

**МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**ФГБОУ ВПО «ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра «Машиноведение»**

**к.т.н., доцент М. С. Мержоева**

**«РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ»**

**Методическое руководство для выполнения курсовой  
работы по дисциплине «Резание материалов, станки и  
инструменты»**

**МАГАС 2018**

Методические указания определяют порядок действий, необходимых при выполнении курсовой работы. Приведены цели и задачи курсового проектирования, объем и последовательность выполнения работы. Подробно рассмотрены вопросы расчета режимов резания механической обработки, проектирования и расчета металлорежущего инструмента.

*Рецензенты:*

*С. А. Чевычелов – к.т.н., доцент кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» Юго-Западного государственного университета;*

*А. Х. Цечоева – к.т.н., зав. кафедрой «Машиноведение» Ингушского государственного университета.*

## Содержание

1. Введение.....	4
2. Цели и задачи курсового проектирования .....	5
3. Тематика курсовых работ .....	7
4. Примеры характерных тем курсовой работы .....	8
5. Организация курсового проектирования .....	9
6. Объем и этапы выполнения курсовой работы .....	10
7. Содержание и оформление пояснительной записки....	13
8. Выбор метода окончательной обработки и плана обработки поверхностей.....	14
9. Расчет режимов резания .....	16
10. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента .....	41
11. Выбор металлорежущего оборудования .....	46
12. Техника безопасности .....	46
13. Список рекомендуемой литературы .....	47

## Введение

Методическое руководство предназначено для студентов IV курса направления 44.03.05 «Педагогическое образование», профиль «Экономика» «Технологическое образование» для выполнения курсовой работы по курсу «Резание материалов, станки и инструменты».

Целью преподавания курса «Резание материалов, станки и инструменты» является изучение основ теории резания материалов, конструкции и эксплуатации режущего инструмента, устройства наиболее распространенных станков и видов работ, выполняемых на них.

Курсовая работа является важнейшей формой связи при подготовке учителя технологии и предпринимательства между знаниями теоретических основ изучающего курса и способами применения этих знаний в решении технологических задач и оформлении соответствующих документов.

Назначение курсовой работы состоит в выработке умений решать практические задачи по разработке технологических процессов механической обработки типовых деталей. При этом студент должен проявлять

умение комплексно решать следующие задачи: выбирать необходимое металлообрабатывающее оборудование, рассчитывать режимы резания и силы резания, определять потребный режущий инструмент.

Курсовая работа базируется на широком использовании знаний, полученных при изучении ряда общеобразовательных дисциплин, общетехнических и специальных дисциплин.

В некоторых случаях курсовые работы могут носить оригинальный характер, связанный с выполнением студенческой научной работы.

## **1. Цель и задачи курсового проектирования**

Изучение курса «Резание материалов, станки и инструменты» завершается выполнением курсовой работы, которая является важным средством закрепления полученных знаний и служит подготовкой к самостоятельной работе будущего учителя общетехнических дисциплин в школе.

Цели и задачи курсового проектирования как завершающего этапа:

1. Закрепление знаний, полученных при изучении курса на базе решений комплексных технологических задач с привлечением общетехнических и технологических дисциплин изучающих в ВУЗе.
2. Развитие способности оценивать конструкцию детали в отношении ее технологичности технологических требований к ней в связи с ее назначением.
3. Развитие навыков самостоятельной работы при решении технологических задач, связанных с проектированием технологических процессов, расчетом режимов резания, выбором и обоснованием металлорежущих станков, выбором и расчетом режущего инструмента.
4. Развитие навыков оформления технологической документации.

Курсовая работа позволяет установить степень усвоения студентом полученных теоретических знаний и способность применять их при решении конкретных задач на практике.

## 11. Тематика курсовых работ

Курсовая работа должен разрабатываться на базе новой передовой технике и технологии, с использованием прогрессивных методов технологии. Он должен отражать достижения отечественной науки и практики, в нем должен использоваться передовой опыт в области резания материалов, режущего инструмента, станков.

В качестве курсовой работы, как правило, разрабатываются технологические процессы механической обработки деталей средней сложности из металлических и не металлических материалов. В отдельных случаях темой курсовой работы может быть разработка конструкции режущего инструмента, отдельных узлов металлорежущих и деревообрабатывающих станков, исследование отдельных методов обработки.

При подборе деталей для курсовой работы необходимо предусмотреть, чтобы при их изготовлении применялись различные виды механической обработки: токарная, фрезерная, сверлильная, шлифовальная и др.

Темы курсовой работы должны быть реальными. Они должны быть:

а) взяты из заводской практики передовых предприятий, из производства освоенных или внедряемых машин;

б) актуальными для завода или предприятия, представлять интерес для школьной практики будущего учителя.

В некоторых случаях задание на курсовую работу может быть выдано на основании материалов, имеющихся на кафедре.

### ***Примеры характерных тем курсовой работы***

1. Разработать технологический процесс механической обработки корпуса торцевой фрезы со вставными ножами диаметром 120 мм., годовая программа 20000 фрез.
2. Произвести расчет режимов резания для обработки поверхности с проектированием и прочностным расчетом режущего инструмента.
3. Проект конструкции круглой протяжки для протягивания отверстия диаметром 20 мм в заготовке шестерни из стали марки 45.

4. Составить программу для сверления четырех отверстий различных диаметров (8, 12, 14, 24 мм) в плите приспособления фрезерного станка.

Тема курсовой работы может быть назначена соответственно теме исследований, проводившихся студентом в научно-исследовательском кружке при кафедре.

### **111. Организация курсового проектирования**

Выдаче заданий на курсовую работу предшествует большая работа по подбору, формулировке тем, подбору чертежей деталей, распределение тем, оформление заданий.

Для непосредственного руководства ходом курсового проектирования от кафедры назначается руководитель проекта. Руководитель проекта выдает задание, определяет объем его отдельных частей, направляет внимание студентов на решение наиболее важных вопросов и консультирует его в процессе работы. Для контроля за ходом выполнения курсовой работы на каждую группу составляются графики, в которых

руководителем после каждой консультации, делает отметки о выполнении отдельных этапов работы каждым студентом.

Подобранные темы курсовой работы выписываются в специальную ведомость, которая затем рассматривается и утверждается на специальном заседании кафедры.

Каждому студенту выдается индивидуальное задание на специальном бланке вместе с чертежами детали под расписку в ведомости. Выдача задания должна быть произведена до начала срока курсовой работы.

Курсовой работы является самостоятельной работой студента, поэтому успешное выполнение его в большой мере зависит от степени проявления автором инициативы, самостоятельности и выполнения его в срок отвечает студент. Способ решения тех или иных задач студент должен находить самостоятельно.

#### **IV. Объем и этапы выполнения курсовой работы**

Курсовая работа состоит из графической части, пояснительной записки с расчетами и схемами.

Ориентировочный объем отдельных частей работы должен быть следующим:

1. Графическая часть – 4 листа формата А3.
2. Пояснительная записка – 25-30 стр. размером А4.

Период выполнения курсовой работы 10 недель, поэтому студент должен равномерно работать в течении всего периода. Кроме того, для успешного выполнения работы должна быть выдержана определенная последовательность выполнения расчетов и графической части.

Разбивка всей работы на этапы и установление трудоемкости выполнения каждого этапа позволяет студенту составить календарный план выполнения работы. На основе календарного плана оставляется график выполнения работы, который является дисциплинирующим фактором, а также позволяет вести учет выполнения работы по частям и срокам.

#### Сроки и этапы выполнения курсовой работы

№ п/п	Содержание этапов	Трудоемкость %	Сроки выполнения (по неделям)

1	2	3	4
1.	Разработка технологического процесса механической обработки (маршрутная технология). Обоснование выбора оборудования, режущего инструмента.	15	1 – 3
2.	Расчет режимов резания и норм времени для двух переходов при точении по формулам и для остальных переходов по таблицам.	40	4 - 7
1	2	3	4
3.	Геометрический и прочностной расчет резцов и кинематический расчет коробок скоростей или коробок подач	30	8 – 9

	токарного станка. Построение структурных сеток.		
4.	Оформление пояснительной записки.	15	10

Выполнение графической части работы и пояснительной записки с расчетами должно вестись параллельно.

Этапы смогут корректироваться руководителем курсовой работы в зависимости от характера и темы работы и от объема той или иной части.

#### **V. Содержание и оформление пояснительной записки**

Пояснительную записку начинают составлять в начале выполнения работы и окончательно оформляют по окончании работы. Записка должна быть составлена кратко, и содержать все необходимые расчеты и пояснения. Для иллюстрации изложенного в необходимых случаях нужно приводить фотографии, графики, схемы.

Содержание записки должно быть изложено своими словами, а не переписана из книг. Все расчеты должны сопровождаться эскизами, схемами и ссылками на источники (литературу), из которых заимствованы расчетные формулы, коэффициенты и другие данные с указанием страниц, таблиц или карт.

В разделах пояснительной записки, поясняющей то, что вынесено в графическую часть работы, должны быть ссылки на соответствующие номера листов, а при описании конструкции или узла станка номера деталей по спецификации.

Страницы должны быть пронумерованы, сшиты и снабжены обложкой. В записку должно быть вшито задание.

## **VI. Выбор метода окончательной обработки и плана обработки поверхностей**

Выбор методов обработки поверхностей ведут в следующей последовательности:

а) по качеству и шероховатости поверхностей, учитывая ее размер и конструкцию, по таблицам точности

обработки назначают экономически целесообразный метод окончательной обработки. Например, валик имеет размер  $\varnothing 20_{-0,011}$  и  $R_z 3,2$ . По табл.4 для заданных параметров валика окончательный метод обработки является чистовое шлифование;

б) исходя из вида заготовки, решается вопрос о выборе первого метода обработки. Если точность заготовки не высокая, то обработку необходимо начинать с чернового метода. Например, если валик вытачивается из поковки или отливки в песчаную форму первым методом обработки должно быть черновое обтачивание. При точной заготовке, обработку можно начинать с чистовой обработки;

в) после назначения первого и окончательного метода обработки устанавливают промежуточные методы. Для назначения оптимального количества переходов используют понятие уточнения. Общим уточнением  $K$  называется отношение погрешности заготовки к погрешности детали. Если, например, валик из чугуна вытачивается из отливки в песчаные формы, то для диапазона размеров  $\varnothing 20...30$  мм при допуске по IT15 имеет погрешность 0,700мм.

Если при этом окончательная точность по IT7  $\varnothing$  20.0,011, то общее уточнение

$$K = \frac{\Pi_{заг}}{\Pi_{дет}} = \frac{0,700}{0,021} \approx 33$$

Согласно табл. 4 для достижения заданной точности и шероховатости валика 20<sub>-0,51</sub> назначают следующий план обработки.

1. Обтачивание черновое IT13 R<sub>a</sub> 25
2. Обтачивание получистовое IT11 R<sub>a</sub> 12
3. Обтачивание чистовое IT9 R<sub>a</sub> 6,3
4. Шлифование чистовое IT7 R<sub>a</sub> 3,2

Допуски для  $\varnothing$  20 по квалитетам: IT13 – 0,33 мм, IT11 – 0,13 , IT9 – 0,052 мм, IT7 – 0,021мм.

Определяют промежуточные уточнения. Уточнения от первого перехода:

$$K = \frac{\Pi_{заг}}{\Pi_1} = \frac{0,700}{0,330} \approx 2,12$$

## **VII. Расчет режимов резания**

Расчет режимов резания производится двумя переходами.

Наивыгоднейшими режимами резания являются такие, которые обеспечивают наименьшую себестоимость обработки при условии удовлетворения всех требований к качеству продукции и заданной производительности.

## **Точение**

Расчет режимов резания при точении производится в следующей последовательности:

### **1. Назначается глубина резания.**

Всегда нужно стремиться удалить весь припуск за один проход, но это бывает возможно лишь при грубой обработке, когда к точности размеров и к качеству поверхности не предъявляется особых требований. В иных случаях глубина резания predetermined пи расчете промежуточных припусков.

### **11. Назначается подача.**

Стремление работать с максимальными подачами встречает ряд технологических ограничений. Например, при грубой обдирочной обработке чрезмерно большие подачи могут привести к недопустимой вибрации детали или к поломке режущего инструмента или механизма станка. Поэтому, при определении максимально

допустимой подачи для черновой обработки необходимо учитывать жесткость обрабатываемой детали.

При черновом точении вначале выбирают подачу по соответствующей таблице в зависимости от обрабатываемого материала, диаметра заготовки, глубины резания и материала резца, т.е.

$$S_{\text{черн.}} = f(\sigma_{\text{т.заг}}, \phi_{\text{заг}}, t, \sigma_{\text{т.ин}})$$

В случае большого сечения среза выбранную подачу необходимо проверить по прочности державки резца. При установлении подачи  $S_{\text{дер.}}$  по прочности, резец рассматривают как консольную балку с вылетом  $l$ , изгибаемую силой  $P_z$  (рис. 1).

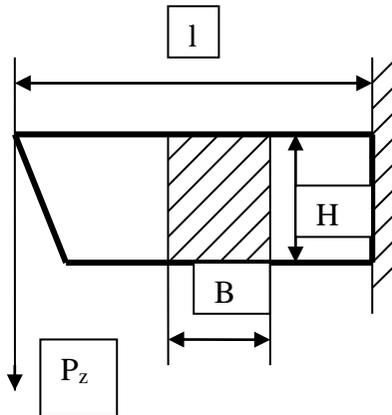


Рисунок 1. Схема для расчета подачи  $S_{\text{дер.}}$  по прочности резца

Следовательно,

$$P_z \cdot l = [\sigma_u] \cdot W = \sigma_u \cdot \frac{B \cdot H^2}{6};$$

где  $l$  - вылет резца;

$[\sigma_u]$  - допускаемое сопротивление изгибу, кг/мм<sup>2</sup>;

$W$  - момент сопротивления сечения резца, мм<sup>3</sup>;

$B$  – ширина державки, мм;

$H$  – высота державки, мм.

Учитывая, что  $P_z = C_{P_z} \cdot t^{XP_z} \cdot S^{YP_z}$ , формула

для определения  $S_{дер}$  имеет вид:

$$S_{дер} = YP_z \sqrt[6]{\frac{BH^2[\sigma_u]}{C_{P_z} \cdot t^{XP_z}}}.$$

Если  $S_{дер}$  окажется меньше чем подача, установленная по таблице, то необходимо создать условие для ее увеличения. Если это невозможно, то принимается  $S_{дер}$ .

При черновой обработке нежестких деталей подача проверяется по прогибу деталей. В таких случаях стрела прогиба не должна превышать 0,2 – 0,4 мм.

Максимальную величину прогиба можно определить при закреплении в патроне

$$f = \frac{P_y \cdot L^3}{3EI};$$

при обработке в центрах

$$f = \frac{P_y \cdot L^3}{70EI};$$

при обработке в патроне с поджимом задним центром

$$f = \frac{P_y \cdot L^3}{140EI};$$

где  $f$  – прогиб детали, мм;

$P_y$  – радиальная составляющая силы резания, Н;

$L$  – расстояние между опорами детали, мм;

$E$  – модуль упругости, Па;

$I$  – момент инерции.

При чистовой обработке величина подачи ограничивается шероховатостью обработанной поверхности и точностью размеров. При обработке нежестких деталей проверяется прогиб детали, при этом

$$f = 0,25T_d,$$

где  $T_d$  – допуск на диаметр.

111. Назначается скорость резания.

Вначале для выбранного режущего инструмента по справочнику назначается стойкость. В основу методики выбора стойкости инструмента положен принцип установления периода стойкости, соответствующей наименьшей себестоимости операции. В связи с этим более простые и дешевые инструменты должны иметь меньшие периоды стойкости по сравнению с дорогими и сложными инструментами. Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^{xv} S^{yv}} K_v, \text{ (м/мин)}$$

где  $C_v$  – постоянный коэффициент, характеризующий нормальные условия обработки, определяется по справочнику;

$T$  – стойкость, мин, определяется по справочнику;

$t_v$  – глубина резания, мм;

$S_v$  – подача, мм/об;

$x_v, y_v, m$  – показатели степени, определяются по справочнику;

$K_v$  – общий поправочный коэффициент, определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v}$$

где  $K_{mv}$  - поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания;

$K_{nv}$  - поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{uv}$  - поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала режущей части инструмента на скорость резания;

$K_{\varphi v}$  - поправочный коэффициент, учитывающий влияние параметров резца на скорость резания.

Определение скорости резания по нормативным данным производят в следующей последовательности:

- 1) для данных условий по соответствующим таблицам справочника определяют величину скорости резания  $V_{\text{табл}}$ .
- 2) определяют поправочные коэффициенты и рассчитывают скорость резания, допускаемую резцом, по формуле:

$$V_n = V_{\text{табл}} \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v}.$$

По рассчитанной скорости резания определяют частоту вращения шпинделя по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \text{ (об / мин)}$$

Расчетное  $n$  уточняют по станку, определяется  $n_\phi$  и фактическую скорость резания по формуле:

$$V_\phi = \frac{\pi D n_\phi}{1000}, \text{ м /мин.}$$

1У. определяем усилие резания.

Тангенциальную силу резания для условий точения определяют по формуле:

$$P_Z = 10 C_p t^{x_{Pz}} S^{y_{Pz}} V^{n_{Pz}} K_{Pz}, \text{ Н}$$

Значения коэффициентов и показателей степени определяют по справочнику.

где постоянная  $C_p$  и показатели степени  $x, y, n$  выбираются для конкретных условий обработки;

$K_{Pz}$  - поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов:

$$K_{Pz} = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{\Gamma p}$$

$K_{mp}$  - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала.

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_v}$$

$\sigma_B$  - временное сопротивление;

$n$  - показатель степени;

$K_{\varphi p}$  - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане  $\varphi$ .

$K_{\gamma p}$  - коэффициент, учитывающий влияние переднего угла  $\gamma$ .

$K_{\lambda p}$  - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки.

$K_{rp}$  - коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине

У. Определяем мощность резания

$$N_{рез} = \frac{P_Z V_{\partial}}{60 \cdot 102}, (\text{кВт})$$

Мощность электродвигателя определяют по формуле:

$$N_{\partial \partial \partial} = \frac{N_{рез}}{\eta}, (\text{кВт})$$

**У1.** Определение машинного времени

Машинное время при точении определяют по формуле:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \text{ мин}$$

где  $i$  – число проходов.

Длина прохода резца:

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм}$$

$l$  - для обработанной поверхности;

$y$  - величина врезания,  $y = t \cdot \text{ctg} \varphi$ ;

$\Delta$  - пробег резца,  $\Delta = 1 \dots 3$  мм.

### Строгание и долбление

#### 1. Глубина резания.

При всех видах строгания и долбления глубину резания назначают так же, как и при точении.

#### 2. Подача.

При черновом строгании подачу  $S_{мин/дв.ход}$  назначают по таблицам справочника в соответствии с глубиной резания, сечением державки и прочностью пластины.

#### 3. Скорость резания.

При строгании плоскостей проходными резцами, при прорезании пазов, отрезании скорость резания рассчитывают по соответствующим формулам для точения с введением дополнительного поправочного коэффициента  $K_{yv}$ . Для продольно-строгального станка  $K_{yv}=1,0$ , для поперечно-строгального станка  $K_{yv}=0,8$ , для долбежного  $K_{yv}=0,6$ .

5. Сила и мощность резания подсчитывают по формулам для точения.

### **Сверление, рассверливание, зенкерование и развертывание**

1. Глубина резания.

При сверлении глубина резания  $T = 0,5D$ , при рассверливании  $T = 0,5(D - d)$  (рис.2).

2. Подача.

При сверлении без ограничивающих факторов выбирают максимально допустимую по прочности сверла подачу по таблицам справочника.

При рассверливании отверстий подача может быть увеличена вдвое. При наличии ограничивающих факторов

подачи при сверлении и рассверливании равны. Их определяют умножением табличного значения подачи на соответствующий поправочный коэффициент, приведенный в примечании к таблице.

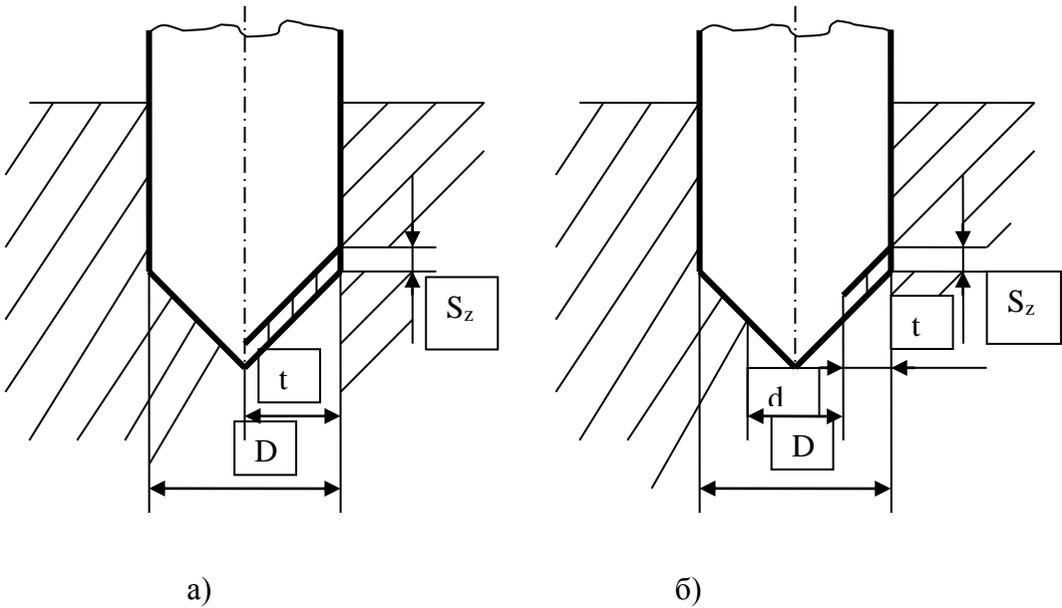


Рисунок 2. Схема резания при сверлении (а) и рассверливании (б)

3. Скорость резания при сверлении:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \text{ (м/мин)}$$

Скорость резания при рассверливании, зенкерования, развертывании:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v$$

Значения коэффициентов и показателей степеней и значения стойкости  $T$  принимаются по соответствующей таблице справочника.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания учитывающий фактические условия резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент учитывающий влияние обрабатываемого материала;

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

$K_{nv}$  – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания;

$K_{lv}$  – коэффициент учитывающий глубину сверления.

При рассверливании и зенкерования литых или штампованных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент  $k_{nv}$ . Все коэффициенты определяются по таблицам.

4. Крутящий момент и осевую силу рассчитывают по формулам:

$$M_{c.p.} = 10C_m D^q S_0^y K_{mp}, \text{ (Нм)};$$

$$P_x = 10C_p D^{xp} S_0^{yp} K_{mp}, \text{ (Н)}$$

где -  $K_{mp} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ ,

при рассверливании и зенкерованияи:

$$M_{c.p.} = 10C_m D^q t^x S_0^y K_{mp};$$

$$P_x = 10C_p D^{xp} t^x S_0^{yp} K_{mp}.$$

Все коэффициенты определяются по таблицам.

Для определения крутящего момента при развертывании каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточной резец.

Тогда при диаметре инструмента D крутящий момент:

$$M_{c.p.} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot Z}{2}, \text{ (Нм)};$$

где -  $S_z$  – подача, мм на один зуб инструмента,  $S/2$ ; где S – подача, мм/об, z – число зубьев развертки. Значения коэффициентов и показателей степеней приводятся в таблицах.

5. Мощность резания определяется по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} n}{9750}, \text{ кВт}$$

где частота вращения инструмента или заготовки определяется по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \text{ об /мин.}$$

### **Фрезерование**

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

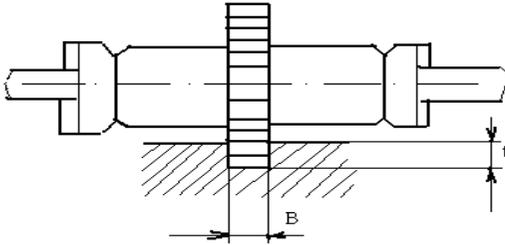


Рисунок 3. Глубина и ширина фрезерования

## 2. Подача.

При фрезеровании различают подачу на зуб  $S_z$ , подачу на один оборот фрезы  $S$  и подачу минутную  $S_m$ , которые находятся в соотношении:

$$S_m = S_n = S_z \cdot Z \cdot n$$

где  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин;

$Z$  – число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб  $S_z$ , при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы  $S$ , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб  $S_z = \frac{S}{z}$ . Рекомендуемые

подачи для различных фрез и условий резания приводятся в соответствующих таблицах.

3. Скорость резания – окружная скорость фрезы:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v;$$

где  $V$  – скорость резания, м /мин;

$C_v$  - постоянный коэффициент, характеризующий нормальные условия обработки;

$x_v, y_v, m, u, p$  – показатели степени;

$K_v$  - общий поправочный коэффициент.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

где  $K_{mv}$  - поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания;

$K_{nv}$  - поправочный коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{uv}$  - поправочный коэффициент, учитывающий влияние материала режущей части инструмента на скорость резания;

$$K_{mv} = \left( \frac{190}{\sigma_{\sigma}} \right)^{n_v}$$

Значения  $C_v$  и показателей степени приводятся в таблицах.

#### 4. Сила резания.

Главная составляющая силы резания при фрезеровании – окружная сила:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP}, \text{ Н}$$

где постоянная  $C_P$  и показатели степени  $x, y, n, q, w$  выбираются для конкретных условий обработки (чугун, быстрорежущая сталь);

$K_{MP}$  - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала;

$z$  – число зубьев фрезы;

$n$  – частота вращения фрезы.

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{190} \right)^{n_v}$$

$n$  - показатель степени.

Составляющая, по которой рассчитывают оправку на изгиб:

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}.$$

5. Момент сил сопротивления резанию:

$$M_{кр.} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \text{ Нм}$$

где  $D$  – диаметр фрезы.

6. Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z V_d}{60 \cdot 102}, \text{ кВт.}$$

### **Резьбонарезание**

1. Глубина резания и подача.

При нарезании резьбы резцами различают продольную подачу  $S$ , равную шагу резьбы  $P$ , и поперечную, определяющую глубину резания  $t$ , равную высоте резьбового профиля, при нарезании резьбы за один рабочий ход или части высоты профиля, соответствующей числу рабочих ходов  $i$ , необходимых для образования резьбы. Если шаг резьбы  $P \leq 2,5$  мм, поперечная подача имеет радиальное направление  $S_p$  и образование резьбы происходит по профильной схеме (рис. 4а). Если шаг резьбы  $P > 2,5$  мм, черновые ходы выполняют по генераторной схеме с поперечной подачей  $S_6$ , параллельной боковой стороне резьбового профиля (рис.

4б), оставляя припуск 1 на чистовые рабочие ходы, срезаемые по профильной схеме. Число рабочих ходов принимают по таблицам справочника.

Величину подачи на один резец при вихревом нарезании, на один зуб гребенчатой фрезы, на один зуб дисковой фрезы выбирают по таблицам справочника. Метчики, плашки и резьбовые головки работают с самоподачей.

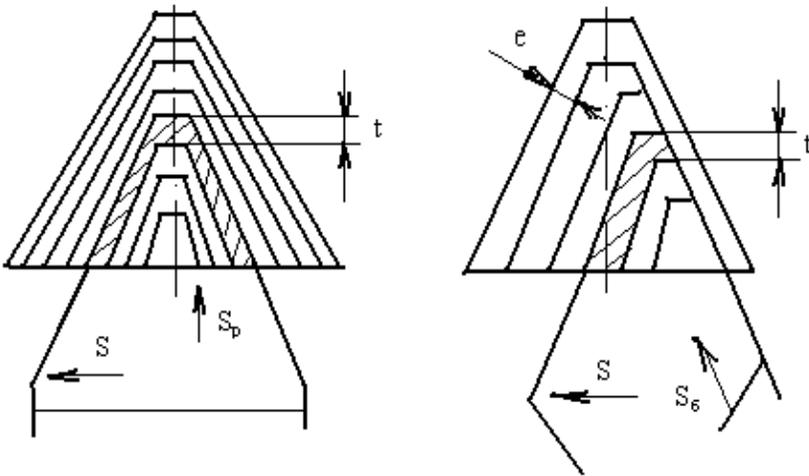


Рисунок 4. Схемы нарезания резьбового профиля резцом

2. Скорость резания, при нарезании крепежной резьбы резцами с пластинками из твердого сплава:

$$V = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot S^y} K_v;$$

при нарезании крепежной и трапецеидальной резьб резцами из быстрорежущей стали:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v;$$

при вихревом нарезании метрической и трапецеидальной резьб твердосплавными резцами во вращающихся головках:

$$V = \frac{C_v}{T^m S_z^x S^y} K_v.$$

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

$$K_r = K_{mr} \cdot K_{uv} \cdot K_{cv}$$

где  $K_{mr}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{uv}$  – коэффициент, учитывающий материал режущей части инструмента;

$K_{cv}$  – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы (принимается равным 1,0 если резьба

нарезается черновым и чистовым резцами, и 0,75 если резьба нарезается одним чистовым резцом).

### 3. Силы резания.

При нарезании резьбы резцами:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot P^y}{i^n} K_P, \text{ Н.}$$

4. Крутящий момент при нарезании резьбы метчиками, резьбовыми головками:

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot P^y \cdot K_p, \text{ Нм;}$$

где  $P$  – шаг резьбы, мм;

$i$  – число рабочих ходов, устанавливаемое из таблиц;

$D$  – номинальный диаметр резьбы, мм.

Коэффициенты  $C_p$  и  $C_m$  и показатели степени приведены в таблице. Поправочный коэффициент  $K_p = K_{mp}$ , учитывающий качество обрабатываемого материала, определяют по таблицам.

### 5. Мощность при нарезании резьбы резцами:

$$N_{рез} = \frac{P_Z V}{60 \cdot 1020}, \text{ кВт;}$$

метчиками, плашками и резьбовыми головками:

$$N_{рез} = \frac{M \cdot n}{975};$$

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

При вихревом нарезании резьбы за один проход вращающейся головки с  $z$  резцами мощность резания, определяют по формуле:

для треугольной резьбы

$$N_{рез} = \frac{0,1 \cdot S^{0,5} \cdot S_z^{0,4} \cdot z^{0,5} \cdot V^{0,8}}{D^{0,7}};$$

для трапецеидальной резьбы

$$N_{рез} = \frac{0,028 \cdot S^{1,2} \cdot S_z^{0,6} \cdot z^{0,5} \cdot V^{0,8}}{D^{0,7}}.$$

## Протягивание

### 1. Подача.

Подача – размерный перепад между соседними режущими зубьями протяжки – является элементом конструкции протяжки (рис. 5).

### 2. Скорость резания.

Определяется требованиями к точности обработки и параметрам шероховатости обработанной поверхности, выбирают по таблицам справочника. Установленную нормативную скорость резания сравнивают с

максимальной скоростью рабочего хода станка и скоростью резания, допускаемой мощностью двигателя станка.

$$V = 6120 \frac{N}{P_z} \cdot \eta, \text{ м/мин};$$

где  $N$  – мощность двигателя станка, кВт;

$P_z$  – сила резания при протягивании, Н;

$\eta$  – КПД станка.

В качестве рабочей скорости принимают наименьшую из сравниваемых.

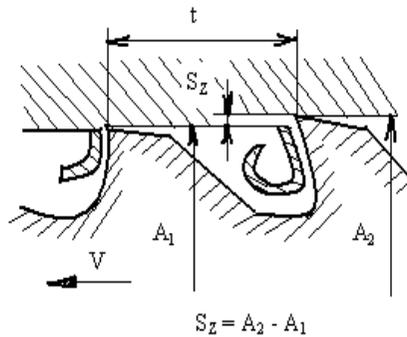


Рисунок 5. Схема срезания припуска при протягивании

3. Сила резания при протягивании:

$$P_Z = P \sum B, \text{ Н};$$

где  $P$  – сила резания на 1 мм длины лезвия, зависящая от обрабатываемого материала и величины подачи  $S_Z$  на один зуб протяжки.

### Шлифование

Разработку режима резания при шлифовании начинают с установления характеристики инструмента.

Скорость вращательного или поступательного движения заготовки  $V_3$ , глубина шлифования  $t$ , мм, продольная подача  $S$  устанавливается по таблицам. Эффективная мощность при шлифовании периферией круга с продольной подачей:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q, \text{ кВт};$$

при врезном шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot b^z \cdot S_p^y \cdot d^q;$$

при шлифовании торцом круга:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot t^x \cdot b^z,$$

где  $d$ - диаметр шлифования, мм;

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

$S_N$  – радиальная подача при врезном шлифовании.

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени в формулах приведены в таблицах.

### **VIII. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента**

1. Выбор и обоснование материала режущей части режущего инструмента.

К режущим инструментам предъявляются ряд требований, основные из которых следующие:

- а) точность выполнения формы обрабатываемой детали;
- б) точность получаемых размеров;
- в) качество обрабатываемой детали;
- г) стойкость, а в некоторых случаях и размерная стойкость;
- е) технологичность конструкции;
- ж) экономичность и стойкость.

Проектирование и расчет металлорежущего инструмента начинается с выбора и обоснования материала режущей части, который назначается по таблицам справочника в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала. Большинство конструкций металлорежущего инструмента изготавливают составными – рабочая часть из инструментального материала, крепежная из обычных конструкционных сталей. Исключение составляет мелкогабаритные или слесарные инструменты, а также инструменты, изготавливаемые целиком из инструментального материала, из углеродистых инструментальных сталей (ГОСТ 1435-74) и легированных инструментальных сталей (ГОСТ 5950-73).

Рабочая часть инструментов в виде пластин из стержней из быстрорежущей стали (ГОСТ 19265-73) соединяют с крепежной частью с помощью сварки. Твердые сплавы в виде пластин соединяют с крепежной частью с помощью пайки или специальных высокотемпературных клеев. Многогранные твердосплавные пластины закрепляют прихватами, винтами, клиньями. Мелкогабаритные твердосплавные инструменты (концевые и дисковые фрезы, сверла,

развертки и т.д.) изготавливают в виде припаяваемых к хвостовикам твердосплавных стержней и коронок или целиком из твердого сплава.

Марки твердых сплавов и рекомендуемые области применения твердосплавного инструмента приводятся в таблицах справочников.

## 2. Выбор геометрических параметров металлорежущего инструмента.

Выбор значений геометрических параметров инструментов зависит от заданных условий обработки. Предлагаемые рекомендации относятся по геометрическому и прочностному расчету резцов, как наиболее распространенным в металлообрабатывающей промышленности.

По справочным данным выбирают форму передней поверхности резцов и геометрические параметры в плане и в главной секущей плоскостях. Так как при изготовлении и заточке приходится оперировать и другими углами, то необходимо рассчитать углы в продольной плоскости, расположенной перпендикулярно оси резца и основной плоскости, и в поперечной плоскости, расположенной перпендикулярно оси резца и основной плоскости. Эти углы устанавливаются в трехворотных тисках на

универсально-заточном станке для заточки заданных углов в главной секущей плоскости (рис. 6).

Значения продольных и поперечных задних углов определяется по формулам:

$$\operatorname{ctg} \alpha_{np} = \operatorname{ctg} \alpha \cos \varphi - \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{nop} = \operatorname{ctg} \alpha \sin \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi$$

где  $\alpha$  - задний угол в главной секущей плоскости;

$\varphi$  - главный угол в плане;

$\lambda$  - угол наклона главной режущей кромки.

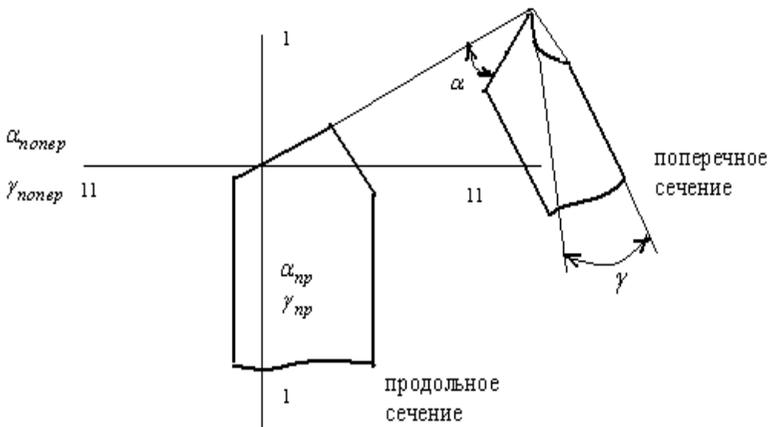


Рисунок 6. Углы резца в секущих плоскостях

Значения продольных и поперечных передних углов определяются по формулам:

$$tg\gamma_{np} = tg\gamma \cos\varphi - tg\lambda \sin\varphi;$$

$$tg\gamma_{nop} = tg\alpha \sin\varphi + tg\lambda \cos\varphi.$$

### 3. Определение габаритных размеров резца.

Поперечное сечение державки резца может быть выбрано в зависимости от вертикальной составляющей силы резания (рис.?) и расстояния  $L$  точки приложения ее до опоры.

Изгибающий момент:

$$M = P_z \cdot L = W \cdot \sigma_u$$

где  $W$  – момент сопротивления в  $\text{мм}^3$ ;

$\sigma_u$  - допускаемое напряжение на изгиб, принимаемое 200...250  $\text{МН/м}^2$ .

Расчетные формулы для державок сечения:

прямоугольного 
$$BH^2 = \frac{P_z \cdot L}{\sigma_u};$$

квадратного 
$$B^3 = \frac{6P_z \cdot L}{\sigma_u};$$

круглого

$$d^3 = \frac{10P_z \cdot L}{\sigma_u}$$

## **1X. Выбор металлорежущего оборудования**

Для обработки поверхности детали подбирается соответствующий металлорежущий станок. В работе необходимо привести техническую характеристику станка, сравнение расчетной мощности резания (раздел V11) с мощностью электродвигателя станка.

## **X. Техника безопасности**

В данном разделе приводятся мероприятия по технике безопасности при работе на металлорежущих станках, выбранных для обработки заданных поверхностей детали.

**Список рекомендуемой литературы**

1. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию материалов и режущему инструменту. Изд. 3-е, М.: «Машиностроение», 1976 – 288 с. с ил.
2. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов/ Под. общей редакцией Г.Н. Кирсанова – М.: Машиностроение, 1986 – 288 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. Изд. 4-е. М., «Машиностроение», 1985.
4. Аршинов В. А., Алексеев Г. А, Резание металлов и режущий инструмент. – М.: Машиностроение, 1976. – 438с.

5. Городецкий Ю. Г. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение, 1971.
6. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. – М.: Машиностроение, 1979.
7. Данилевский В. В. Технология машиностроения. М.: Высшая школа, 1978.
8. Металлорежущие станки. Каталоги – справочники НИИМАШ, 1981.
9. Медовой И. А., Уманский Я. Г., Журавлев Н. М. Исполнительные размеры калибров. Справочник. Книга 1. – М.: Машиностроение, 1980.
10. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974.

11. Режимы резания металлов. Справочник/ под рад. Ю. В. Барановского. Изд. 3-е, перераб., 1972.
12. Справочник технолога-машиностроителя. / Под ред. А. Н. Малова. – М.: Машиностроение, т. 2, 1985.
13. Справочник металлиста. / Под ред. А. Н. Малова. – М.: Машиностроение, т. 3, 1977.
14. Мальсагов А. А. Резание материалов. Учебное пособие. Ставрополь, 1988. – 182с.
15. А. А. Мальсагов, В. С. Дмитриев. Режущий инструмент Учебное пособие. Ставрополь, 1989. – 90с.





