	
Чугун		1,1		1	0,95	
		Материал фрезы	P18	P6M5	P6M5K5	P9M4K8
Сталь и чугун	Коэффициент K_{uv}	1,1	1	1,2	1,3	

Таблица 16

Поддачи при зубодолблении

Характер обработки		Материал заготовки	Модуль m (мм) до	Группа станков			
				I	II	III	IV
				Круговая подача $\Delta S_{табл}$, мм/дв.ход			
Черновая обработка	Под последующее зубодолбление	Сталь	4	0,35-0,4	0,4-0,45	–	–
			6	0,15-0,2	0,3-0,4	0,4-0,5	–
			8	–	–	0,3-0,4	0,4-0,5
		Чугун	4	0,4-0,5	0,45-0,5	–	–
			6	0,16-0,22	0,3-0,45	0,4-0,5	–
			8	–	–	0,35-0,45	0,45-0,5
	Под шевингование	Сталь	4	0,28-0,32	0,32-0,36	–	–
			6	0,12-0,16	0,24-0,32	0,32-0,4	–
			8	–	–	0,24-0,32	0,32-0,4
		Чугун	4	0,32-0,4	0,36-0,4	–	–
			6	0,13-0,16	0,24-0,36	0,32-0,4	–
			8	–	–	0,28-0,36	0,36-0,4
Под шлифование	Сталь	4	0,32-0,36	0,36-0,4	–	–	
		6	0,14-0,18	0,27-0,36	0,36-0,45	–	
		8	–	–	0,27-0,36	0,36-0,45	
Чистовая обработка	По сплош. металлу	Сталь	3	0,25-0,3			
		Чугун		0,3-0,35			
	По предварит. прорез. зубу	Сталь	8	0,22-0,25			
		Чугун		0,28-0,35			

Таблица 17

Мощность резания при зубодолблении

Материал заготовки	Круговая подача S (мм/дв.ход) до	Модуль m (мм) до			
		2	4	6	8
		Мощность резания $N_{р\text{табл}}$, кВт			
Сталь	0,1	0,2	0,7	1,3	2,1
	0,13	0,3	0,8	1,4	2,4
	0,16	0,3	0,8	1,6	2,4
	0,2	0,3	0,9	1,8	2,9
	0,26	0,4	1,1	2,1	3,3
	0,32	0,4	1,2	2,3	3,7
	0,42	0,4	1,4	2,6	4,3
	0,52	0,5	1,5	2,9	4,7
Чугун	0,13	0,1	0,5	1	1,6
	0,2	0,2	0,7	1,4	2,3
	0,32	0,3	0,9	1,9	3,3
	0,52	0,4	1,4	2,8	4,7

Таблица 18

Скорость резания при зубодолблении

Материал	Характер обработки	Круговая подача S , мм/дв.ход до	Модуль m (мм) до			
			2	4	6	8
			Скорость резания $V_{р\text{табл}}$, м/мин			
Сталь	Черновая и чистовая по сплошному металлу	0,1	40,5	32,5	27,5	25
		0,13	35,5	28,5	24	22
		0,16	32	26	21,5	19,7
		0,2	28,5	23	19,3	17,8
		0,26	25	20,5	17	15,5
		0,32	22,5	18,2	15,3	14
		0,42	19,8	16	13,4	12,5
		0,52	17,7	14,3	12	10,9
	Чистовая по предварительно прорезанному зубу	0,16	43,5			
		0,2	39			
		0,26	34,2			
		0,32	30,7			

Продолжение табл. 18

Материал	Характер обработки	Круговая подача S , мм/дв.ход до	Модуль m (мм) до			
			2	4	6	8
			Скорость резания $V_{р\text{табл}}$, м/мин			
Чугун	Черновая и чистовая по сплошному металлу	0,13	26	23,4	21	20
		0,2	23,5	21	18,5	18
		0,32	21	18,6	16,5	15,7
		0,52	18,5	16,5	14,5	14
	Чистовая по предварительно прорезанному зубу	0,16	54,5		-	-
		0,2	48,5		-	-
		0,26	42,5		-	-
		0,32	38,5		-	-

Таблица 19

Поправочные коэффициенты на режимы резания

Марка стали	35	45		50	35Х, 40Х	12ХН4А, 20Х, 20ХНМ, 19ХГТ, 12ХН3	30ХГТ	18ХНВА, 38ХМЮА, 5ХНМ, 6ХНМ, ХН3М,		
НВ	156-187	170-207	209-241	170-229	156-207	156-229	156-207	156-229	229-285	
K_{mv}	1,1	1	0,8	0,9	1	0,9	0,8		0,6	
K_{mN}	1						0,9			
K_{mS}	1	0,9		1	0,9			0,8	0,7	
	Угол наклона зуба β до					0	15	30	45	
Сталь	Коэффициент $K_{\beta v} = K_{\beta N}$					1	0,9	0,85	0,7	
Чугун						1	0,95	0,9	0,7	
	Число зубьев колеса Z до					12	20	40	80	120
Сталь	Коэффициент K_{zN}					0,95	1	1,1	1,2	1,2
Чугун						0,94	1	1,1	1,15	1,2

Таблица 20

Режимы резания при зубострогании колес

Материал заготов- ки	Характер обработ- ки	Скорость резания $V_{р\delta}$, м/мин	Ширина зубчатого венца b (мм) до	Торцовый модуль m_{te} (мм) до								
				1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7
				Время на обработку 1 зуба $t_{0р\deltaабл}$, с/зуб								
Сталь	Черновая	18-20	12	9,3	11,2	13,3	–	–	–	–	–	–
			20	9,3	13,3	16	19,7	23,7	–	–	–	–
			25	11,2	16	19,7	23,7	27,4	–	–	–	–
			30	13,3	19,7	19,7	27,4	32,9	–	–	–	–
			40	–	19,7	23,7	27,4	32,9	–	–	–	–
			50	–	–	–	32,9	32,9	–	–	–	–
			60	–	–	–	32,9	32,9	–	–	–	–
	80	–	–	–	–	45	–	–	–	–		
	Чистовая по проре- занному зубу	20-24	12	9,3	9,3	11,2	16	16	–	–	–	–
			20	9,3	11,2	13,3	16	16	19,7	–	–	–
			25	11,2	13,3	13,3	16	19,7	23,7	23,7	27,4	–
			30	11,2	13,3	16	19,7	23,7	23,7	27,4	32,9	32,9
			40	–	16	19,7	23,7	23,7	27,4	32,9	39,2	39,2
			50	–	–	–	27,4	27,4	32,9	39,2	39,2	45
60			–	–	–	27,4	32,9	39,2	39,2	45	54,8	
80	–	–	–	–	39,2	45	45	53,6	65,8			
Чугун	Черновая	18-20	12	9,3	9,3	11,2	–	–	–	–	–	–
			20	9,3	11,2	13,3	16	19,7	–	–	–	–
			25	9,3	13,3	16	19,7	23,7	–	–	–	–
			30	11,2	16	16	23,7	27,4	–	–	–	–
			40	–	16	19,7	27,4	27,4	–	–	–	–
			50	–	–	–	27,4	32,9	–	–	–	–
			60	–	–	–	32,9	32,9	–	–	–	–
	80	–	–	–	–	39,2	–	–	–	–		
	Чистовая по проре- занному зубу	20-24	12	9,3	9,3	9,3	13,3	13,3	–	–	–	–
			20	9,3	9,3	9,3	13,3	16	19,7	–	–	–
			25	9,3	9,3	11,2	16	19,7	19,7	23,7	27,4	–
			30	9,3	11,2	13,3	19,7	23,7	23,7	27,4	32,9	22,9
			40	–	13,3	16	19,7	27,4	27,4	32,9	32,9	39,2
			50	–	–	–	23,7	27,4	27,4	32,9	39,2	45
60			–	–	–	27,4	27,4	32,9	39,2	45	53,6	
80	–	–	–	–	32,9	39,2	45	53,6	60,5			

Таблица 21

Поправочные коэффициенты на режимы резания

Марка стали	35	45		50	35Х, 40Х	12ХН4А, 20Х, 20ХНМ, 18ХГТ, 12ХН3	30ХГТ	18ХНВА, 38ХМЮА, 5ХНМ, 6ХНМ, ХНЗМ,		
НВ	156-187	170-207	209-241	170-229	156-207	156-229	156-207	156-229	229-285	
K_{mv}	1,1	1	0,8	0,9	1	0,9	0,8		0,6	
K_{mt}	0,9	1	1,4	1,2	1	1,2	1,3	1,5	1,6	
	Марка инструментального материала					P18	P6M5	P6M5K5	P9K5	
Сталь и чугун	Коэффициент K_{uv}					1,1	1	1,2		
	Степень точности колеса по плавности работы						7	8	9	
Сталь и чугун	Коэффициент K_{δ} (Примечание: при черновом зубонарезании $K_{\delta}=1$)						1,25	1	0,75	

Таблица 22

Режимы резания при нарезании зубчатых колес с круговым зубом
зуборезными резцовыми головками

Характер обработки	Скорость резания $V_{р\text{табл}}$, м/мин	Модель станка	Торцовый модуль $m_{ге}$ (мм) до						
			3	4	5	6	7	8	10
			Время на обработку 1 зуба $t_{0р\text{табл}}$, с/зуб						
Черновая	45-50	5А27С4	16,4	19,7	22,5	25,7	30,9	44	54
		5С270П	18	22	25	30	32	48	—
		5С280П	18	22	24	30	35	45	55
Чистовая	58-60	5А27С4	16,4	19,7	22,5	30,9	30,9	36,8	44
		5С270П	16	20	24	30	32	38	—
		5С280П	18	22	24	28	32	35	38

Таблица 23

Поправочные коэффициенты на режимы резания

Марка стали	35	45	50	35X	40X	45X	20X 18ХГТ 12ХН3А 20ХН3А 12Х2Н4А	25ХГТ 30ХГТ	20ХГНР 38Х2МЮА 18Х2Н4МА	
НВ	156-180	181-229	230-260	156-207	208-229	230-260	256-229	156-207	156-229	230-260
K_{mv}	1,1	1	0,8	1	0,9	0,74	0,9	0,8		0,6
K_{mt}	0,9	1	1,4	1	1,2	1,4	1,2	1,3	1,5	1,8
Марка инструментального материала					P6M5		P18	P6M5K5 P9K5		P9M4K8
Коэффициент K_{uv}					1		1,1	1,2		1,3
Степень точности колеса по плавности работы								6	7	8
Коэффициент K_{δ} (При черновом зубонарезании $K_{\delta}=1$)								1,15	1	0,85

Таблица 24

Величины врезания (l_1) и перебега (l_2) в зависимости от ширины венца зубчатого колеса (b)

b (мм) до	19	51	72	85	122	165
$l_1=l_2$, мм	5	8	12	15	20	25

Таблица 25

Варианты заданий

№	Тип колеса	m_{te} , мм	Z	b , мм	Точность ГОСТ 1758-81			Тип обработки	Материал	НВ	β , °	Ra , мкм	Материал инструмента
					кинематическая	плавность	контакт						
1	ЦН	10	48	70	-	-	-	ЧР	35	180	20	-	P18
2	КК	5	24	18	8	8	8	ЧС	50	240	-	-	P9K5
3	КП	3,5	22	30	-	-	-	ЧР	45	220	-	-	P6M5
4	ЦН	3,5	50	40	8	7	8	ЧС СМ	СЧ	200	0	6,3	P18

Продолжение табл. 25

№	Тип колеса	m_{te} m , мм	Z	b , мм	Точность ГОСТ 1758-81			Тип обработки	Материал	НВ	β , °	Ra , мкм	Материал инструмен- та
					кинематическая	плавность	контакт						
5	ЦВ	7	100	40	-	-	-	ЧР ЗД	СЧ	200	0	-	P6M5
6	ЦН	7	90	60	-	-	-	ЧР	30ХГТ	200	42	-	P6M5
7	КП	5	60	30	8	8	8	ЧС	СЧ	200	-	-	P18
8	ЦВ	2	60	20	8	9	9	ЧС СМ	45	170	0	-	P6M5
9	КК	6	36	30	-	-	-	ЧР	20Х	220	-	-	P9K5
10	ЦН	4,5	62	38	8	8	8	ЧС ПЗ	СЧ	200	50	1,6	P6M5K5
11	ЦН	6	40	30	-	-	-	ЧР	20Х	200	10	-	P6M5
12	КК	6	40	25	7	8	8	ЧС	30ХГТ	200	-	-	P6M5
13	КП	2	34	20	-	-	-	ЧР	30ХГТ	200	-	-	P9K5
14	ЦН	5	70	30	7	7	7	ЧС СМ	45	230	0	3,2	P18
15	ЦВ	5	105	48	-	-	-	ЧР ШВ	СЧ	200	0	-	P6M5
16	КП	3,5	120	80	7	8	8	ЧС	СЧ	200	-	-	P6M5
17	ЦВ	6	90	50	7	8	8	ЧС ПЗ	30ХГТ	200	0	-	P6M5
18	КК	8	58	50	-	-	-	ЧР	45	190	-	-	P18
19	ЦВ	3	211	40	-	-	-	ЧР ШФ	20Х	220	0	-	P6M5
20	ЦВ	2,5	200	32	7	6	7	ЧС СМ	СЧ	200	0	-	P6M5
21	КП	2,5	30	22	-	-	-	ЧР	18ХГТ	200	-	-	P18
22	КК	5	30	20	8	8	8	ЧС	40Х	210	-	-	P9M4K8
23	ЦВ	7	95	20	-	-	-	ЧР ЗД	35	160	0	-	P6M5
24	КП	4	41	30	8	8	9	ЧС	СЧ	200	-	-	P9K5
25	ЦВ	8	100	50	7	6	7	ЧС ПЗ	СЧ	200	45	1,6	P6M5K5

Примечание:
 Типы колес: ЦН, ЦВ – цилиндрическое наружного и внутреннего зацепления;
 КП, КК – коническое с прямыми и круговыми зубьями.

Продолжение табл. 25

№	Тип колеса	m_{te} m , мм	Z	b , мм	Точность ГОСТ 1758-81			Тип обработки	Материал	НВ	β , °	Ra , мкм	Материал инструмен- та
					кинематическая	плавность	контакт						
<p>Тип обработки: ЧР – черновая обработка, причем: ЗД – под последующее зубодолбление; ШВ – под шевингование; ШФ – под шлифование; ЧС – чистовое нарезание, причем: СМ – по сплошному металлу; ПЗ – по предварительно прорезанному зубу.</p> <p>Материал заготовки, например: СЧ – серый чугун и т. д.</p>													

Практическая работа №8 «Назначение режима резания при шлифовании»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получить практические навыки по назначению режима резания при шлифовании на ЭВМ.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Шлифование – один из видов обработки резанием, при котором припуск на обработку снимается алмазно-абразивными инструментами. Шлифованием можно получить высокую точность размеров и формы, а также необходимую шероховатость поверхности.

Режим резания при шлифовании назначается следующим образом:

1. Изучается чертёж детали и определяется, какой из видов шлифования наиболее подходит для осуществления процесса обработки.
2. Выбирается станок (если он заранее не задан), с помощью которого можно выполнить поставленную задачу по обработке детали.
3. Выбирается инструмент. Для шлифовального инструмента это весьма важный этап, поскольку такой инструмент представляет собой сложный композит из зерен, связки и пор, от правильного выбора характеристики которого в значительной мере зависит эффективность обработки.
4. Определяется глубина резания t . В зависимости от вида шлифования она выбирается в пределах 0,0025...0,2 мм. Размерность глубины резания для шлифования может выражаться в мм/ход (круглое шлифование), мм/дв. ход (круглое внутреннее шлифование) и мм/мин (бесцентровое шлифование).
5. Принятая величина глубины резания корректируется по паспортным данным станка.
6. Определяется продольная подача $S_{пр}$. Для случая обработки методом врезания она равна нулю, а для других случаев опре-

деляется в долях высоты круга H . Размерность продольной подачи для круглого шлифования – мм/об, для плоского – мм/ход, для бесцентрового – мм/мин.

7. Определяется скорость перемещения стола с обрабатываемой деталью V_{cm} . Для случая плоского шлифования это определяется непосредственно по справочнику, а для круглого шлифования выполняется в несколько этапов:

- По справочнику выбирается окружная скорость детали V_d .
- По найденной скорости определяется число оборотов вращения детали:

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D}, \quad (1)$$

где D – диаметр обрабатываемой детали, мм.

- Найденное число оборотов детали корректируется по паспорту станка.
- Определяется скорость перемещения стола:

$$V_{cm} = \frac{S_{np} \cdot n_d}{1000}. \quad (2)$$

- Найденная скорость корректируется по станку. Для случая бесцентрового шлифования необходимость определения скорости перемещения стола отпадает.
- Определяется скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60}, \quad (3)$$

где D_K – диаметр круга, мм;

n_K – число оборотов круга в минуту.

Скорость вращения круга определяют для того, чтобы установить, выполняется или нет неравенство $V_K < V_{don}$, где V_{don} – допустимая скорость вращения круга, указывается в его характери-

стике. Если неравенство не выполняется, то это приведет к разрыву круга при работе. Для предотвращения этого явления необходимо либо выбрать другой круг, либо другой станок (менее скоростной). Для бесцентрового шлифования это делается для обоих кругов.

8. Осуществляется проверка по мощности:

$$N_{рез} < N_{шп}, \quad (4)$$

где $N_{рез}$ – мощность, потребная на резание, кВт;
 $N_{шп}$ – мощность на шпинделе, кВт.

$$N_{рез} = C_N \cdot t^x \cdot S_{np}^y \cdot V_{\partial}^r \cdot D^q. \quad (5)$$

Для врезного шлифования:

$$N_{рез} = C_N \cdot S_p^y \cdot V_{\partial}^r \cdot d^q \cdot B^z, \quad (6)$$

где C_N – коэффициент, учитывающий условия обработки;

t – глубина резания;

S_{np} – продольная подача;

S_p – радиальная подача;

V_{∂} – скорость вращения детали;

D – диаметр детали;

B – ширина шлифования;

x, y, r, q, z – показатели степеней, определяемые по справочнику.

9. Определяется основное технологическое время T_o ; мин

При круглом наружном шлифовании в центрах методом продольной подачи:

$$T_o = \frac{l \cdot h}{n_{\partial} \cdot S_{np}} \cdot \frac{1}{S_n} \cdot K_3, \quad (7)$$

где l – длина шлифования, мм;

K_3 – коэффициент;
 S_n – поперечная подача;
 h – припуск.

При круглом наружном шлифовании в центрах с поперечной подачей (врезное):

$$T_o = \frac{l}{n_{\partial} \cdot S_n} \cdot K_3. \quad (8)$$

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя вариант задания. Примеры исходных данных приведены в прил.
2. Запустить файл **RRR POLISH.exe** на ЭВМ.
3. В зависимости от вида обработки нажмите кнопку «Шлифование круглое наружное» или «Шлифование круглое внутреннее»
4. Выбрать модель станка.
5. Выбрать материал заготовки.
6. Выбрать инструмент.
7. Введите значения коэффициентов.
8. Введите параметры шлифования.
9. Введите параметры детали.
10. Распечатать полученный результат.

4. ПРИМЕР НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Исходные данные:

- Заготовка:
 - Вал;
 - Материал – конструкционная сталь;
 - Длина (l) – 200 мм;
 - Диаметр (D) – 60 мм.
- Припуск под обработку – 0,3 мм.
- Необходимо получить вал с шероховатостью $Ra = 1$ мкм.

Начало расчета:

1. Для обработки данной детали выбираем круглое наружное шлифование.
2. Из имеющегося списка выбираем станок 3А151.
3. Выбираем инструмент: шлифовальный круг формы ПП; размеры: наружный диаметр круга $D = 600$ мм, диаметр посадочного отверстия $d = 63$ мм. Рекомендуемая характеристика: 20А50НСМ27К1; допустимая скорость вращения круга $V_{don} = 35$ м/с.
4. Определяем скорость круга $V_K = 34,9$ м/с и скорость заготовки $V_0 = 20$ м/мин.
5. Глубина шлифования $t = 0,02$ мм.
6. Корректируем частоту вращения круга $n = 1112$ об/мин.
7. Результаты расчета режима резания представлены на рисунке.

Назначение режимов резания

Шлифование круглое наружное

Шлифование круглое внутреннее

Шлифование круглое наружное

Шлифовальный станок модели

Материал заготовки

Диаметр заготовки, мм

Скорость вращения заготовки, м/мин

Частота вращения заготовки, об/мин

Глубина шлифования, мм

Скорость перемещения стола, м/мин

Скорость вращения круга, м/с

Мощность потребная на резание, кВт

Мощность на шпинделе станка, кВт

Характеристика шлифовального круга

ПП	600x76x63	20А	50	Н	СМ2	7	К1	30 м/с
----	-----------	-----	----	---	-----	---	----	--------

Печать

Закреть **Шрифт**

Результаты расчета режима резания

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе выполняется на отдельных листах формата А4, проверяется и подписывается преподавателем. Отчет должен содержать:

- титульный лист с названием работы;
- исходные данные для расчетов;
- расчеты с необходимыми пояснениями.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Частью чего является процедура назначения режима резания?
2. Цель операции шлифования.
3. Какие исходные данные нужны для процедуры назначения?
4. Расчетный метод назначения режима резания.
5. Что такое коррекция величины?
6. Как проверяется режим резания?

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

1. Подготовка отчета по работе.
2. Изучение контрольных вопросов и подготовка к защите работы.

8. ЛИТЕРАТУРА

8.1. Основная литература

1. Коротков, В. А. Процессы формообразования и инструменты [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов специальности 151002 «Металлообрабатывающие станки и комплексы» / ФГБОУ ВПО «Кузбасс. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», каф. металлорежущих станков и инструментов. – Кемерово, 2011. – 84 с.

8.2. Дополнительная литература

2. Баранчиков, В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов : справочник / под ред. В. И. Баранчиков. – Москва : Машиностроение, 1990. – 339 с.

3. Горбач, А. В. Паспортные данные металлорежущих станков / А. В. Горбач – Улан-Удэ : Бурятское издательство, 1971. – 112 с.

4. Грановский, Г. И. Резание металлов : учебник / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – Москва : Высшая школа, 1985. – 304 с.

5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания. Ч. 2. Нормативы режимов резания / Центр. бюро нормативов по труду. – Москва : Экономика, 1990. – 474 с.

6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 496 с.

Варианты заданий

№	D , мм	l , мм	Припуск на обработку, мм	Заготовка	Материал
1	60	150	0,3	В	К
2	60	100	0,2	В	И
3	50	50	0,3	О	К
4	70	60	0,4	О	К
5	65	110	0,2	В	Т
6	100	200	0,3	В	К
7	50	100	0,2	В	И
8	50	40	0,3	О	К
9	60	50	0,2	О	И
10	70	50	0,3	О	К
11	60	100	0,3	В	И
12	70	100	0,2	О	К
13	100	250	0,3	В	К
14	75	55	0,4	О	К
15	70	110	0,3	В	И
16	50	200	0,3	В	К
17	50	80	0,2	О	И
18	80	40	0,2	О	Т
19	65	50	0,2	О	Т
20	70	60	0,2	О	Т

Примечания:

- Заготовка – вид обрабатываемой поверхности (О – отверстие, В – вал).
- Материал – материал заготовки (Т – твердый сплав, И – инструментальная сталь, К – конструкционная сталь).