

Министерство путей сообщения Российской Федерации  
Дальневосточная государственная академия путей сообщения

Кафедра  
“Технология металлов”  
Э.Г. Бабенко

## РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию

Хабаровск  
1997

### Содержание

#### Введение

#### 1. Выбор металлорежущего станка

#### 2. Крепежные приспособления

#### 3. Режущий инструмент

#### 4. Режимы резания

##### 4.1. Точение

##### 4.2. Строгание

##### 4.3. Сверление, рассверливание, зенкерование, развёртывание

##### 4.4. Фрезерование

##### 4.5. Шлифование

##### 4.5.1. круглое наружное и внутреннее шлифование

##### 4.5.2. Плоское шлифование

#### 5. Задание на курсовую работу для студентов заочной формы обучения.

##### 4.6. Протягивание

#### Приложение

#### Паспортные данные металлорежущих станков

#### Список литературы

### Введение

Обработка резанием является основным технологическим приёмом при изготовлении деталей машин и механизмов. Её трудоёмкость в большинстве отраслей машиностроения значительно превышает трудоёмкость литейных, ковочных и штамповочных процессов, взятых вместе.

Обработка резанием имеет достаточно высокую производительность, отличается исключительной точностью, универсальностью и гибкостью. В этом заключается её преимущество перед другими методами формообразования особенно в индивидуальном и мелкосерийном производствах, что характерно для ремонтных предприятий железнодорожного транспорта.

Расчёт режимов резания и выбор рационального являются ключевыми звеньями при разработке технологических процессов формирования заданных конфигураций деталей от этого во многом зависит качество ( а соответственно и работоспособность) изделия, трудовые и денежные затраты на его изготовление. На режимы резания оказывают влияние многие факторы, которые следует учитывать при расчётах. К ним, например, относятся микро и макро-% структура материала заготовки, его физико-механические свойства; состояние обрабатываемой поверхности; материал и геометрические параметры режущего инструмента; механические характеристики оборудования и т.д.

Настоящая методическая разработка преследует цель оказать помощь студентам при расчётах режимов резания, оптимизации этих режимов, определению минимальных затрат времени на ту или иную технологическую операцию. Она может быть использована в курсовом и дипломном проектировании, а также при решении инженерами производственных задач.

При расчётах и оптимизации режимов резания, в общем случае рекомендуется придерживаться следующей последовательности:

- а) выбрать и обосновать тип и модель металлорежущего станка, крепёжного приспособления; материал и геометрические параметры режущего инструмента;
- б) рассчитать режимы резания, определить требуемую мощность на обработку, сравнить её с мощностью выбранного станка;
- в) при несоответствии или значительном (более 20%) расхождении таких мощностей, выполнить корректировку расчётных режимов;
- г) определить основное технологическое (машинное) время обработки заданной поверхности на рассчитанных и откорректированных режимах.

В процессе курсового проектирования студент должен соблюдать следующий порядок работы:

1. Начертить эскиз заданной детали в положении, как она устанавливается на станке. Указать размеры и чистоту обработки поверхностей. Утолщённой линией (в соответствии с заданием) отметить обрабатываемые поверхности;
2. Обосновать и принять тип и модель металлорежущего станка. Привести его основные паспортные данные. Рассчитать, для всех ступеней, значения подач и частот вращения вала шпинделя;
3. Выбрать или спроектировать крепёжное приспособление;
4. Выбрать и обосновать тип режущего инструмента, материал и геометрические параметры его режущей части. Привести эскиз инструмента с указанием основных размеров и углов заточки. Обосновать и принять период стойкости;
5. Рассчитать режимы резания, для чего:
  - определить глубину резания;
  - выбрать подачу и откорректировать её в соответствии с паспортными данными выбранного станка;
  - рассчитать скорость резания, а на её основе частоту вращения вала шпинделя. Скорректировать последнюю с паспортными сведениями станка и рассчитать фактическую скорость резания;
  - определить силы резания, крутящий момент, осевую силу (в зависимости от вида обработки), сравнить их с паспортными значениями выбранного станка. В случае

превышения расчётных величин над паспортными необходимо произвести корректировку проведённых ранее расчётов;

- определить эффективную и потребную мощность и сравнить последнюю с мощностью электродвигателя выбранного станка путём расчёта коэффициента использования. В случае несоответствия его значения рациональному (рациональным считается  $K=0,85-0,9$ ), расчёт режимов осуществить заново, предварительно скорректировав назначаемые автором расчётов параметры или выбрав другой станок, инструмент и т.д.;

- определить основное технологическое время.

6. Сделать анализ рассчитанных параметров и дать заключение о рациональности разработанной технологии.

Пояснительная записка работы должна содержать:

- задание;
- оглавление;
- введение;
- основную часть;
- заключение с кратким анализом результатов работы;
- список использованной литературы.

Текст записки пишется чернилами, на одной стороне листа, чётким и разборчивым почерком. Формулы должны быть расшифрованы, принимаемым параметрам даются обоснования; указывается источник, откуда они взяты; приводится размерность параметров.

Графическая часть работы (эскизы, рисунки, чертежи) выполняются с использованием чертёжного инструмента и в соответствии с принятыми ГОСТами.

## 1. ВЫБОР МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

При выборе типа и модели металлорежущего станка в первую очередь обращается внимание на возможность закрепления в нём заданной детали (расстояние между центрами и наибольший диаметр обрабатываемой детали - у токарных станков, размеры станка и наибольший ход долбяка - у строительных и долбежных, наибольший условный диаметр сверления и вертикальное перемещение головки - у сверлильных и т. д.). Затем анализируются мощности главных электродвигателей и их предполагаемое соответствие для обработки заданной детали. И, наконец, исследуются диапазоны и число ступеней подач и частот вращения шпинделя. Предпочтение следует отдавать станкам с более широкой разрешающей способностью указанных выше параметров.

При выборе типа и модели станка можно использовать [1],[2] и другую справочную литературу. Паспортные данные некоторых станков приведены в табл.43-48 приложения данного пособия.

После выбора типа станка, его паспортные характеристики заносятся в пояснительную записку и рассчитываются все ступени подач и частот вращения, которые у большинства станков изменяются в геометрической прогрессии. Расчёт начинается с определения знаменателя геометрической прогрессии:

$$\Phi = \sqrt[z-1]{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}},$$

для ступеней подач

где  $S_{\max}$ ,  $S_{\min}$  - максимальная и минимальная подачи у выбранного станка;  $Z$  - количество подач;

$$\Phi_1 = \sqrt[z_i]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}},$$

для ступеней частот вращения

где  $n_{\max}$ ,  $n_{\min}$  - максимальная и минимальная частота вращения шпинделя станка, 1/мин;

$Z_i$  - количество ступеней частоты вращения.

После определения  $\Phi$  и  $\Phi_1$  их необходимо скорректировать и принять ближайшие стандартные значения. Стандартными являются: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,0.

Ступени подач и частот вращения определяются следующим образом:

$S_1 = S_{\min};$	$n_1 = n_{\min}$
$S_2 = S_1 \cdot \Phi$	$n_2 = n_1 \cdot \Phi_1$
$S_3 = S_1 \cdot \Phi^2$	$n_3 = n_1 \cdot \Phi_1^2$
$S_4 = S_1 \cdot \Phi^3$	$n_4 = n_1 \cdot \Phi_1^3$
.....	.....
$S_n = S_{\max} = S_1 \cdot \Phi^{n-1}$	$n_n = n_{\max} = n_1 \cdot \Phi_1^{n-1}$

Подобный подход распространяется и при определении шага двойных ходов для станков с прямолинейным главным рабочим движением.

## 2. КРЕПЕЖНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для механической обработки любой детали, кроме металлорежущих станков требуется ещё и технологическая оснастка, т.е. различные инструменты и приспособления. Приспособления необходимы, чтобы установить и закрепить деталь, обеспечив при этом требуемое на данной операции взаимное расположение станка, детали и режущего инструмента. Для этой цели используются станочные приспособления к металлорежущим станкам (универсальные и специализированные) такие, как двух-, трёх-, четырёхкулачковые самоцентрирующие патроны; различного типа оправки (центровые, шлицевые, зубчатые); станочные тиски с ручным и механическим приводами; кондукторы; плиты; станочные центры; различные хомутики; гидро и пневмоцилиндры и т.д.

От степени оснащённости технологической оснастки во многом зависит производительность обработки. Стоимость оснастки высока. Зачастую она составляет около 80% всех затрат на подготовку производства. Поэтому следует иметь в виду, что в условиях индивидуального и мелкосерийного производства следует выбирать в основном типовые универсальные многоцелевые станочные

приспособления. Сведения о типовом приспособлении можно приобрести из [1,2,5] и другой справочной литературы.

### 3. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Режущие инструменты работают в условиях больших нагрузок, высоких температур, трения и износа. Поэтому инструментальные материалы должны удовлетворять особым эксплуатационным требованиям. Материал рабочей части инструмента должен иметь большую твёрдость (значительно выше твёрдости материала обрабатываемой заготовки), высокие допускаемые напряжения на изгиб, растяжение, сжатие и кручение. Важнейшими характеристиками являются красностойкость и износостойкость.

Большинство конструкций металлорежущего инструмента являются составными - рабочая часть из инструментального материала, а крепёжная из обычных конструкционных сталей (40, 45, 50, 40Х и др.).

Рабочую часть в виде пластин или стержней соединяют с крепёжной при помощи сварки, пайки или специальных высокотемпературных клеев, механического крепления и др.

В настоящее время на предприятиях железнодорожного транспорта наиболее часто находят применение следующие инструментальные материалы: углеродистые, легированные и быстрорежущие стали; металлокерамические сплавы; сверхтвёрдые и абразивы.

Легированные инструментальные стали ( 9ХВГ, ХВГ, ХГ, 6ХС, 9ХС и др.) используются для изготовления протяжек, свёрл, метчиков, плашек, разверток. Они имеют красностойкость 250-300<sup>0</sup>С и допускают скорость резания 15-25 м/мин.

Более широкое применение находят быстрорежущие стали. Самыми распространёнными являются: Р9, Р12, Р18, Р6М3, Р6М5, Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф2, Р10К5Ф5. Твёрдость таких сталей составляет HRC 62-65, красностойкость 600-630<sup>0</sup>С. Обладая повышенной износостойкостью они могут работать со скоростями до 100 м/мин. В табл.1 Приложения приведены рекомендуемые области применения для некоторых марок быстрорежущих сталей.

Металлокерамические твёрдые сплавы состоят из карбидов вольфрама, титана и тантала (WC, TiC, Ta<sub>2</sub>C), находящимися в металлическом кобальте (Co). Они применяются в виде пластинок, изготавливаемых методом порошковой металлургии, закрепляемых на державках режущего инструмента.

Металлокерамический твёрдосплавный инструмент обладает высокими твёрдостью (HRA 80-92), износостойкостью и красностойкостью (800-1000<sup>0</sup>С). Это позволяет вести обработку со скоростями до 800 м/мин.

Твёрдые сплавы делятся на следующие группы: однокарбидные (вольфрамовые) - BK2, BK3, BK3M, BK4, BK6M, BK6 и т.д.; двухкарбидные (титано-вольфрамовые) - T30K4, T15K6, T5K10, T5K12 и т. др.; трёхкарбидные (титано-танталовольфрамовые) - TT7K12, TT10K8, TT8K6 и др.

Твёрдые сплавы группы BK используются для обработки твёрдых и хрупких металлов, пластмасс и неметаллических материалов.

Двухкарбидные сплавы рекомендуются для обработки изделий из пластичных и вязких металлов и сплавов.

Трёхкарбидные сплавы отличаются от первых двух повышенной износостойкостью, прочностью и вязкостью и применяются для обработки деталей из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса.

В табл.2 Приложения приведены некоторые марки вольфрамовых твёрдых сплавов и области их рационального использования.

В последние годы всё более широко используются безвольфрамовые твёрдые сплавы ТМ1, ТМ3, ТН-20, ТН-30, ТН-40, КТН-16 и др. на основе карбидов или других соединений титана с добавками молибдена, никеля и других тугоплавких металлов. Например, сплав ТМ1 имеет износостойкость при обработке стали 50 в 2 раза выше, чем сплав Т30К4.

Производительность обработки резанием существенно возрастает при использовании инструментов, оснащённых поликристаллами сверхтвёрдых материалов (СТМ) на основе кубического (КНБ) или вюрциподобного (ВНБ) нитрида бора и синтетических алмазов (СА).

В настоящее время инструментальная промышленность выпускает две группы СТМ на основе нитрида бора (композиты) и углерода (поликристаллические алмазы).

Твёрдость поликристаллических алмазов выше, чем твёрдость композитов. Однако теплостойкость в 1,5-2 раза ниже. Композиты практически инертны к чёрным металлам, а алмазы проявляют к ним значительную активность при высоких температурах. Это приводит к тому, что инструмент из СТМ наиболее выгодно использовать на автоматических линиях, станках с ЧПУ, в гибких производственных модулях и др., т. е. там где обеспечивается оптимальный режим резания, имеется возможность плавного ввода и вывода инструмента из контакта с обрабатываемой заготовкой, высокоэффективный контроль за его эксплуатацией.

Значительную роль при обработке резанием играют тип и геометрия режущей части инструмента, а также период стойкости, т. е. время работы в мин. до затупления и необходимости заточки. При назначении отмеченных параметров следует пользоваться справочной литературой или приложением настоящего пособия.

#### 4. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

При установлении режимов резания учитывается характер обработки, тип и материал инструмента, его геометрические параметры, материал и состояние заготовки, тип оборудования и другие факторы.

Расчёт режимов чаще всего ведётся по следующей схеме  $t \rightarrow S \rightarrow V - P$ , т.е. устанавливается глубина резания ( $t$ ) подача ( $S$ ), определяется скорость резания ( $V$ ) и сила резания ( $P$ ), по которой рассчитывается необходимая мощность станка.

Глубина резания при черновой обработке назначается по возможности максимальной (чаще всего равную всему припуску на обработку), а при чистовой - в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

Подача при черновой обработке выбирается максимально возможной, исходя из жёсткости и прочности системы: станок-приспособление-инструмент-деталь; мощности станка, прочности режущей части инструмента и других ограничивающих

факторов. При чистовой обработке принимается во внимание требуемая степень точности и шероховатости обработанной поверхности.

Скорость и силы резания рассчитываются по эмпирическим формулам, устанавливаемым для каждого вида обработки. Значения коэффициентов и показателей степени, содержащихся в этих формулах даны в справочной литературе и в приложении данного пособия.

## 4.1. Точение

**Т о ч е н и е** (токарная обработка) - наиболее распространённый метод обработки поверхностей деталей типа тел вращения на токарных станках. Типы токарных станков приведены в [45] и табл. 43 Приложения. Основные виды токарных работ: обработка наружных цилиндрических и конических поверхностей, обработка пазов и уступов, вытачивание пазов и канавок, отрезка заготовок, сверление, зенкерование, развёртывание, нарезание резьб, обработка фасонных поверхностей, накатывание рифлений и др. На рис.4.1 приведена технологическая схема точения.

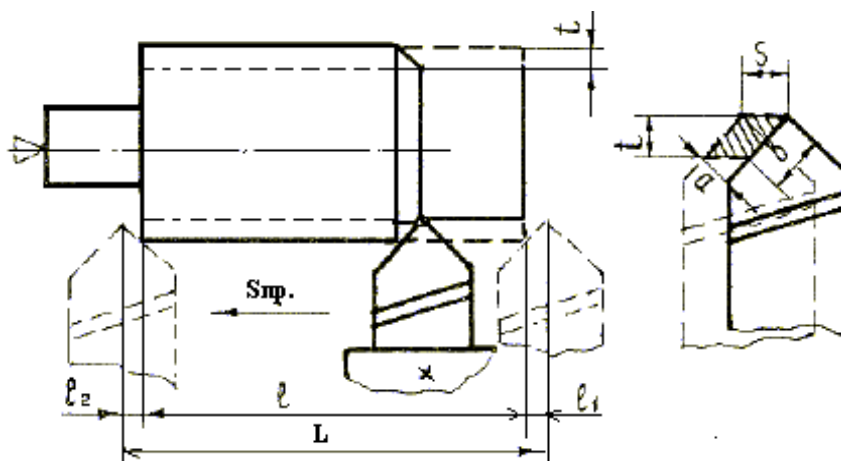


Рис.4.1. Технологическая схема точения

Вращательное движение заготовки называется главным движением резания, а поступательное движение режущего инструмента - движением подачи.

**П о д а ч е й** (мм/об) называется (рис.4.1) путь, пройденный режущей кромкой инструмента относительно вращающейся заготовки. Подача может быть продольной, если инструмент перемещается параллельно оси вращения заготовки, и поперечной, если инструмент перемещается перпендикулярно этой оси.

Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении приведены в табл.3 Приложения, а при черновом растачивании в табл.4 Приложения.

Подачи при чистовом точении выбираются в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца (табл.5 Приложения).

При прорезании пазов и отрезании величина поперечной подачи зависит от свойств обрабатываемого материала, размеров паза и диаметра заготовки (табл.6 Приложения).

Выбранную подачу необходимо скорректировать по паспорту станка, приняв ближайшую меньшую ступень и выдержав условие  $S_{ст} \leq S$ .

**Глубина резания  $t$  (мм)** определяется (рис.4.1) толщиной снимаемого слоя за один рабочий ход резца, измеренной по перпендикуляру к обрабатываемой поверхности детали.

При черновом точении и отсутствии ограничений по мощности станка величина  $t$  принимается равной припуску на обработку ( $h$ ); при чистовом точении припуск снимается за два и более проходов на каждом последующем проходе глубина резания устанавливается меньше, чем при предшествующем. При параметрах шероховатости обработанной поверхности  $R_a=3,2$  мкм включительно  $t=0,5-2,0$  мм; при  $R_a \leq 0,8$  мкм,  $t=0,1-0,4$  мм.

При отрезке и прорезке глубиной резания является ширина главной режущей кромки, которую можно определить из выражения:  $b=0,6 D^{0,5}$  мм, где  $D$  - диаметр отрезаемой детали.

**Скорость резания  $V_p$  (м/мин)** зависит от конкретных условий обработки. На её величину оказывает существенное влияние следующие факторы: стойкость инструмента, физико-механические свойства обрабатываемого материала, подача и глубина резания, геометрические параметры режущего инструмента, наличие смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), температура в зоне контакта инструмента и детали, допустимый износ инструмента и др.

При наружном продольном и поперечном точении а также при растачивании расчётная скорость резания определяется по эмпирической формуле

$$V_p = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

а при отрезании, прорезании и фасонном точении - по формуле

$$V_p = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v,$$

где  $C_v$  - коэффициент, учитывающий условия резания;  $T$  - период стойкости инструмента, мин;  $S$  - подача, мм/об;  $K_v$  - корректирующий коэффициент;  $m, x, y$  - показатели степени.

Значения  $C_v, m, x, y$  приведены в табл.7 Приложения.

Средние значения периода стойкости  $T$  можно принимать в пределах 60 - 90 мин для резцов из быстрорежущей стали и 90-120 мин для твердосплавного инструмента.

Корректирующий коэффициент определяется по следующей формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{пв} \cdot K_{ив} \cdot K_{\phi} \cdot K_r,$$

где  $K_{mv}$  - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;  $K_{пв}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;  $K_{ив}$  - коэффициент,



учитывающий материал режущей части резца;  $K_\Phi$  - коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца;  $K_r$  - коэффициент, учитывающий величину радиуса при вершине резца (принимается во внимание только для резцов из быстрорежущей стали). Коэффициент  $K_{mv}$  рассчитывается:

при обработке сталей 
$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_b} \right)^{pv};$$

при обработке серого чугуна 
$$K_{mv} = \left( \frac{1900}{HB} \right)^{pv};$$

при обработке ковкого чугуна 
$$K_{mv} = \left( \frac{1500}{HB} \right)^{nv};$$

где  $\sigma_v$  - предел прочности материала заготовки, Мпа;  $HB$  - твёрдость материала заготовки, Мпа.

Значения показателей  $n_v$  и коэффициентов  $K_{nv}$ ,  $K_{nv}$ ,  $K_s$ ,  $K_r$  приведены в табл. 8, 9, 10, 11 Приложения.

При обработке медных сплавов с содержанием свинца  $\leq 10\%$   $K_{mv}=4$ , а с содержанием свинца  $\geq 15\%$   $K_{mv}=12,0$ .

При обработке силумина с  $\sigma_b = 200 - 300$  Мпа,  $HB \geq 60$  и дюралюминия  $\sigma_b=400-500$  Мпа,  $HB \geq 100$  принимать  $K_{mv}=0,8$ . Если дюралюминий имеет  $\sigma_b = 300 - 400$  Мпа,

$HB \leq 100$ , а силумин  $\sigma_b = 100 - 200$  Мпа,  $HB \leq 65$ , то  $K_{mv}=1,0$ .

Для проверки возможности реализации  $V_p$  на выбранном станке определяется расчётная частота вращения шпинделя  $n_p$  1/мин:

$$n_p = \frac{V_p \cdot 1000}{\pi D_o},$$

где  $D_o$  - диаметр заготовки до обработки.

Полученная  $n_p$  сравнивается с имеющимися на станке значениями. Если расчётная частота не совпадает с одной из ступеней, то для дальнейших расчётов принимается та ступень ( $n_{ст}$ ), которая является ближайшей меньшей к  $n_p$ , т.е. должно выдерживаться условие  $n_{ст} \leq n_p$ .

По принятому значению  $n_{ст}$  определяется фактическая скорость резания  $V_\phi$ , м/мин:

$$V_\phi = \frac{\pi D_o n_{ст}}{1000}. \quad (4.8)$$

В дальнейших расчётах используются только  $n_{ст}$  и  $V_\phi$ .

**Сила резания  $P$ ,  $H$**  раскладывается на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ). При наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитываются по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x S^y V_\phi^n K_p \quad (4.9)$$

При отрезании, прорезании и фасонном точении  $t$  - длина режущей кромки резца.

Постоянная  $C_p$  и показатели степени  $X$ ,  $Y$ ,  $n$  для каждой из составляющих силу резания приведены в табл.12 Приложения.

Поправочный коэффициент  $K_p$  представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих условия резания:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}$$

Численные значения коэффициентов приведены в табл. 13,14 Приложения.

Главной составляющей силы резания является  $P_z$ , по которой рассчитывается мощность, необходимая для снятия стружки. Поэтому расчётным путём достаточно определить только  $P_z$ , а остальные составляющие можно установить по формулам:

$$P_x = (0,3 - 0,4)P_z; \quad (4.10)$$

$$P_y = (0,4 - 0,5)P_z \quad (4.11)$$

Осевая сила  $P_x$  (сила подачи) сравнивается по паспорту станка с наибольшей допускаемой механизмом подачи и в случае превышения последней, требует повторного расчёта режимов резания.

**Мощность резания.** Вначале рассчитывается эффективная мощность резания:

$$N_\varepsilon = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} \text{ кВт} \quad (4.12)$$

Затем определяется потребная мощность на шпинделе станка:

$$N_p = \frac{N_\varepsilon}{\eta_{ст}} \text{ кВт} \quad (4.13)$$

где  $\eta_{ст}$  - К.П.Д. станка.

Для выводов об эффективности рассчитанных режимов для принятого станка устанавливается коэффициент его использования по мощности:

$$K = \frac{N_p}{N_{ст}} \quad (4.14)$$

где  $N_{ст}$  - мощность главного электродвигателя станка (по паспорту).

Величина коэффициента  $K$  не должна превышать единицы. Наиболее рациональное значение  $K=0,85-0,9$ .

В случае отклонения  $K$  от рациональной величины, необходимо вновь рассчитать режимы резания скорректировав при этом параметры, устанавливаемые автором расчётов ( $S$ ,  $t$ ,  $T$ , тип станка и др.)

**Основное технологическое время** - время в минутах, затрачиваемое непосредственно для снятия заданного припуска. Оно определяется по формуле:

$$T_0 = \frac{L}{n_{ст} \cdot S_{ст}} \cdot i, \quad (4.15)$$

где  $L$  - расчётная длина обработки, мм (см. рис. 4.1);  $i$  - количество проходов.

$$L = l + l_1 + l_2, \text{ мм} \quad (4.16)$$

где  $l$  - чертёжный размер обрабатываемой поверхности, мм;  $l_1$  - величина врезания резца, мм;  $l_2$  - величина перебега, резца, мм.

$$l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \text{ мм}; \quad l_2 = (2 - 3)S_{ст}, \text{ мм},$$

где  $\varphi$  - величина главного угла в плане резца.

## 4.2. Стругание

Стругание (рис.4.2) с точки зрения стружкообразования имеет общие черты с точением. При этом виде обработки используется инструмент сходной формы и с одинаковой геометрией режущей части.

При стругании обрабатываются плоскости или линейные поверхности профильного сечения с прямолинейными образующими. При этом предусматривается простейшая принципиальная кинематическая схема резания, используются только одно главное движение - прямолинейно направленное.

Стругальные станки (табл.44 Приложения) осуществляют главное движение в горизонтальной плоскости. Протяжённость пути движения резца ограничивается настройкой станка. Совершив рабочий путь резания, резец или заготовка, пройдя в обратном направлении такое же расстояние, возвращается в исходное положение.

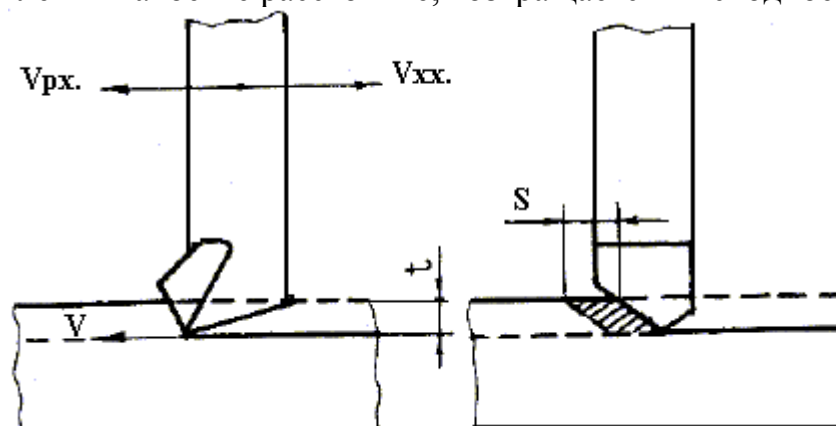


Рис.4.2. Схема срезания припуска строгальным резцом:

$V_{рх}$  - рабочий ход;  $V_{хх}$  - холостой ход.

Полный цикл работы строгального станка состоит из равных по длине рабочего и холостого ходов. Это даёт основание вести счёт пройденного пути или времени работы станка по двойным ходам.

После каждого двойного хода механизм привода главного движения станка отключается и включается механизм подачи ( $S$ ), который выражается в мм/дв.ход. После завершения подачи снова включается механизм привода главного движения и осуществляется очередной двойной ход.

**Глубина резания  $t$** , мм и число проходов предопределяется припуском на обработку и мощностью станка. Они устанавливаются, как и при точении.

При черновом строгании необходимо стремиться к тому, чтобы весь припуск снять за один проход.

**Подача  $S$** , мм/дв.ход при черновом строгании выбирается максимально допустимой из табл.3 Приложения в соответствии с глубиной резания, сечением державки резца, прочностью режущей пластинки. При чистовом строгании - по табл.5 Приложения, а при отрезании пазов - по табл.6 Приложения.

**Скорость резания  $V_p$** , м/мин при строгании плоскостей проходными резцами, при прорезании пазов и отрезании рассчитывается по соответствующим формулам для точения (4.1 - 4.6). При этом вводится дополнительный поправочный коэффициент ( $K_{yv}$ ) в формулу 4.3, учитывающий ударную нагрузку на резец. При продольном строгании  $K_{yv}=1,0$ ; а при поперечном -  $K_{yv}=0,8$ .

После определения скорости резания рассчитывается число двойных ходов в минуту:

$$\Pi_p = \frac{1000V_p}{L(1+m)} \text{ дв.ход/мин,} \quad (4.17)$$

где  $V_p$  - расчётная скорость резания, м/мин;  $L$  - расчётная длина хода резца, мм;  $m$  - отношение скорости рабочего хода резца к скорости холостого хода. Обычно принимается  $m=0,75$ .

$$L = l_1 + l_{2\text{мм}}, \quad (4.18)$$

где  $l_1$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;  $l_2$  - пробег резца в обе стороны, мм.

При  $l_1 < 100$  мм  $l_2 = 35$ , мм  
при  $101 < l_1 < 200$   $l_2 = 50$  мм,  
при  $201 < l_1 < 300$   $l_2 = 60$  мм.

Рассчитанная величина  $\Pi_p$  корректируется по паспорту станка и принимается ближайшая меньшая ступень, т.е.  $n_{ст} \leq \Pi_p$ . В случае бесступенчатого регулирования скорости ползуна станка, проверяется возможность реализации на нём  $\Pi_p$ , а  $n_{ст}$  принимается на 5-10% меньше  $\Pi_p$ .

После корректировки устанавливается фактическая скорость резания:

$$V_{\phi} = \frac{L(1+m) \cdot n_{\text{ст}}}{1000} \text{ м/мин.} \quad (4.19)$$

В дальнейших расчётах используются только  $n_{\text{ст}}$  и  $V_{\phi}$ .

**Сила резания.** Составляющие силы резания при строгании рассчитываются также, как и при точении с использованием формул 4.9; 4.10; 4.11.

**Мощность резания** и коэффициент использования станка по мощности определяются по формулам для точения : 4.12; 4.13; 4.14.

**Основное технологическое время** определяется по следующей зависимости:

$$T_o = \frac{A+B}{n_{\text{ст}} \cdot S} \text{ мин,}$$

где  $A$  - ширина обрабатываемой поверхности, мм;  $B$  - боковое врезание и сход резца, мм:

$$\text{при } t < 2 \text{ мм} \quad B = 4 \text{ мм,}$$

$$\text{при } 2,1 < t < 4 \text{ мм} \quad B = 6 \text{ мм,}$$

$$\text{при } 4,1 < t < 6 \text{ мм} \quad B = 8 \text{ мм.}$$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уткин Н.Ф. Приспособления для механической обработки. Лениздат, Л.: 1969. - 298 с.
2. Обработка металлов резанием: Справочник технолога /А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др. Под общ. ред. А.А.Панова.- М.: Машиностроение, 1988.- 736 с.
3. Механическая обработка материалов./ А.М. Дамский, В.С. Гаврилюк, А.Н. Бухаркин и др.: Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1981.- 263 с.
4. Справочник технолога механосборочного цеха судостроительного завода.- Изд. 5-е, перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1979. - 704 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985.
6. Горбунов Б.И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки. - М.: Машиностроение, 1981, -287 с.
7. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов.- М.: Высш. шк., 1985. - 304 с.
8. Шатин В.П., Шатин Ю.В. Справочник конструктора инструментальщика. М.: Машиностроение, 1975. - 456 с.
9. Обработка металлов резанием. Справочник технолога./Под ред. Г.А. Менахова. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1974.

### 4.3. Сверление, рассверливание, зенкерование, развёртывание

Сверление, зенкерование и развёртывание являются наиболее распространёнными технологическими способами обработки круглых отверстий.

Сверление (рис.4.3) - основной метод образования отверстий в металле обрабатываемых заготовок.

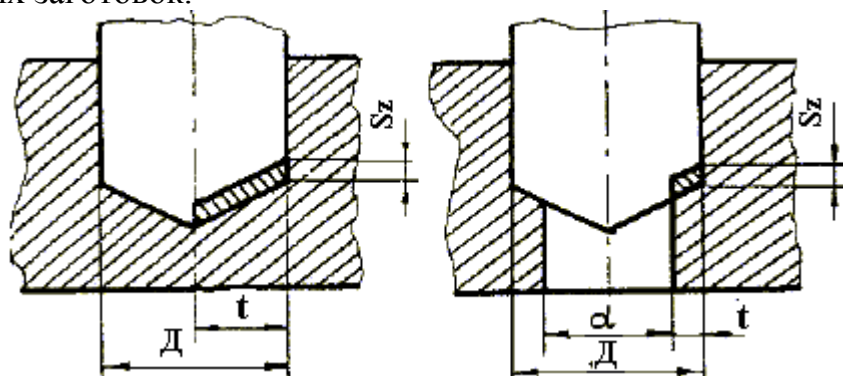


Рис.4.3. Схема резания при сверлении и рассверливании

При сверлении, как правило, используются стандартные свёрла, имеющие две режущие кромки, расположенные диаметрально относительно друг друга.

Просверленные отверстия чаще всего не имеют абсолютно правильной цилиндрической формы. Их поперечные сечения представляют форму овала, а продольные - небольшую конусность.

**Зенкерование** предназначено для обработки предварительно просверленных отверстий или отверстий, изготовленных способами литья или штамповки. При зенкеровании достигается более высокая точность по форме и размеру, чем при сверлении.

Стандартные зенкеры имеют от трёх до восьми зубьев. На практике чаще всего используются зенкеры с тремя винтовыми зубьями, смещёнными на  $120^{\circ}$  относительно друг друга.

**Развёртывание** - технологический способ завершающей обработки просверленных и зенкеранных отверстий с целью получения точных по форме и диаметру цилиндрических отверстий с малой шероховатостью.

Развёртки имеют чётные ( $Z \geq 4$ ) число зубьев, расположенных диаметрально друг против друга. Каждым зубом срезается слой малой толщины, что и даёт возможность получения высокой точности.

**Глубина резания**. При сверлении глубина резания принимается  $t=0,5D$  (см. рис.4.3), а при рассверливании, зенкеровании или развёртывании  $t=0,5(D-d)$ , где  $D$  - диаметр инструмента, мм;  $d$  - диаметр предварительного отверстия, мм.

**Подача**. При сверлении отверстий подача принимается по табл.15 Приложения. При рассверливании отверстий, подача рекомендуемая для сверления, увеличивается в 2 раза.

Значения подач рассчитаны на обработку отверстий глубиной менее  $3D$ . При бо льшей глубине необходимо вводить поправочный коэффициент  $K_1$ ,

Таблица 4.1

Значения поправочного коэффициента

Глубина отверстия, l мм	$1 \leq 5D$	$1 \leq 7D$	$1 \leq 10D$
Поправочный коэффициент $K_{l_s}$	0,9	0,8	0,75

Рекомендуемые подачи при зенкеровании приведены в табл.16 Приложения, а при развертывании в табл.17 Приложения.

Назначенная подача должна быть скорректирована по паспорту выбранного станка. При этом необходимо выдержать условие:  $S_{ст} \leq S$ , где  $S_{ст}$  - окончательно установленное по паспорту значение подачи.

Паспортные данные некоторых типов станков приведены в табл.45 Приложения.

**Скорость резания.** Скорость резания, м/мин, определяется:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v,$$

при сверлении

а при рассверливании, зенкерования и развёртывании

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

где  $D$  - диаметр сверла, зенкера или развёртки, мм;  $K_v$  - общий поправочный коэффициент. Значения коэффициентов  $C_v$  и показателей степени приведены для сверления в табл.18 Приложения, для рассверливания, зенкерования и развёртывания - в табл.19 Приложения, а значения периода стойкости  $T$  - в табл.20 Приложения.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания определяется по формуле:

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

где  $K_{mv}$  - коэффициент на обрабатываемый материал;  $K_{mv}$  - коэффициент на инструментальный материал;  $K_{lv}$  - коэффициент, учитывающий глубину сверления; коэффициент  $K_{mv}$  рассчитывается следующим образом:

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_b} \right)^{nv};$$

при обработке стали

$$K_{mv} = \left( \frac{1900}{HB} \right)^{nv};$$

при обработке серого чугуна

$$K_{mv} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{nv},$$

при обработке ковкого чугуна

где  $\sigma_b$  - предел прочности материала заготовки, Мпа; HB - твёрдость материала заготовки, Мпа.

Значения показателей  $n_v$  и коэффициентов  $K_{IV}$  приведены в табл.8,10 Приложения.

Коэффициент, учитывающий глубину отверстия  $K_{IV}$  при сверлении принимается в зависимости от диаметра сверла.

Таблица 4.2

Коэффициент, учитывающий глубину отверстия  $K_{IV}$

Глубина отверстия	$D_0 - 3D$	$3D - 4D$	$4D-5D$	$5D - 6D$	$6D - 8D$	более 8D
Коэффициент $K_{IV}$	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	0,55

При рассверливании, зенкерования и развёртывании  $K_{IV}=1,0$ .  
После определения скорости резания, рассчитывается частота вращения шпинделя станка  $n_p$ , 1/мин:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D},$$

где  $D$  - диаметр инструмента, мм.

Полученное значение  $n_p$  корректируется по паспорту станка и принимается ближайшая меньшая ступень  $n_{ст}$ , т.е. должно быть выдержано условие:  $n_{ст} \leq n_p$ . В дальнейших расчётах используется только  $n_{ст}$ .

Крутящий момент,  $Nм$  и осевая сила,  $H$ , рассчитываются по следующим формулам:

при сверлении 
$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p;$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p;$$

при рассверливании и зенкерования

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p;$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p,$$

где  $C_m$  и  $C_p$  - коэффициенты, учитывающие условия резания, значения которых, а также значения показателей степени приведены в табл. 21 Приложения.

Коэффициент  $K_p$  в данном случае зависит только от материала заготовки и определяется выражением:  $K_p = K_{мп}$ . Его значения рассчитываются по табл. 13 Приложения.

Для определения крутящего момента при развёртывании каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточной резец. Тогда при диаметре развёртки  $D$  крутящий момент устанавливается:

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \text{ Нм}, \quad (4.32)$$

где  $S_z$ - подача, мм на 1 зуб развёртки, равная  $S/z$ ;  $z$  - число зубьев развёртки;  $S = S_{ст}$  - принятая подача, мм/об.



Значения коэффициентов и показателей степени приведены в табл. 12  
Приложения.

Рассчитанную силу подачи  $P_o$  необходимо сравнить с допускаемыми значениями по паспорту выбранного станка. При превышении последней расчёт режимов следует повторить, скорректировав принимаемые автором параметры.

**Мощность резания.** Эффективная мощность резания определяется по формуле:

$$N_s = \frac{M_{кр} \cdot n_{ст}}{9750} \text{ кВт.} \quad (4.33)$$

Потребная мощность резания:

$$N_{п} = \frac{N_s}{\eta} \text{ кВт,} \quad (4.34)$$

где  $\eta$  - КПД станка.

Для выводов об эффективности рассчитанных режимов для принятого станка, определяется коэффициент его использования по мощности:

$$K = \frac{N_{п}}{N_{ст}}, \quad (4.35)$$

где  $N_{ст}$  - мощность главного электродвигателя станка.

Наиболее рациональные значения  $K = 0,85 - 0,9$ . В случае отклонения  $K$  от рациональной величины необходимо расчёты режимов резания повторить, скорректировав параметры, устанавливаемые автором.

**Основное технологическое время** определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{\Pi_{ст} \cdot S_{ст} \text{ мин}}, \quad (4.36)$$

где  $L$  - расчётная глубина отверстия, мм.

$$L = l + l_1 + l_2 \text{ мм,} \quad (4.37)$$

где  $l$  - чертёжный размер глубины отверстия, мм;  $l_1$  - величина врезания инструмента, мм;  $l_2$  - величина перебега инструмента, мм. Можно принять :

$$l_1 + l_2 = 0,35D.$$

## 4.4. Фрезерование

Фрезерование является высокопроизводительным методом формообразования поверхностей деталей многолезвийным режущим инструментом - фрезой. Для этого метода характерно непрерывное главное вращательное движение инструмента и поступательное движение заготовки.

Тип применяемой фрезы определяется конфигурацией обрабатываемой поверхности (рис.4.4). Её диаметр для сокращения основного технологического времени выбирается по возможности наименьшей величины с учётом схемы резания, формы и размеров обрабатываемой заготовки.

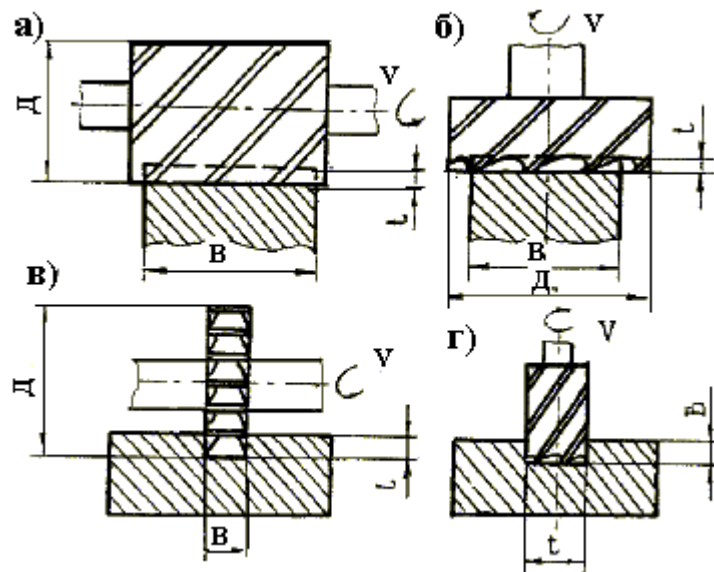


Рис.4.4. Виды фрезерования:

- а) фрезы цилиндрические; б) фрезы торцевые;  
в) фрезы дисковые; г) фрезы концевые.

При торцовом фрезеровании (рис.4.4б) диаметр фрезы  $D$  должен быть больше ширины фрезерования  $B$  и может приниматься по формуле :

$$D = (1,25 - 1,5)B, \text{ мм.}$$

**Глубина фрезерования  $t$  и ширина фрезерования  $B$**  (рис.4.4) - величины связанные с размерами снимаемого слоя. Параметр  $t$  измеряется в направлении, перпендикулярном оси фрезы (за исключением торцового фрезерования). Ширина фрезерования измеряется перпендикулярно глубине.

Глубина резания при припуске на обработку до 5 мм, как правило, принимается равной последнему. В противном случае назначается несколько проходов. При чистовом фрезеровании, чаще всего  $t = 1-1,5$  мм.

**Подача** . При фрезеровании различаются подача на один зуб фрезы  $S_z$ , мм/зуб; подача на один оборот  $S_o = S_z Z$  мм/об и минутная подача  $S_m = S_z n Z$  мм/мин, где  $n$  - частота вращения фрезы, 1/мин;  $Z$  - число зубьев фрезы.

При черновом фрезеровании исходной величиной подачи является подача на зуб  $S_z = S_o / Z$  . В табл. 22-25, 26 Приложения приведены рекомендуемые подачи для различных условий резания.

**Скорость резания** определяется по формуле:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^i \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad \text{м/мин,} \quad (4.38)$$

где  $K_v$  - общий поправочный коэффициент;  $T$  - период стойкости фрезы, мин.

Значения  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 26, 27 Приложения, а период стойкости - в табл. 28 Приложения.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv},$$

где  $K_{mv}$  - коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал;  $K_{pv}$  - коэффициент, учитывающий состояние поверхности;  $K_{iv}$  - коэффициент, учитывающий материал инструмента.

Коэффициент  $K_{mv}$  рассчитывается по формулам:

при обработке стали

$$K_{mv} = \left( \frac{750}{\sigma_v} \right)^{pv}; \quad (4.39)$$

при обработке серого чугуна

$$K_{mv} = \left( \frac{1900}{HB} \right)^{pv}; \quad (4.40)$$

при обработке ковкого чугуна

$$K_{mv} = \left( \frac{1500}{HB} \right)^{pv}, \quad (4.41)$$

где  $\sigma_b$  - предел прочности материала заготовки, Мпа; HB - твёрдость материала заготовки, Мпа.

Значения показателей  $pv$  и коэффициентов  $K_{pv}$ ,  $K_{iv}$  приведены в табл. 8, 9, 10 Приложения.

При обработке медных сплавов принимать  $K_{mv}=1,7-2,0$ , а при обработке алюминиевых сплавов -  $K_{mv}=0,8-1,2$ .

После расчёта скорости резания, определяется частота вращения шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} \quad 1/\text{мин}, \quad (4.42)$$

где  $D$  - диаметр фрезы, мм.

Значение  $n_p$  корректируется по паспортным данным принятого станка (табл.46 Приложения) и принимается ближайшая меньшая ступень  $n_{ст}$  так, чтобы  $n_{ст} \leq n_p$ . В дальнейших расчётах используется только  $n_{ст}$ .

После корректировки частоты вращения шпинделя, определяется фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} \quad \text{м/мин.} \quad (4.43)$$

В дальнейших расчётах используется только  $V_\phi$ .

**Сила резания** . Главная составляющая силы резания при фрезеровании - окружная сила, Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot V^u \cdot Z}{D^q \cdot n_{ст}^w} \cdot K_{мп}, \quad (4.44)$$

где  $K_{мп}$  - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала (см. табл.13 Приложения).

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 29 Приложения.

После расчёта  $P_z$  устанавливается возможность её реализации на вы бранном станке.

Для этого определяется сила  $P_x$ , которая сравнивается по паспорту станка с допустимой силой подачи  $P_x$  доп.

Для цилиндрических дисковых, прорезных и отрезных фрез  $P_x=(1,1-1,2)P_z$ , а для торцовых  $P_x=(0,3-0,4)P_z$ .

Необходимо, чтобы  $P_x \leq P_x$  доп.

**Мощность резания**, кВт. Вначале рассчитывается эффективная мощность резания:

$$N_{э} = \frac{P_z \cdot V_{ст}}{1020 \cdot 60}, \quad (4.45)$$

а затем определяется потребная мощность на шпинделе станка:

$$N_{п} = \frac{N_{э}}{\eta}, \quad \text{кВт}, \quad (4.46)$$

где  $\eta$  - КПД станка.

Для выводов об эффективности рассчитанных режимов устанавливается коэффициент использования станка по мощности:

$$K = \frac{N_{п}}{N_{ст}}, \quad (4.47)$$

где  $N_{ст}$  - мощность главного электродвигателя станка, кВт.

Значения  $K$  не должны превышать единицы. Наиболее рациональное значение  $K=0,85-0,9$ .

В случае существенного отклонения коэффициента от рациональных величин, расчёт режимов следует осуществить вновь, скорректировав при этом параметры, принимаемые автором ( $t$ ,  $S$ , тип станка и др.).

**Основное технологическое время** определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L}{S_m} \cdot i, \quad \text{мин}, \quad (4.48)$$

где  $L$  - расчётная длина обрабатываемой поверхности, мм;  $S_M$  - минутная подача, мм/мин;  $i$  - число проходов.

$$L = l + l_1 + l_2, \text{ мм}, \quad (4.49)$$

где  $l$  - чертёжная длина обрабатываемой поверхности, мм;  $l_1$  - величина врезания, мм:

при фрезеровании цилиндрической и дисковой фрезами  $l_1 = \sqrt{t(D-t)}$ ; а при фрезеровании торцовой фрезой -  $l_1=D$ .  $l_2$  - величина перебега, мм: при использовании цилиндрической и дисковой фрезы  $l_2=2-5$  мм; при торцовой -  $l_2=2-4$  мм.

## 4.5. Шлифование

Шлифованием называется процесс обработки заготовок с помощью шлифовальных кругов. Абразивные зёрна в круге удерживаются с помощью связки и расположены неупорядоченно. При вращении круга часть зёрен срезает материал с обрабатываемой поверхности и она приобретает вид совокупности микроследов абразивных зёрен.

Часть зёрен ориентирована таким образом, что резать не может, но производит работу трения по поверхности резания. В зоне резания выделяется большое количество теплоты по причине которой мелкие частицы обрабатываемого материала, сгорая, либо образуют пучок искр, либо оплавляются.

Существуют следующие основные схемы шлифования: наружное круглое, внутреннее круглое и плоское.

При наружном круглом шлифовании (рис.4.5 а) круг, вращаясь вокруг оси, совершает главное движение. Цилиндрическая заготовка вращается вокруг оси параллельной оси круга. Наружные поверхности круга и заготовки взаимно касаются по образующей. Линейные скорости точек шлифовального круга и заготовки могут быть направлены в одну сторону или навстречу друг другу, но в любом случае скорости точек, принадлежащих кругу, намного превосходят скорости точек заготовки.

Заготовке сообщается возвратно-поступательное движение продольной подачи  $S_{пр}$ . По окончании цикла возвратно-поступательного движения продольной подачи действует прерывистое движение поперечной подачи, сообщаемое шлифовальному кругу или заготовке  $S_{поп}$ .

Во время внутреннего круглого шлифования (рис. 4.5 б) шлифовальный круг и обрабатываемая заготовка вращаются вокруг параллельных осей, при этом наружная поверхность круга касается внутренней поверхности детали. Движения продольной  $S_{пр}$  и поперечной  $S_{поп}$  подач такие же, как и при наружном круглом шлифовании, но приложены, как правило, только к шлифовальному кругу.

При плоском шлифовании (рис.4.5 в) шлифовальный круг, вращаясь вокруг своей оси, совершает главное движение резания. Его наружная поверхность касается обрабатываемой заготовки. Заготовке сообщается возвратно-поступательное движение продольной подачи  $S_{пр}$ . В промежутках между этими движениями кругу придаётся прерывистое движение поперечной подачи  $S_{поп}$ . После обработки всей

поверхности шлифовальному кругу сообщается движение вертикальной подачи  $S_{\text{верт}}$ . Шлифование всей плоскости повторяется до тех пор, пока значение суммарной вертикальной подачи не будет равно припуску на обработку.

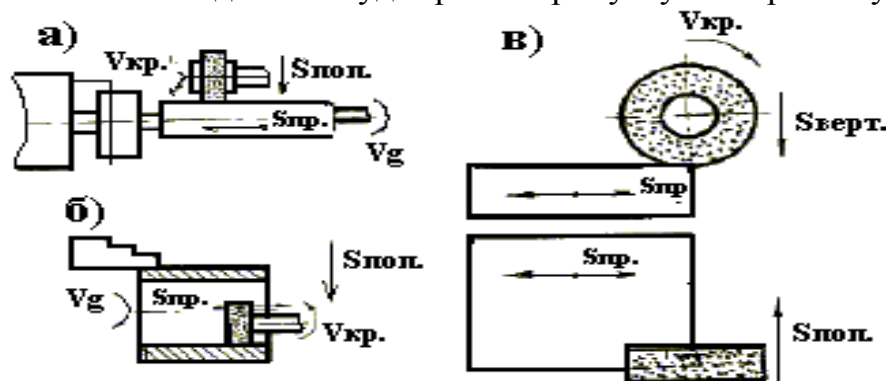


Рис. 4.5. Схемы шлифования: а) наружное круглое; б) внутреннее круглое; в) плоское.

При шлифовании важное значение имеет выбор материала круга. Для шлифования мягких материалов, как правило используются твёрдые круги с открытой (пористой) структурой.

При шлифовании закалённых сталей нужны мягкие круги. В случае необходимости достижения большой производительности следует применять крупнозернистые круги, а высокой чистоты поверхности - мелкозернистые. Некоторые рекомендации по выбору шлифовальных кругов приведены в табл.30 Приложения, а паспортные данные станков - в табл. 47 Приложения.

#### 4.5.1. круглое наружное и внутреннее шлифование

Ниже приводятся рекомендации по расчету режимов шлифования методом продольных подач цилиндрических поверхностей деталей.

**Глубина шлифования  $t$ , мм** (поперечная подача  $S_{\text{поп}}$ , мм) зависит от размеров заготовки, свойств обрабатываемого материала и характера шлифования.

В табл. 31 Приложения приведены рекомендуемые поперечные подачи на один двойной ход детали при круглом внешнем шлифовании, а в табл. 32 Приложения - при круглом внутреннем.

**Продольная подача  $S_{\text{пр}}$ , мм** - это перемещение обрабатываемой детали вдоль её оси за один оборот. Она определяется по формуле:

$$S_{\text{пр}} = B \cdot \beta_{\text{мм/об}}, \quad (4.50)$$

где  $B$  - ширина шлифовального круга, мм;  $\beta$  - расчётный коэффициент.

Значения коэффициента  $\beta$  для круглого внешнего шлифования приведены в табл.33 Приложения, а для круглого внешнего - в табл.34 Приложения.

Рекомендации по выбору диаметра и ширины шлифовального круга даны в табл.36-37 Приложения.

**Частота вращения детали круга.** Прежде чем рассчитать частоту вращения детали, необходимо определить её расчётную скорость вращения:

$$V_{\text{д}} = \frac{C_v \cdot D_{\text{д}}^k}{T^m \cdot t^x \cdot \beta} \text{ м/мин,} \quad (4.51)$$

где  $D_{\text{д}}$  - диаметр шлифуемой поверхности, мм;  $T$  - стойкость шлифовального круга (30-45 мин). Значения  $C_v$ ,  $K$ ,  $m$ ,  $x$  приведены в табл.35 Приложения.

Расчётная частота вращения детали:

$$n_{\text{д}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{д}}}{\pi \cdot D_{\text{д}}} \text{ 1/мин.} \quad (4.52)$$

Необходимо, чтобы  $n_{\text{д}}$  находилась в пределах, указанных в паспортных данных выбранного станка.

Определяется скорость вращения шлифовального круга.

$$V_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{к}} \cdot n_{\text{к}}}{1000} \text{ м/мин,} \quad (4.53)$$

где  $D_{\text{к}}$  - диаметр шлифовального круга, мм;  $n_{\text{к}}$  - частота вращения шлифовального круга, 1/мин (принимается по паспорту станка).

Скорость перемещения стола определяется по формуле:

$$V_{\text{с}} = \frac{S_{\text{пр}} \cdot n_{\text{д}}}{1000} \text{ м/мин.} \quad (4.54)$$

Полученное значение  $V_{\text{с}}$  должно находиться в пределах скоростей перемещения стола, указанных в паспорте выбранного станка. В противном случае, необходимо провести корректировку  $S_{\text{пр}}$  и  $n_{\text{д}}$ .

**Силы резания и мощность.** Тангенциальная сила резания,  $N$ :

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot V_{\text{д}}^u \cdot S_{\text{пр}}^x \cdot t^y \quad (4.55)$$

Значения  $C_p$ ,  $u$ ,  $x$ ,  $y$  приведены в табл.38 Приложения.

Эффективная мощность на вращение шлифовального круга определяется по формуле:

$$N_{\text{эк}} = \frac{P_z \cdot V_{\text{к}}}{1020 \cdot 60} \text{ кВт} \quad (4.56)$$

Потребная мощность на вращение шлифовального круга:

$$N_{\text{пк}} = \frac{N_{\text{эк}}}{\eta} \quad \text{кВт,} \quad (4.57)$$

где  $\eta$  - к.п.д. шлифовального станка по паспортным данным станка.

Коэффициент использования станка по мощности:

$$K = \frac{N_{\text{пк}}}{N_{\text{ст}}}, \quad (4.58)$$

где  $N_{\text{ст}}$  - мощность электродвигателя главного движения, кВт.

**Основное технологическое время**, мин определяется по формуле:

$$T_o = \frac{2L \cdot h}{n_d \cdot S_{\text{пр}} \cdot t} \cdot K, \quad (4.59)$$

где  $L$  - длина продольного хода детали, мм;  $h$  - припуск на обработку, мм;

$K$  - коэффициент, учитывающий точность шлифования и износ круга. При черновом шлифовании  $K = 1,3-1,4$ ; при чистовом -  $K = 1,3-1,7$ .

$$L = l + B_{\text{мм}} \quad (4.60)$$

где  $l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;  $B$  - ширина круга, мм.

#### 4.5.2. Плоское шлифование

Ниже рассматривается расчёт режимов шлифования периферией круга.

**Глубина шлифования  $t$  мм** (вертикальная подача,  $S$  в мм/дв.ход).

Обычно при плоском шлифовании глубина шлифования принимается при предварительной обработке  $t=0,15-0,04$  мм, а при окончательной -  $t=0,005-0,01$  мм на двойной ход.

**Продольная подача  $S_{\text{пр}}$ , мм/об** - это перемещение шлифуемой поверхности за один оборот круга.

Величина подачи определяется по формуле:

$$S_{\text{пр}} = \beta \cdot B \quad \text{мм/об,} \quad (4.61)$$

где  $B$  - ширина круга, мм;  $\beta$  - коэффициент шлифования.

Величину  $B$  можно принять по паспорту станка. Коэффициент шлифования для

предварительной обработки  $\beta=0,4-0,7$ , а для окончательной -  $\beta=0,25-0,35$

**Скорость детали и круга**. Скорость перемещения детали определяется по формуле:

$$V_d = \frac{C_v}{T^{0,7} \cdot \beta \cdot t^{0,75}} \quad \text{м/мин,} \quad (4.62)$$



где  $C_v$  - коэффициент, принимаемый : при шлифовании незакалённой стали - 15,50; при шлифовании закалённой стали - 15,25; при шлифовании чугуна и медных сплавов - 15,90;  $T$  - период стойкости круга (30-40 мин).

Скорость  $V_d$  должна быть в пределах, указанных в паспорте выбранного станка.  
Число двойных ходов стола:

$$n_{ст} = \frac{1000 \cdot V_d}{2L}, \quad (4.63)$$

где  $L$  - расчётный ход стола, мм.

$$L = 1 + (20 - 30)_{мм},$$

где  $L$  - длина шлифуемой поверхности, мм.

Скорость вращения шлифовального круга:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60} \text{ м/с}, \quad (4.64)$$

где  $D_k$  - диаметр шлифовального круга (по паспорту станка), мм;  $n_k$  - частота вращения круга (по паспорту станка), 1/мин.

**Мощность шлифования.** Эффективная мощность шлифования определяется по формуле:

$$N_{э} = C_N \cdot V_d \cdot S_{пр}^{0,8} \cdot t^{0,8} \text{ кВт}, \quad (4.65)$$

где  $C_N$  - коэффициент, принимаемый при шлифовании сырой стали - 0,68; при шлифовании закалённой стали - 0,76; при шлифовании чугуна и медных сплавов - 1,8.

Потребная мощность резания:

$$N_{п} = \frac{N_{э}}{\eta} \text{ кВт}, \quad (4.66)$$

где  $\eta$  - к.п.д. станка (по паспорту).

Коэффициент использования станка по мощности:

$$K = \frac{N_{п}}{N_{ст}}, \quad (4.67)$$

где  $N_{ст}$  - мощность электродвигателя станка (по паспорту), кВт.

**Основное технологическое время**, мин, при плоском шлифовании с двойным ходом стола определяется по формуле:

$$T_o = \frac{2L \cdot H \cdot h \cdot K}{S_{пр} \cdot n_k \cdot S_{поп} \cdot t}, \quad (4.68)$$

где  $H$  - ширина шлифования, мм;  $h$  - припуск на обработку, мм;  $S_{\text{поп}}$  - поперечная подача, мм/дв.ход. При обычном шлифовании  $S_{\text{поп}} = 0,005-0,10$  мм/дв.ход. При чистовом -  $S_{\text{поп}} = 0,003-0,005$  мм/дв.ход.  $K$  - коэффициент, учитывающий точность шлифования и износ круга. При обычном шлифовании  $K = 1,2-1,4$ , а при чистовом  $K = 1,3-1,7$ .

#### 4.6. Протягивание

Протягивание используется для формирования таких стандартных элементов деталей, как шлицевые пазы, шпоночные канавки, квадраты или многогранники под гаечные ключи, круглые и прямоугольные отверстия и др.

Особенность протягивания состоит в том, что при этом виде обработки отсутствует движение подачи, так как она заложена в конструкции самого инструмента: разность высот зубьев протяжки или полуразность диаметров каждой пары смежных рабочих зубьев даёт величину, называемую подачей на зуб  $S_z$  (рис. 4.6).

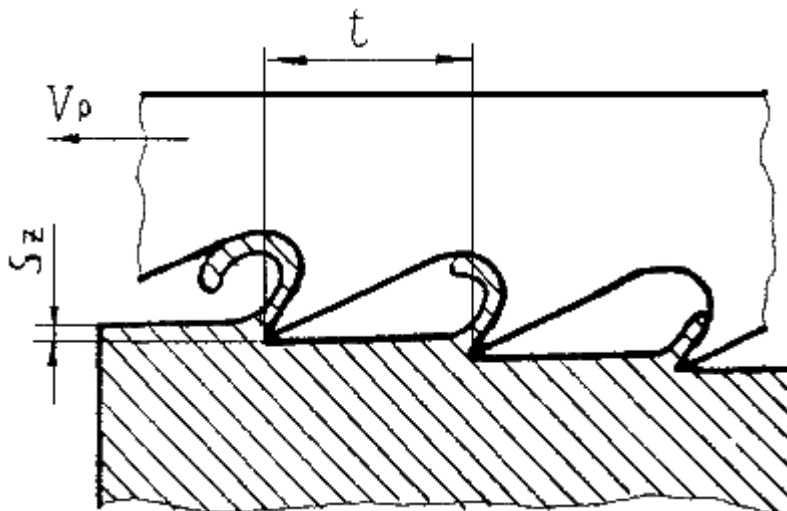


Рис.4.6. Схема срезания припуска при обработке протягиванием.

Различают внутреннее и наружное протягивание. При внутреннем - формируются отверстия различных конфигураций, а при наружном - обрабатываются плоскости и фасонные незамкнутые профили. Протягивание осуществляется с помощью специальных инструментов - протяжек, которые представляют собой многолезвийный инструмент, имеющий значительную длину (более 1500 мм). На режущей части протяжек находится большое число режущих зубьев, расположенных друг за другом. При обработке внутренних центрально симметричных отверстий зубья протяжки имеют кольцевую форму соответствующего профиля.

В процессе резания протяжка протаскивается через неподвижно закреплённую заготовку, установленную на приспособлении стола протяжного станка и тем самым формируя необходимые элементы детали.

В табл.48 Приложения приведены паспортные данные некоторых типов протяжных станков.

**Подача** . При протягивании толщина срезаемого слоя равна разности между высотами соседних зубьев протяжки, которая называется подачей на зуб  $S_z$  , которая обычно принимается равной 0,1- 0,2 мм.

В табл.39 Приложения приведены рекомендуемые подачи в зависимости от материала и условий резания.

**Скорость резания** м/мин, определяется по следующей формуле:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^y}, \quad (4.69)$$

где  $T$  - период стойкости протяжки, мин (принимается в пределах 106-500 мин);  $C_v$  - коэффициент, зависящий от качества обрабатываемого материала, материала режущей части инструмента, условий резания и т. д.

Значения  $C_v$  и показателей степени  $m$  и  $y$  приведены в табл.40.

Величина  $V_p$  должна быть в пределах интервала скорости, указанных в паспорте выбранного станка.

**Сила резания** ,  $H$ , при протягивании определяется по формуле:

$$P_z = P \cdot \sum B \cdot K, \quad (4.70)$$

где  $P$  - сила резания, приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки зуба протяжки,

$H$  мм (табл.41) ;  $\sum B$  - наибольшая суммарная длина кромок всех одновременно режущих зубьев, мм;  $K$  - поправочный коэффициент.

$$\sum B = B \cdot Z_p, \text{ мм} \quad (4.71)$$

где  $B$  - периметр резания, мм;  $Z_p$  - наибольшее число одновременно режущих зубьев

$$Z_p = \frac{l}{t}, \quad (4.72)$$

где  $l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;  $t$  - шаг режущих зубьев протяжки (см. рис.4.6).

Поправочный коэффициент  $K$  , учитывающий влияние геометрии протяжки, износ режущей части, условия резания определяется:

$$K = K_\alpha \cdot K_\gamma \cdot K_h \cdot K_o, \quad (4.73)$$

где  $K_\alpha, K_\gamma$  - коэффициенты, учитывающие влияние переднего и заднего углов протяжки (табл.42);  $K_h$  - коэффициент, учитывающий влияние износа зубьев

протяжки. При отсутствии износа  $K_h=1$ . При износе до 0,3 мм  $K_h=1,15$ . При износе зубьев свыше 0,3 мм  $K_h=1,75$ .  $K_o$  - коэффициент, учитывающий охлаждение зоны резания.

При работе без охлаждения  $K_o=1,34$ ; с охлаждением -  $K_o=1,0$ .

Значение рассчитанной силы  $P_z$  должно быть меньше номинальной тяговой силы выбранного станка.

**Мощность протягивания**, кВт. Эффективная мощность:

$$N_{\text{э}} = \frac{P_z \cdot V_p}{1020 \cdot 60} \quad (4.74)$$

Потребная мощность:

$$N_{\text{п}} = \frac{N_{\text{э}}}{\eta}, \quad (4.75)$$

где  $\eta$  - к.п.д. станка (по паспортным данным).

**Основное технологическое время**, мин, определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L \cdot K}{1000 \cdot V_p}, \quad (4.76)$$

где  $L$  - длина рабочего хода протяжки, мм;  $K$  - коэффициент, учитывающий обратный ход ( $K=1,4-1,50$ ).

$$L = l + l_p + l_k + l_1, \quad (4.77)$$

где  $l$  - чертёжная длина протягиваемой поверхности, мм;  $l_p$  - длина режущей части протяжки, мм;  $l_k$  - длина калибрующей части протяжки, мм;  $l_1$  - длина перебега протяжки (10-20 мм).

$$l_p = \left[ \frac{h}{2S} + (2 - 4) \right] \cdot t_p, \quad (4.78)$$

где  $h$  - припуск на обработку, мм;  $t$  - шаг режущих зубьев протяжки, мм.

$$l_k = Z_k \cdot t_k$$

$Z_k$  - число калибрующих зубьев протяжки ( $Z_k=4-8$ );  $t_k$  - шаг калибрующих зубьев протяжки, мм.

## 5. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Задание состоит из трех вопросов и задачи по расчету режимов резания.

Варианты заданий приведены в табл. 5.1. необходимый вариант выбирается студентом по двум последним цифрам шифра. Например, при шифре 93-Т-456 следует дать ответ на вопросы 6,26,46 и решить задачу № 76.

При решении задачи, условия которой приведены в табл. 5.2., необходимо соблюдать требования, изложенные во введении пособия.

Таблица 5.1.

### Варианты заданий

Окончание шифра (две последние цифры)	Номера	
	вопросов	задач
01, 21, 41, 61, 81	11, 31, 51	61
02, 22, 42, 62, 82	12, 32, 52	62
03, 23, 43, 63, 83	13, 33, 53	63
04, 24, 44, 64, 84	14, 34, 54	64
05, 25, 45, 65, 85	15, 35, 55	65
06, 26, 46, 66, 86	16, 36, 56	66
07, 27, 47, 67, 87	17, 37, 57	67
08, 28, 48, 68, 88	18, 38, 58	68
09, 29, 49, 69, 89	19, 39, 59	69
10, 30, 50, 70, 90	20, 40, 60	70
11, 31, 51, 71, 91	1, 21, 41	71
12, 32, 52, 72, 92	2, 22, 42	72
13, 33, 53, 73, 93	3, 23, 43	73
14, 34, 54, 74, 94	4, 24, 44	74
15, 35, 55, 75, 95	5, 25, 45	75
16, 36, 56, 76, 96	6, 26, 46	76
17, 37, 57, 77, 97	7, 27, 47	77
18, 38, 58, 78, 98	8, 28, 48	78
19, 39, 59, 79, 99	9, 29, 49	79
20, 40, 60, 80, 00	10, 30, 50	80

Таблица 5.2.

### Условия задач

номер		Наименование операции и перехода	Материал и механические свойства задачи
задачи	рисунка		
1	2	3	4
61	8	Токарная Расточить отверстие $d=43$ мм (предварительный $d=39$ мм)	Сталь 35; $\sigma_B=600$ Мпа
62	1	Токарная Обточить поверхность $d=120$ мм (предварительный $d=125$ мм)	Сталь 45; $\sigma_B=650$ Мпа
63	1	Токарная	Чугун СЧ20; $\text{HB}2000$ Мпа

64	6	<p>Расточить отверстие d=95 мм (предварительный d=90 мм) Строгальная</p> <p>Строгать опорную поверхность втулки А (припуск на обработку 5 мм) Строгальная</p>	<p>Чугун СЧ15; НВ1600 Мпа</p> <p>Сталь 40Х; <math>\sigma_{в}=700</math> МПа</p>
65	9	<p>Строгать поверхность Д (припуск на обработку 3 мм) Сверлильная</p>	<p>Серый чугун СЧ20; НВ 1800 Мпа</p>
66	1	<p>Сверлить 6 отв. d=11 мм Сверлильная</p>	<p>Сталь 20; <math>\sigma_{в}520=</math>МПа</p>
67	7	<p>Сверлить 6 сквозных отверстий d=12 мм Сверлильная</p>	<p>Сталь 55 мм; <math>\sigma_{в}=650</math> МПа</p>
68	11	<p>Рассверлить 4 отверстия d=22 мм (предварительный d=20 мм) Зенкерование</p>	<p>Чугун КЧ55-4; НВ 2410 МПа</p>
70	10	<p>Зенкеровать 2 отверстия d=35 мм (предварительный d==35,6 мм) Зенкерование</p>	<p>Сталь 12 ГС; <math>\sigma_{в}=470</math> МПа</p>
71	4	<p>Зенкеровать 8 отверстий d=16,6 мм (предварительный d=16,2 мм)</p>	
72	6	<p>Развертывание</p> <p>Развернуть коническое отверстие 1: 10 (припуск на обработку 0,1 мм) Фрезерная</p>	<p>Сталь 40; <math>\sigma_{в}=580</math> Мпа</p>
73	9	<p>Фрезеровать кольцевую поверх-ность С (припуск на обработку 4 мм) Фрезерная</p>	<p>Сталь Ст5Гпс; <math>\sigma_{в}=55</math> МПа</p>
74	9	<p>Фрезеровать поверхность Д (припуск на обработку 5 мм) Шлифовальная</p>	<p>Чугун ЧНХТ; НВ 2500 МПа</p>
75	3	<p>Шлифовать поверхность А (припуск на обработку 0,4 мм) Шлифовальная</p>	<p>Сталь 38Х2Ю; <math>\sigma_{в}=900</math> МПа</p>
76	12	<p>Шлифовать отверстие d=180 мм (предварительный d=179, 7 мм) Шлифовальная</p>	<p>чугун ЖЧХ16; НВ 3700 МПа</p>
77	7	<p>Шлифовать отверстие d=90 мм (предварительный d=90, 4 мм) Протяжная</p>	<p>Сталь 20Х23Н13; <math>\sigma_{в}=580</math> МПа</p>
78	3	<p>Протянуть паз в отверстии d=80 мм. Размеры паза 24x7x130 Протяжная</p>	<p>Чугун ЖЧХ2; НВ 2070 МПа</p>
79	5	<p>Протянуть паз размерами</p>	<p>Сталь40; <math>\sigma_{в}=600</math> МПа</p>
			<p>Чугун КЧ 45-7;</p>

80

7

12x3,7x62 мм  
Токарная  
Расточить отверстие  $d=72$  мм  
(предварительный  $d=68$  мм)

НВ 2070 МПа

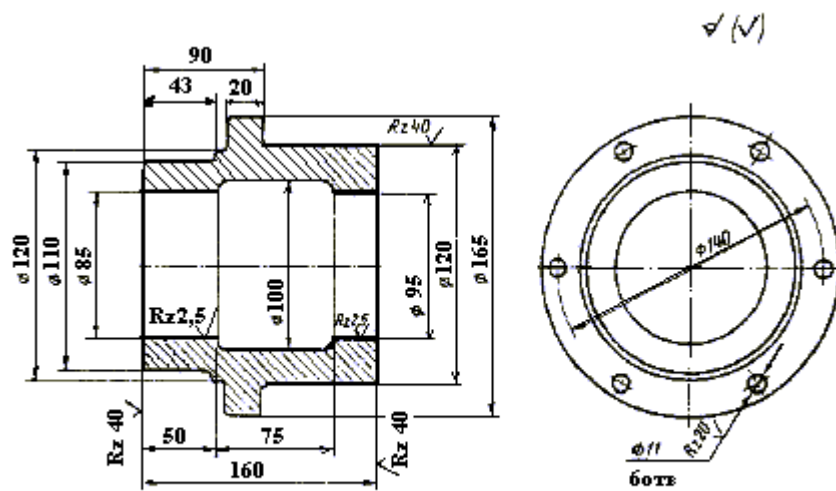
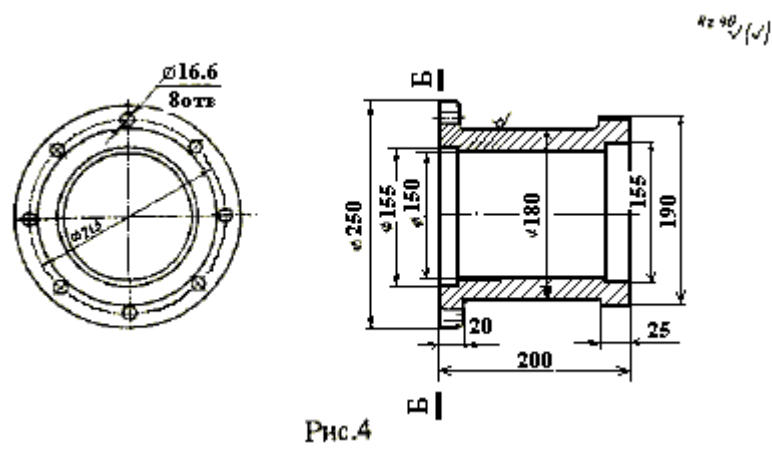
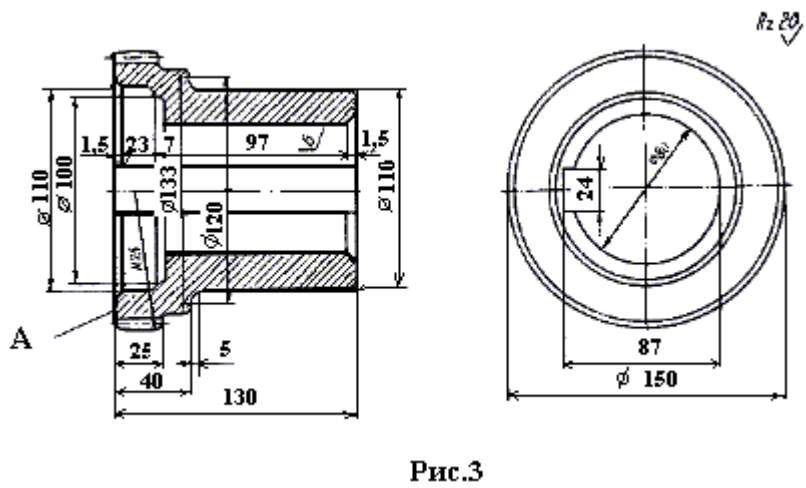
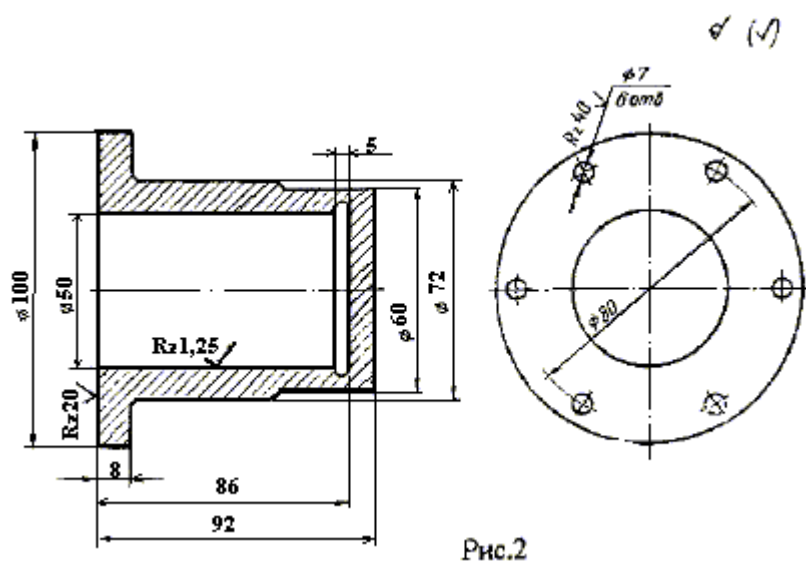


Рис. 1









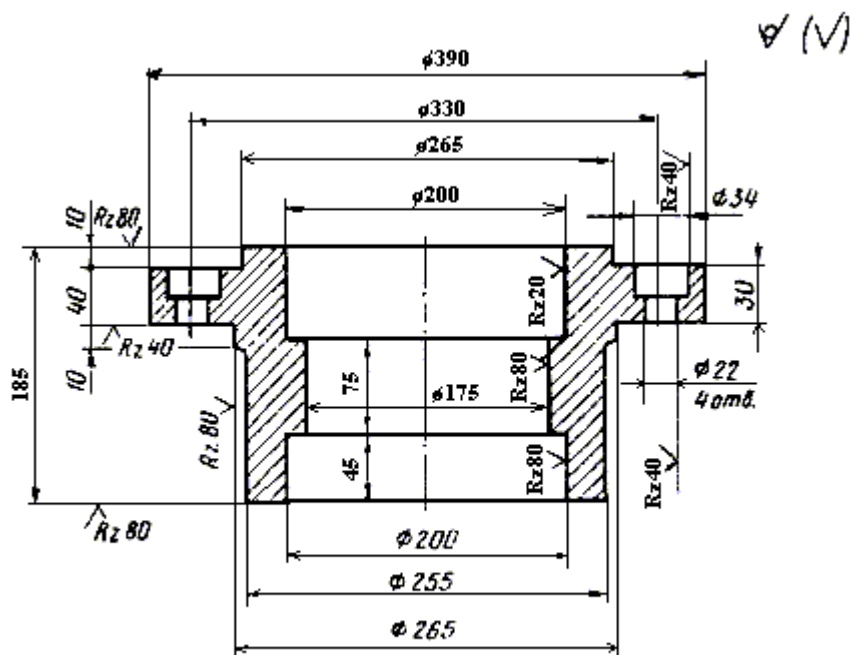


Рис. 11

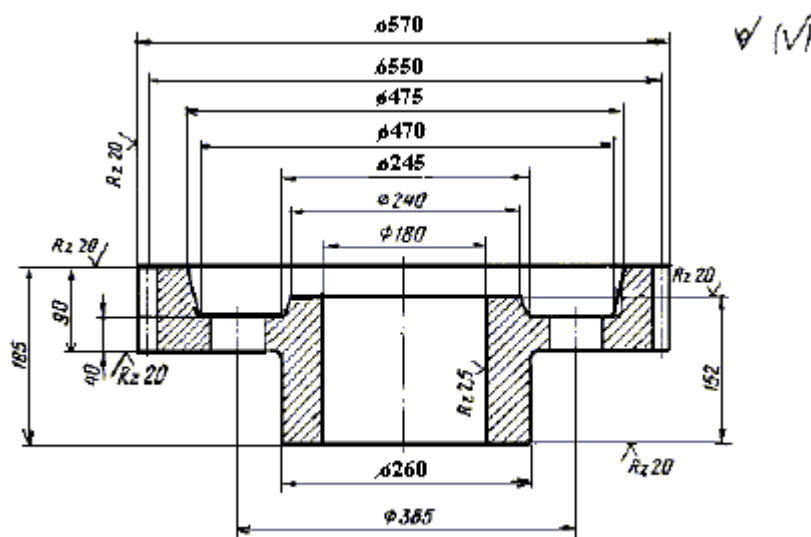


Рис. 12

### Вопросы

1. Физические явления, возникающие при резании.
2. Физические явления в зоне контакта инструмента и обрабатываемого материала.
3. Тепловые явления и методы оценки температуры в зоне резания.
4. Скорость резания, допускаемая токарным резцом.
5. Факторы, влияющие на силы резания при точении.
6. Особенности процесса резания при сверлении.
7. Особенности процесса резания при фрезеровании.
8. Методы изготовления зубьев зубчатых колес.
9. Роль смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) при резании.
10. Виды шлифования.
11. Отделочные методы абразивной обработки.

12. Сущность и способы обработки протягиванием.
13. Особенности обработки пластмасс резанием.
14. Классификация и обозначение металлокерамических твердых сплавов.
15. Сверхтвердые инструментальные материалы.
16. классификация и маркировка инструментальных сталей.
17. Минералькерамические сплавы для режущего инструмента.
18. Абразивные материалы.
19. Понятие об электроэрозионной и электрохимической обработках.
20. Понятие об ультразвуковой, электронно-лучевой и лазерной обработках.
21. Конструкция и геометрические элементы режущей части токарного проходного резца.
22. Конструкция и геометрические элементы режущей части токарного подрезного резца.
23. Конструкция и геометрические элементы режущей части токарного расточного резца.
24. Конструкция и геометрические элементы режущей части токарного отрезного резца.
25. Конструкция и геометрические элементы режущей части токарного резьбового резца.
26. Конструкция и геометрические элементы режущей части токарного фасонного резца.
27. Конструкция и геометрические элементы режущей части токарного сборного резца с неперетачиваемыми пластинками.
28. Конструкция и геометрические элементы режущей части спирального сверла улучшенной конструкции.
29. Конструкция и геометрические элементы режущей части цилиндрического зенкера.
30. Конструкция и геометрические элементы насадного четырехзубого зенкера.
31. Конструкция и геометрические элементы цилиндрической фрезы.
32. Конструкция и геометрические элементы режущей части торцевой фрезы.
33. Конструкция и геометрические элементы режущей части концевой фрезы.
34. Конструкция и геометрические элементы режущей части протяжки.
35. Конструкция и геометрические элементы режущей части модульной дисковой фрезы.
36. Конструкция и геометрические элементы режущей части червячной модульной фрезы.
37. Конструкция и геометрические элементы режущей части модульного долбяка.
38. Конструкция и геометрические элементы шлифовальных кругов.
39. Конструкция и геометрические элементы конической развертки.
40. Устройство универсального токарно-винторезного станка и принцип его работы.
41. Устройство токарно-револьверного станка и принцип его работы.
42. Устройство токарно-карусельного станка и принцип его работы.
43. Устройство токарного автомата и принцип его работы.
44. Устройство вертикально-сверлильного станка и принцип его работы.
45. Устройство радиально-сверлильного станка и принцип его работы.
46. Устройство поперечно-строгального станка и принцип его работы.

47. Устройство внутришлифовального станка и принцип его работы.
48. Устройство плоско-шлифовального станка и принцип его работы.
49. Устройство круглошлифовального станка и принцип его работы.
50. Устройство зубофрезерного станка и принцип его работы.
51. Устройство зубодолбежного станка и принцип его работы.
52. Устройство вертикально-фрезерного станка и принцип его работы.
53. Устройство горизонтально-фрезерного станка и принцип его работы.
54. Устройство хонинговального станка и принцип его работы.
55. Устройство агрегатного станка и принцип его работы.
56. Устройство автоматической линии по обработке металлов и принцип его работы.
57. Устройство станка с программным управлением и принцип его работы.
58. Устройство протяжного станка и принцип его работы.
59. Устройство делительной головки и принцип ее работы.

При ответе на вопросы, связанные с конструкцией и геометрическими элементами режущего инструмента, необходимо привести его эскиз, указать наименование отдельных частей, отметить узлы заточки и пояснить их влияние на режимы обработки, стойкость инструмента и качество обработанной поверхности.

Отвечая на вопросы по устройству станков и принципу их работы, следует дать принципиальную или кинематическую схему, описать ее принцип работы, уделив основное внимание механизму главного движения, движению подачи, креплению обрабатываемой детали и режущего инструмента.

Работа должна быть написана чернилами на одной стороне листа. Ответы на вопросы даются кратко, поясняются эскизами и рисунками. Сокращения допускаются только принятые ГОСТом.

В конце работы приводится список используемой литературы.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ

[Таблица 1 Рекомендуемые области применения быстрорежущих сталей](#)

[Таблица 2 Рекомендуемые области применения твёрдых сплавов](#)

[Таблица 3 Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении](#)

[Таблица 4 Рекомендуемые подачи при черновом растачивании](#)

[Таблица 5 Поддачи при чистовом точении](#)

[Таблица 6 Поддачи при прорезании пазов и отрезании](#)

[Таблица 7 Значения коэффициента  \$C\_v\$  и показателей степени  \$m\$ ,  \$x\$ ,  \$y\$  при точении](#)

[Таблица 8 Значение показателей степени  \$n\_v\$](#)

[Таблица 9 Значения поправочного коэффициента  \$K\_{пв}\$](#)

[Таблица 10 Значения поправочного коэффициента  \$K\_{пч}\$](#)

[Таблица 11 Значения коэффициентов  \$K^{\Phi}\$  и  \$K\_r\$](#)

[Таблица 12 Значения коэффициента  \$C\_p\$  и показателей степени](#)

[Таблица 13 Поправочный коэффициент  \$K\_{мр}\$ , учитывающий влияние качества обрабатываемого материала](#)

[Таблица 14 Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров инструмента на силы резания при обработке стали и чугуна](#)

[Таблица 15 Рекомендуемые подачи  \$S\$  мм/об при сверлении из быстрорежущей стали](#)

[Таблица 16 Рекомендуемые подачи,  \$S\$  мм/об, при обработке отверстий зенкерами из быстрорежущей стали и твёрдого сплава](#)

[Таблица 17 Поддачи  \$S\$ , мм/об при черновом развёртывании отверстий развёртками из быстрорежущей стали](#)

[Таблица 18 Значения  \$C\_v\$  и показателей степени для определения скорости резания при сверлении](#)

[Таблица 19 Значения  \$C\_v\$  и показателей степени для определения скорости резания при рассверливании, зенкерования и развертывании](#)

[Таблица 20 Средние значения периода стойкости  \$T\$  мин, свёрл, зенкеров и развёрток](#)

[Таблица 21 Значение показателей и коэффициентов в формулах  \$M\_{кр}\$  и  \$P\_o\$  при сверлении, рассверливании и зенкерования](#)

[Таблица 22 Поддачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из твёрдого сплава](#)

[Таблица 23 Поддачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали](#)

[Таблица 24 Поддачи при чистовом фрезеровании  \$S\_o\$ , мм/об торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами](#)

[Таблица 25 Поддачи при черновом фрезеровании твердосплавными концевыми фрезами заготовок из стали](#)

[Таблица 26 Поддачи при чистовом фрезеровании  \$S\_o\$ , мм/об твердосплавными концевыми фрезами заготовок из стали](#)

[Таблица 27 Значения коэффициента  \$C\_v\$  и показателей степени в формуле скорости фрезерования при обработке сталей и чугунов](#)

[Таблица 28 Значения коэффициента  \$C\_v\$  и показателей степени в формуле скорости резания при обработке сплавов на медной и алюминиевой основе фрезами из быстрорежущей стали](#)

[Таблица 29 Средние значения периода стойкости фрез](#)

[Таблица 30 Значения  \$C\_p\$  и показателей степени для фрезерования](#)

[Таблица 31 Данные о шлифовальных кругах](#)

[Таблица 32 Поперечные подачи при круглом внешнем шлифовании](#)

[Таблица 33 Поперечные подачи при круглом внутреннем шлифовании](#)

[Таблица 34 Значения  \$\beta\$  для круглого внешнего шлифования](#)

[Таблица 35 Значения  \$\beta\$  для круглого внутреннего шлифования](#)

[Таблица 36 Данные для определения скорости шлифования](#)

[Таблица 37 Данные по выбору диаметра круга при внутреннем шлифовании](#)

[Таблица 38 Данные по выбору ширины круга при внутреннем шлифовании](#)

[Таблица 39 Данные по определению  \$P\_z\$  при круглом шлифовании](#)

[Таблица 40 Рекомендуемые подачи  \$S\_z\$  при протягивании](#)

[Таблица 41 Данные для расчёта скорости резания при протягивании](#)

[Таблица 42 Сила резания  \$P\$ ,  \$H\$ , приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки протяжки](#)

[Таблица 43 Значения коэффициентов  \$K^\alpha\$  и  \$K^\gamma\$  при протягивании](#)

**Таблица 1 Рекомендуемые области применения быстрорежущих сталей**

Марка стали	Свойства	Области применения
-------------	----------	--------------------



вание, строгание: чистовое	T30K4	T30K4	BK3M	BK6M	BK6M	BK3M	BK6M	BK6M	BK3M
	T15K6	T14K8	BK3	T15K6	BK6OM	BK6M	T18K6	BK8	BK3
черновое	T5K10	T5K10							BK6M
	T5K10	T14K8	BK6	BK6M	BK4	BK8	BK6	BK6	BK6
	T5K12	T5K10	T14K8	BK8	BK6	BK100M	BK8	BK6M	BK8
	TT7K12	TT10K8	BK8	BK100M	BK8	BK150M	TT8K6	BK8	T18K6
	TT10K8	T6K12	T5K10	TT7K12	BK150M	BK6M	BK6M		BK100M
Сверление отверстий: l < 5D	T5K10	T5K10	BK8	T5K12	BK8	BK8	BK4	BK4	BK8
	BK8	BK10M	BK10M	BK8	BK10M	BK6M	BK6M	BK6	BK10
l > 5D	T14K8	BK8		BK100M	BK100M	BK100M		BK8	BK6M
	T5K12	T5K12	T5K12	T5K12	BK8	BK6OM	BK4	BK6	BK8
	BK8	BK8	BK8	BK8	BK100M	BK8	BK6M	TT8K6	TT8K6

**Таблица 3 Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении**

Диаметр детали, мм	Размер державки резца, мм	Обрабатываемый материал					
		Сталь			Чугун и медные сплавы		
		Подача S, мм/об при глубине резания t, мм					
		До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8
До 20	От 16 x 25 до 25 x 25	0,3 - 0,4	-	-	-	-	-
20 - 40	От 16 x 25 до 25 x 25	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4	-	0,4 - 0,5	-	-
40 - 60	От 16 x 25 до 25 x 40	0,5 - 0,9	0,4 - 0,8	0,3 - 0,7	0,6 - 0,9	0,5 - 0,8	0,4 - 0,7
60 - 100	От 16 x 25 до 25 x 40	0,6 - 1,2	0,5 - 1,1	0,5 - 0,9	0,8 - 1,4	0,7 - 1,2	0,6 - 1,0
100 - 400	От 16 x 25 до 25 x 40	0,8 - 1,3	0,7 - 1,2	0,6 - 1,0	1,0 - 1,5	0,8 - 1,3	0,8 - 1,1

Примечание. 1. При обработке прерывистых поверхностей и при работе с ударными нагрузками табличные значения подач следует уменьшать на 15-25 %.

2. При обработке закалённых сталей с HRC 44-56 табличные значения необходимо уменьшать, умножая на коэффициент 0,8; для сталей с HRC 57-62 на коэффициент 0,5.

**Таблица 4 Рекомендуемые подачи при черновом растачивании**

Диаметр круглого сечения резца	Обрабатываемый материал	
	Сталь	Чугун и медные сплавы
	Подача S, мм/об, при глубине резания t, мм	



или раз меры прямоуго льного сечения державки	2	3	5	8	2	3	5	8
10	0,08	-	-	-	0,12 - 0,16	-	-	-
12	0,10	0,08	-	-	0,12 - 0,20	-	-	-
16	0,10 -	0,15	0,10	-	0,20 - 0,30	0,12 - 0,18	0,10 - 0,18	-
20	0,20	0,15 -	0,12	-	0,30 - 0,40	0,15 - 0,25	0,12 - 0,25	-
30	0,30 -	0,25	0,12 -	-	0,50 - 0,80	0,25 - 0,35	0,25 - 0,45	-
40	0,50	0,20 -	0,30	-	-	0,40 - 0,60	0,30 - 0,80	-
40x40	0,40 -	0,50	0,15 -	-	-	0,60 - 0,80	0,40 - 0,70	0,30
60x60	0,70	0,25 -	0,40	-	-	0,60 - 0,90	0,70 - 0,90	-
	-	0,60	0,30 -	0,40 - 0,70	-	0,90 - 1,2		0,40
	-	0,40-	0,60					0,50
	-	0,70	0,50 -					-
		0,70 -	0,80					0,70
		1,0						

Примечания. 1. При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи более 1 мм/об не применять

2. При обработке прерывистых поверхностей и при работе с ударами табличные значения подач следует уменьшать на 15 - 25 %.

3. При обработке закалённых сталей с HRC 44-56 значения подач нужно уменьшать, умножая на коэффициент 0,8; а с HRC 57-62 на коэффициент 0,5.

Таблица 5 Подачи при чистовом точении

Шероховатость обработанной поверхности		Радиус при вершине резца, мм					
R <sub>a</sub>	R <sub>z</sub>	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	-	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25,	-	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
2,5	-	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примечание. Подачи приведены для обработки сталей с  $\sigma_{в} = 700-900$  Мпа и

чугунов. Для сталей с  $\sigma_{в} = 500-700$  МПа значение подачи необходимо умножить на коэффициент

$K_s = 0,45$ , а для сталей с  $\sigma_{в} = 900-1100$  Мпа на коэффициент  $K_s = 1,25$ .

**Таблица 6 Подачи при прорезании пазов и отрезании**

Диаметр обрабатываемой детали, мм	Ширина режущей кромки резца, мм	Обрабатываемый материал	
		Стали	Чугуны, медные и алюминиевые сплавы
До 20	3	0,06 - 0,08	0,11 - 0,14
20 - 40	3 - 4	0,10 - 0,12	0,16 - 0,19
40 - 60	4 - 5	0,13 - 0,16	0,20 - 0,24
60 - 100	5 - 8	0,16 - 0,23	0,24 - 0,32
100 - 150	6 - 10	0,18 - 0,26	0,30 - 0,40

Примечание. Для закалённой конструкционной стали табличные значения подач необходимо уменьшить на 30% при HRC<50 и на 50% при HRC>50.

**Таблица 7 Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени  $m$ ,  $x$ ,  $y$  при точении**

Вид обработки	Материал режущей части резца	Подача	Коэффициент $C_v$ и показатели			
			$C_v$	$x$	$y$	$m$
<b>Обработка конструкционной стали</b>						
Точение	твёрдый сплав	$S < 0,3$	420	0,15	0,20	<b>0,20</b>
		$S = 0,3-0,7$	350	0,15	0,35	0,20
		$S > 0,7$	340	0,15	0,45	0,20
Отрезание	твёрдый сплав быстрорежущая сталь	-	47,0	-	0,80	0,20
		-	23,7	-	0,66	0,25
<b>Обработка серого чугуна</b>						
Точение	твёрдый сплав	$S \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	243	0,15	0,40	0,20
Отрезание	твёрдый сплав	-	68,5	-	0,40	0,20
<b>Обработка ковкого чугуна</b>						
Точение	твёрдый сплав	$S \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	215	0,15	0,45	0,20
Отрезание	твёрдый сплав	-	86	-	0,40	0,20

Обработка медных сплавов						
Точение	быстрорежущая сталь	$S \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$S > 0,20$	182	0,12	0,30	0,23
Обработка алюминиевых сплавов						
Точение	быстрорежущая сталь	$S \leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$S > 0,20$	328	0,12	0,50	0,28

Таблица 8 Значение показателей степени  $P_v$

Обрабатываемый материал	Показатели степени $P_v$ при обработке					
	резцами		сверлами, зенкерами, развертками		фрезами	
	из быстрорежущей стали	из твёрдого сплава	из быстрорежущей стали	из твёрдого сплава	из быстрорежущей стали	из твёрдого сплава
Сталь:						
углеродистая ( $C \leq 0,6\%$ )						
$\sigma_{в}$ , МПа:						
<450	-1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
450-550	1,75	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
>550	1,75	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0
углеродистая ( $C > 0,6\%$ )	1,5	1,0	0,9	1,0	1,35	1,0
хромоникелевая	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромомарганцовистая, хромокремнистая, хромокремнемарганцовистая, хромоникельмолибденовая, хромованадиевая	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
марганцовистая	1,50	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
хромоникельванадиевая, хромомолибденовая, хромоалюминиевая, хромоникельванадиевая	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
Чугун:						
серый	1,70	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
ковкий	1,30	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25

Таблица 9 Значения поправочного коэффициента  $K_{IV}$

Состояние поверхности заготовки					
без корки	с коркой				
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки при корке		Медные и алюминиевые сплавы
			нормальной	сильно загрязнённой	
1,0	0,9	0,8	0,80-0,85	0,50-0,60	0,90

Таблица 10 Значения поправочного коэффициента  $K_{IV}$

Обрабатываемый материал	Значения $K_{IV}$ в зависимости от марки инструментального материала						
	Сталь конструкционная	T5K12B 0,75	T5K10 0,65	P18 0,8	T15K6 1,05	P6M5 1,15	T30K4 1,4
Сталь закалённая	HRC 35 - 50				HRC 51 - 62		
	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 0,92	BK8 0,74
Серый и ковкий чугун	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,10	BK3 1,15		P18 0,95	P6M3 0,9
Медные и алюминиевые сплавы	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5	

Таблица 11 Значения коэффициентов  $K_{\varphi}$  и  $K_r$

Главный угол в плане, $\varphi^\circ$	Коэффициент $K_{\varphi}$	Радиус при вершине реза $r$ , мм	Коэффициент $K_r$
20	1,4	1	0,94
40	1,2	2	1,0
45	1,0	3	1,03
60	0,9	-	-
75	0,8	5	1,13
90	0,7	-	-

Таблица 12 Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени

Обрабатываемый	Материал реза	Вид обработки	Коэффициент $C_p$ и показатели степени		
			тангенциальной $P_z$	радиальной $P_y$	осевой $P_x$



сплавы		Отрезание и прорезание	50	1,0	1,0	-								
--------	--	------------------------	----	-----	-----	---	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 13 Поправочный коэффициент  $K_{\text{мр}}$ , учитывающий влияние качества обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Расчётная формула	Показатель степени $n$ при определении		
		$P_z$ при обработке резцами	$M_{\text{кр}}$ и $P_0$ при сверлении, рассверливании и зенкерованиях	окружной силы $P_z$ при фрезеровании
Конструкционная углеродистая и легированная сталь при: $\sigma_{\text{в}} \leq 600$ МПа $\sigma_{\text{в}} > 600$ МПа	$K_{\text{мр}} = \left( \frac{\sigma_{\text{в}}}{750} \right)^n$	0,75/0,35	0,75/0,75	0,3
		0,75/0,75	0,75/0,75	0,3
Серый чугун	$K_{\text{мр}} = \left( \frac{\text{НВ}}{1900} \right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Ковкий чугун	$K_{\text{мр}} = \left( \frac{\text{НВ}}{1500} \right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55

Примечания. 1. В числителе приведены значения показателя  $n$  для твёрдых сплавов, в знаменателе - для быстрорежущей стали.

2. При обработке медных сплавов с  $\text{НВ} \leq 1200$  следует принимать  $K_{\text{мр}} = 1,0$ , а при  $\text{НВ} > 1200$   $K_{\text{мр}} = 0,75$ .

3. При обработке алюминия и силумина  $K_{\text{мр}} = 1,0$ .

4. При обработке дюралюминия с  $\sigma_{\text{в}} \leq 250$  МПа  $K_{\text{мр}} = 1,5$ .

Если  $\sigma_{\text{в}} = 250-350$  МПа, то  $K_{\text{мр}} = 2,0$ . В случае  $\sigma_{\text{в}} > 350$  МПа  $K_{\text{мр}} = 2,75$ .

Таблица 14 Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров инструмента на силы резания при обработке стали и чугуна

Параметры	Материал	Поправочные коэффициенты
-----------	----------	--------------------------

Наименование	Величина	режущей части инструмента	Обозначение	Величина коэффициента для составляющих		
				P <sub>z</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>x</sub>
Главный угол в плане, $\varphi^\circ$	30 45 60 90	Твёрдый сплав	K <sub>φp</sub>	1,08	1,30	0,78
				1,00	1,00	1,00
				0,94	0,77	1,11
				0,89	0,50	1,17
	30 45 60 90	Быстрорежущая сталь		1,08	1,63	0,70
				1,00	1,00	1,00
				0,98	0,71	1,27
				1,08	0,44	1,32
Передний угол, $\gamma^\circ$	-15 0 10	Твёрдый сплав	K <sub>γp</sub>	1,25	2,0	2,00
				1,10	1,40	1,40
				1,00	1,00	1,00
	12-15 20-25	Быстрорежущая сталь		1,15	1,60	1,70
1,00			1,00	1,00		
Угол наклона главной режущей кромки, $\lambda^\circ$	-5 0 5 15	Твёрдый сплав	K <sub>λp</sub>	1,00	0,75	1,07
				0,98	1,00	1,00
				0,96	1,25	0,85
				0,92	1,70	0,65
	-5 0 5	Быстрорежущая сталь		1,10	0,98	0,97
				0,98	1,00	0,96
				0,97	1,00	1,00

Таблица 15 Рекомендуемые подачи **S** мм/об при сверлении из быстрорежущей стали

Диаметр сверла, D мм	Сталь				Чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	HB<1600	HB 1600-2400	HB 2400-3000	HB>3000	HB≤1700	HB>1700
2-4	0,09-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	0,04-0,06	0,12-0,18	0,09-0,12
4-6	0,13-0,19	0,10-0,15	0,07-0,11	0,06-0,09	0,18-0,27	0,12-0,18
6-8	0,19-0,26	0,15-0,20	0,11-0,14	0,09-0,12	0,27-0,36	0,18-0,24
8-10	0,26-0,32	0,20-0,25	0,14-0,17	0,12-0,15	0,36-0,45	0,24-0,31
10-12	0,32-0,36	0,25-0,28	0,17-0,20	0,15-0,17	0,45-0,55	0,31-0,35
12-16	0,36-0,43	0,28-0,33	0,20-0,23	0,17-0,20	0,55-0,66	0,35-0,41
16-20	0,43-0,49	0,33-0,38	0,23-0,27	0,20-0,23	0,66-0,76	0,41-0,47
20-25	0,49-0,58	0,38-0,43	0,27-0,32	0,23-0,26	0,76-0,89	0,47-0,54
25-30	0,43-0,48	0,43-0,48	0,32-0,35	0,26-0,29	0,89-0,96	0,54-0,60

30-40	0,48-0,58	0,48-0,58	0,35-0,42	0,29-0,35	0,96-1,19	0,60-0,71
40-50	0,58-0,66	0,58-0,66	0,42-0,48	0,35-0,40	1,19-1,36	0,71-0,81

Примечание. При использовании сверл с режущей частью из твёрдого сплава, приведённые значения подачи необходимо умножать на коэффициент 0,6.

Таблица 16 Рекомендуемые подачи,  $S$  мм/об, при обработке отверстий зенкерами из быстрорежущей стали и твёрдого сплава

Обрабатываемый материал	Диаметр зенкера $D$ , мм						
	До 15	Св.15 до 20	Св.20 до 25	Св.25 до 30	Св.30 до 35	Св.35 до 40	Св.40 до 50
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
Чугун, $HV \leq 2000$ и медные сплавы	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
Чугун, $HV > 2000$	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

Примечание. При зенкерованием глухих отверстий подача не должна превышать 0,3 - 0,6 мм/об.

Таблица 17 Пдачи  $S$ , мм/об при черновом развёртывании отверстий развёртками из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	Диаметр развёртки $D$ , мм							
	До 10	Св.10 до 15	Св.15 до 20	Св.20 до 25	Св.25 до 30	Св.30 до 35	Св.35 до 40	Св.40 до 50
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Чугун, $HV \leq 2000$ и медные сплавы	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8
Чугун, $HV > 2000$	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1

Примечание. 1. При чистовом развёртывании подачу следует уменьшать, умножая на коэффициент  $K_{os} = 0,75$ .

2. При использовании развёрток с режущей частью из твёрдого сплава, подачу необходимо уменьшать, умножая на коэффициент  $K_{us} = 0,7$ .

3. При развёртывании глухих отверстий подача не должна превышать значений 0,2-0,5 мм/об.

Таблица 18 Значения  $C_v$  и показателей степени для определения скорости резания при сверлении

Обрабатываемый	Материал	Подача	$C_v$ и показатели степени
----------------	----------	--------	----------------------------



материал	режущей части инструмента	S, мм/об	C <sub>v</sub>	q	y	m
Сталь конструкционная, $\sigma_B=750$ МПа	Быстрорежущая сталь	$\leq 0,2$	7,0	0,4	0,7	0,2
		$> 0,2$	9,8		0,5	
Чугун серый		$\leq 0,3$	14,7	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	17,1		0,4	
	Твёрдый сплав	-	34,2	0,45	0,3	0,2
Медные сплавы	Быстрорежущая сталь	$\leq 0,3$	28,1	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	32,6		0,40	
Алюминиевые сплавы		$\leq 0,3$	36,3	0,25	0,55	0,125
		$> 0,3$	40,7		0,40	

Примечание. Приведённые в таблице параметры для свёрл из быстрорежущей стали соответствуют их двойной заточке и подточенной перемычке. При одинарной заточке рассчитанную скорость резания следует уменьшить, умножив на коэффициент  $K_{zv}=0,75$ .

Таблица 19 Значения  $C_v$  и показателей степени для определения скорости резания при рассверливании, зенкерования и развёртывании

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Материал инструмента	Коэффициент $C_v$ и показатели				
			$C_v$	q	x	y	m
Конструкционная углеродистая сталь	Рассверливание	Быстрорежущая сталь	16,2	0,4	0,2	0,5	0,2
		Твёрдый сплав	10,8	0,6		0,3	0,25
	Зенкерование	Быстрорежущая сталь	16,3	0,3		0,5	0,3
		Твёрдый сплав	18,0	0,6		0,3	0,25
	Развёртывание	Быстрорежущая сталь	10,5	0,3	0,2	0,65	0,4
		Твёрдый сплав	10,6	0,3	0,0	0,65	
Чугун серый конструкционный	Рассверливание	Быстрорежущая сталь	23,4	0,25	0,1	0,4	0,125
		Твёрдый сплав	56,9	0,5	0,15	0,45	0,4
	Зенкерование	Быстрорежущая сталь	18,8	0,2	0,1	0,4	0,125
		Твёрдый сплав	105,0	0,4	0,15	0,45	0,4

	Развёртывание	Быстрорежущая сталь Твёрдый сплав	15,6 109,0	0,2 0,2	0,1 0,0	0,5 0,5	0,3 0,45
--	---------------	--------------------------------------	---------------	------------	------------	------------	-------------

**Таблица 20 Средние значения периода стойкости  $T$  мин, свёрл, зенкеров и развёрток**

Инструмент (операция)	Обрабатываемый материал	Материал инструмента	$T$ , мин, при диаметре инструмента					
			до 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Сверло (сверление и рассверливание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70	90
		Твёрдый сплав	8,0	15	20	25	35	45
Сверло (сверление и рассверливание)	Чугун, медные и алюминиевые сплавы	Быстрорежущая сталь	20	25	60	75	105	140
		Твёрдый сплав	15	25	45	50	70	90
Зенкер (зенкерование)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь, чугун	Быстрорежущая сталь и твёрдый сплав	-	-	30	40	50	60
Развёртка (развёртывание)	Конструкционная углеродистая и легированная сталь	Быстрорежущая сталь	-	25	40	80	80	120
		Твёрдый сплав	-	20	30	50	70	90
	Серый и ковкий чугун	Быстрорежущая сталь	-	-	60	120	120	180
		Твёрдый сплав	-	-	45	75	105	135

**Таблица 21 Значение показателей и коэффициентов в формулах  $M_{кр}$  и  $P_0$  при сверлении, рассверливании и зенкерование**

Обрабатываемый материал	Операция	Материал инструмента	Коэффициенты и показатели в формулах	
			Крутящего момента	Осевой силы

			$C_m$	q	x	y	$C_p$	q	x	y
Конструкционная сталь	Сверление	Быстрорежущая сталь	0,034	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
	Рассверливание и зенкерование		0,090	1,0	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65
Конструкционный чугун	Сверление	Твёрдый сплав	0,012	2,2	-	0,8	42	1,2	-	0,75
	Рассверливание и зенкерование		0,196	0,85	0,8	0,7	46	-	1,0	0,4
	Сверление	Быстрорежущая сталь	0,021	2,0	-	0,8	42,7	1,0	-	0,8
	Рассверливание и зенкерование		0,085	-	0,75	0,8	23,5	-	1,2	0,4
Медные сплавы	Сверление	Быстрорежущая сталь	0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
	Рассверливание и зенкерование		0,031	0,85	0,75	0,8	17,2	-	1,0	0,4
Алюминиевые сплавы	Сверление		0,005	2,0	-	0,8	9,8	1,0	-	0,7

Примечание. При использовании свёрл с неподточенной перемычкой осевую силу следует увеличить, уменьшая на коэффициент  $K_0 = 1,33$

Таблица 22 **Подачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из твёрдого сплава**

Мощность станка, кВт	Обрабатываемый материал			
	Сталь		Чугун и медные сплавы	
	Подача на зуб $S_z$ , мм/зуб, при твёрдом сплаве			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
До 10	0,09-0,18	0,12-0,18	0,14-0,24	0,20-0,29
Св. 10	0,12-0,18	0,16-0,24	0,18-0,28	0,25-0,38

Примечание. 1. При использовании цилиндрических фрез при  $B > 30$  мм табличные значения подач уменьшаются на 30%.

2. Для дисковых фрез приведённые подачи действительны при обработке плоскостей и уступов. При фрезеровании пазов табличные значения подач следует уменьшить в 2 раза.

Таблица 23 **Подачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали**

Мощность станка, кВт	Зубья фрезы	Фрезы			
		Торцовые и дисковые		Цилиндрические	
		Подача на один зуб $S_z$ , мм/зуб, при обработке			
		Сталей	Чугуна и медных сплавов	Сталей	Чугуна и медных сплавов
До 5	Крупные	0,06-0,07	0,15-0,30	0,08-0,12	0,10-0,18
	Мелкие	0,04-0,06	0,12-0,20	0,05-0,08	0,06-0,12
5 - 10	Крупные	0,08-0,15	0,20-0,40	0,12-0,20	0,20-0,30
	Мелкие	0,06-0,10	0,15-0,30	0,06-0,10	0,10-0,15
Св.10	Крупные	0,15-0,25	0,30-0,50	0,30-0,40	0,40-0,60

Таблица 24 **Подачи при чистовом фрезеровании  $S_0$ , мм/об торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами**

Торцовые и дисковые фрезы со вставными ножами		Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали при диаметре фрезы, мм					
Из твёрдого сплава	Из быстрорежущей стали	конструкционная сталь			чугун, медные и алюминиевые сплавы		
		40 - 75	90 - 130	150 - 200	40 - 75	90 - 130	150-200
0,4 - 1,20	0,23 - 1,20	0,6-2,7	1,0-3,8	1,3 - 5,0	0,6 - 2,3	0,8 - 3,0	1,1 - 3,7

Таблица 25 **Подачи при черновом фрезеровании твердосплавными концевыми фрезами заготовок из стали**

Вид режущих элементов	Диаметр фрезы, мм	Подача $S_z$ , мм/зуб, при глубине фрезерования $t$ , мм				
		до 3	3-5	5-8	8-12	12-20
Коронка	10 - 12	0,01 - 0,03	-	-	-	-
	14 - 16	0,02 - 0,06	0,02 - 0,04	-	-	-
	18 - 22	0,04 - 0,07	0,03 - 0,05	0,02 - 0,04	-	-
Винтовые пластинки	20	0,06 - 0,10	0,05 - 0,08	0,03 - 0,05	-	-
	25	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,05 - 0,10	0,05 - 0,08	-
	30	0,10 - 0,15	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,05 - 0,09	0,04 - 0,07
	40	0,10 - 0,18	0,08 - 0,13	0,06 - 0,11	0,05 - 0,10	0,05 - 0,09
	50	0,10 - 0,20	0,1 - 0,15	0,08 - 0,12	0,06 - 0,10	0,06 - 0,10

**Таблица 26 Поддачи при чистовом фрезеровании  $S_0$  мм/об твердосплавными концевыми фрезами заготовок из стали**

Диаметр фрезы, мм	10 - 16	20 - 22	25 - 35	40 - 60
Подача $S_0$ , мм/об	0,02 - 0,06	0,06 - 0,12	0,12 - 0,24	0,30 - 0,60

Примечание. При черновом фрезеровании чугуна поддачи следует увеличить на 30-40 %.

**Таблица 27 Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формуле скорости фрезерования при обработке сталей и чугунов**

Фрезы	Материал режущей части	Операция	Параметры срезаемого слоя			Коэффициент и показатели степени						
			B	t	$S_z$	$C_v$	q	x	y	u	p	m
<b>Обработка конструкционной стали</b>												
Торцовые	Твёрдый сплав	Фрезерование плоскостей	-	-	-	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	Быстрорежущая сталь		-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	64,7 41,0	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2
Цилиндрические	Твёрдый сплав	Фрезерование плоскостей	$\leq 35$	$\leq 2$ $> 2$	-	390 443	0,17	0,19 0,38	0,28	- 0,05 - 0,05	0,1	0,33
	Быстрорежущая сталь		$> 35$	$\leq 2$ $> 2$		616 700	0,17	0,19 0,38		0,08 0,08		
			-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дисковые со вставными ножами	Твёрдый сплав	Фрезерование плоскостей	-	-	$< 0,12$ $\geq 0,12$	1340 740	0,2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35
		Фрезерование пазов	-	-	$< 0,06$ $\geq 0,06$	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,35
	Быстрорежущая сталь	Фрезерование плоскостей и пазов	-	-	$\leq 0,1$ $> 0,1$	75,5 48,5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
Дисковые цельные			-	-	-	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2

Продолжение табл.27

Фрезы	Материал режущей части	Операция	Параметры срезаемого слоя			Коэффициент и показатели степени						
			B	t	S <sub>z</sub>	C <sub>v</sub>	q	x	y	u	p	m
Концевые с коронками	Твёрдый сплав	Фрезерование плоскостей, уступов и пазов	-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Концевые с напаянными пластинами			-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
Концевые цельные	Быстро режущая сталь	Прорезание и отрезание	-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные			-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,20
Шпоночные двухперные			-	-	-	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26
Обработка чугуна , HB ≤ 1500												
Торцовые	Твёрдый сплав	Фрезерование поверхностей	-	-	≤0,18 >0,18	994 695	0,22	0,17	0,1 0,32	0,22	0	0,33
	Быстро режущая сталь		-	-	≤0,1 > 0,1	90,5 57,4	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,20
Цилиндрические			-	-	≤0,1 > 0,1	77 49,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33

Продолжение табл.27

Фрезы	Материал режущей части	Операция	Параметры срезаемого слоя				Коэффициент и показатели степени					
			B	t	S <sub>z</sub>	C <sub>v</sub>	q	x	y	u	p	m
Дисковые	Быстроре	Фрезеро	-	-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,20

цельные	жущая сталь	вание плоско стей и пазов											
Концевые			-	-	-	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
Прорезные и отрезные		Прореза ние пазов и отрезание	-	-	-	74	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,20	
<b>Обработка чугуна , HB &gt; 1500</b>													
Торцовые	Твёрдый сплав		-	-	-	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32	
	Быстроре жущая сталь		-	-	-	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15	
Цилинд рические	Твёрдый сплав		-	< 2,5	≤0,2 >0,2	923 588	0,37	0,13	0,19 0,47	0,23	0,14	0,42	
			-	≥ 2,5	≤0,2 > 0,2	1180 750	0,37	0,40	0,19 0,47				
	Быстро режущая сталь		-	-	≤0,15 >0,15	56,7 27	0,7	0,5	0,2 0,6	0,3	0,3	0,25	
Дисковые цельные	Быстро режущая сталь	Фрезерова ние плос костей и пазов	-	-	-	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15	
Концевые		Фрезерова ние плос костей и уступов	-	-	-	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25	
Прорезные и отрезные		Фрезерова ние и отрезание	-	-	-	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15	

**Таблица 28 Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формуле скорости резания при обработке сплавов на медной и алюминиевой основе фрезами из быстрорежущей стали**

Фрезы	Обрабатываемый	Подача	$C_v$ и показатели степени в формуле скорости
-------	----------------	--------	---

	материал	на зуб $S_z$ , мм/зуб	$C_v$	q	x	y	u	p	m
Торцовые	медные сплавы	$\leq 0,1$ $> 0,1$	136 86,2	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
	алюминиевые сплавы	$\leq 0,1$ $> 0,1$	245 155	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
Цилиндрические	медные сплавы	$\leq 0,1$ $> 0,1$	115,5 74,3	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
	алюминиевые сплавы	$\leq 0,1$ $> 0,1$	208 133,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дисковые цельные	медные сплавы	-	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
	алюминиевые сплавы	-	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Концевые	медные сплавы	-	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
	алюминиевые сплавы	-	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорезные и отрезные	медные сплавы	-	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
	алюминиевые сплавы	-	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2

**Таблица 29 Средние значения периода стойкости фрез**

Фрезы	Стойкость T, мин, при диаметре фрезы, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцовые			120	180				240		300	400	
Цилиндрические со вставными ножами и цельные с крупным зубом				-	180			240	-			
Цилиндрические с мелким зубом	-		120	180								
Дисковые	-					120	150	180	240	-		
Концевые	80	90	120	180	-							
Прорезные и отрезные	-				60	75	120	150	-			
Фасонные	-		120			180	-					

**Таблица 30 Значения  $C_p$  и показателей степени для фрезерования**



Фрезы	Материал инструмента	Коэффициент и показатели степени					
		$C_p$	$x$	$y$	$u$	$q$	$w$
Обработка конструкционной стали							
Торцовые	Твёрдый сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Быстрорежущая сталь	82,5	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Цилиндрические	Твёрдый сплав	101	0,88	0,75	1,0	0,87	0
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Дисковые, прорезные, отрезные	Твёрдый сплав	261	0,9	0,8	1,1	1,1	0,1
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Концевые	Твёрдый сплав	12,5	0,85	0,75	1,0	0,73	- 0,13
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обработка серого чугуна							
Торцовые	Твёрдый сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	1,0	0
	Быстрорежущая сталь	50	0,9	0,72	1,14	1,14	0
Цилиндрические	Твёрдый сплав	58	0,9	0,8	1,0	0,9	0
	Быстрорежущая сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Дисковые, отрезные, прорезные, концевые	Быстрорежущая сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Обработка ковкого чугуна							
Торцовые	Твёрдый сплав	491	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
	Быстрорежущая сталь	50	0,95	0,8	1,1	1,1	0
Все остальные	Быстрорежущая сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Обработка медных сплавов							
Все типы	Быстрорежущая сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0

Примечание. Силу  $P_z$  при фрезеровании алюминиевых сплавов рассчитывать, как для стали, с введением коэффициента 0,25.

Таблица 31 Данные о шлифовальных кругах

Обрабатываемый материал	Круглое шлифование						Плоское шлифование		
	Наружное			Внутреннее			Тип абразива	Зернистость	Тип связки
	Тип абразива	Зернистость	Тип связки	Тип абразива	Зернистость	Тип связки			
Незакалённая сталь	Э	36 - 60	К	Э	36 - 46	КБ	Э	36 - 46	К
Закалённая сталь	Э ЭБ	46 - 80	К Б	Э Б	46 - 60	К Б	Э	36 - 46	К
Чугун	КЧ	36 - 60	К	КЧ	36 - 46	К	КЧ	36 - 46	К
Алюминиевые сплавы	КЧ	36 - 46	К	КЧ	36 - 46	К	КЧ	36 - 46	К
Латунь	КЧ	36 - 46	К	КЧ	46 - 60	К	КЧ	16 - 24	К
Бронза	КЗ	46 - 100	К	КЗ	60 - 80	К	КЗ	60 - 80	К

Таблица 32 Поперечные подачи при круглом внешнем шлифовании

Обрабатываемый материал	Длина шлифуемой поверхности	Диаметр обрабатываемой поверхности, мм, до						
		15	30	50	70	90	110	120
		Поперечная подача, $S_{\text{поп}}$ , мм						
Сталь сырая	3Д	0,010	0,015	0,020	0,025	0,027	0,032	0,035
	(4 - 6)Д	0,009	0,012	0,017	0,020	0,022	0,025	0,030
	(7 - 10)Д	0,006	0,010	0,012	0,016	0,018	0,020	0,022
Сталь закалённая	3Д	0,009	0,013	0,016	0,022	0,024	0,029	0,032
	(4 - 6)Д	0,008	0,011	0,015	0,018	0,019	0,020	0,025
	(7 - 10)Д	0,005	0,009	0,011	0,014	0,016	0,018	0,020
Чугун, медные сплавы	3Д	0,014	0,021	0,028	0,035	0,038	0,045	0,049
	(4 - 6)Д	0,013	0,017	0,024	0,028	0,031	0,035	0,039
	(7 - 10)Д	0,008	0,014	0,017	0,022	0,025	0,028	0,031

Таблица 33 Поперечные подачи при круглом внутреннем шлифовании

Обрабатываемый	Диаметр обрабатываемых отверстий, мм
----------------	--------------------------------------

материал	20 - 40	41 - 70	71 - 100
	Поперечная подача , $S_{\text{поп}}$ , мм		
Сталь сырая, чугун, медные сплавы	0,005 - 0,006	0,005 - 0,008	0,006 - 0,010
Закалённая сталь	0,005 - 0,006	0,006 - 0,007	0,006 - 0,008

Примечание. При чистовом шлифовании поперечные подачи для всех обрабатываемых материалов рекомендуется принимать равной 0,003 - 0,004 мм.

Таблица 34 Значения  $\beta$  для круглого внешнего шлифования

Обрабатываемый материал	Глубина шлифования $t$ , мм, до							
	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,050
	Коэффициент $\beta$							
Сталь сырая	0,55	0,50	0,45	0,42	0,37	0,35	0,32	0,28
Сталь закалённая	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,30	0,25
Чугун и медные сплавы	0,65	0,58	0,53	0,48	0,45	0,42	0,38	0,35

Таблица 35 Значения  $\beta$  для круглого внутреннего шлифования

Обрабатываемый материал	Характер шлифования	Отношение диаметра к длине шлифования				
		4 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 3
		Значения $\beta$				
Сталь	Предварительное	0,75-0,60	0,70-0,68	0,60-0,50	0,60-0,45	0,45-0,50
	Окончательное	0,25-0,40	0,25-0,40	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35
Чугун и медные сплавы	Предварительное	0,80-0,70	0,70-0,65	0,65-0,55	0,55-0,50	0,30-0,45
	Окончательное	0,30-0,40	0,30-0,45	0,30-0,40	0,30-0,40	0,30-0,40

Таблица 36 Данные для определения скорости шлифования

Вид шлифования	Обрабатываемый материал	$C_v$	K	x	m
Круглое с поперечной подачей на двойной ход	Сталь незакалённая	0,270	0,3	1,0	0,5
	Сталь закалённая	0,240	0,3	1,0	0,5

	Чугун и медные сплавы	0,350	0,3	1,0	0,5
--	-----------------------	-------	-----	-----	-----

Таблица 37 Данные по выбору диаметра круга при внутреннем шлифовании

Диаметр шлифуемого отверстия, мм	до 35	36 - 70	71 - 100	101 - 150	св. 150
Отношение диаметра круга к диаметру шлифуемого отверстия	0,95	0,90	0,85 - 0,90	0,30	0,75 - 0,80

Таблица 38 Данные по выбору ширины круга при внутреннем шлифовании

Длина шлифуемого отверстия, мм	30	35	40	45	50	60	75	Более 75
Ширина круга В, мм	20-25	22-28	25-30	30-35	32-40	40-50	50-60	60 и более

Таблица 39 Данные по определению  $R_z$  при круглом шлифовании

Обрабатываемый материал	$C_p$	$u$	$x$	$y$
Сталь сырая	2,1	0,5	0,55	0,5
Сталь закалённая	2,2	0,5	0,55	0,5
Чугун и медные сплавы	2,7	0,5	0,55	0,5

Таблица 40 Рекомендуемые подачи  $S_z$  при протягивании

Типы протяжек	Обрабатываемый материал				
	Стали			Чугуны	Медные сплавы
	$\sigma_{в < 500}$ МПа	$\sigma_{в = 500 - 750}$ МПа	$\sigma_{в > 750}$ МПа		
1	2	3	4	5	6
Цилиндрические Прямоугольные	0,01- 0,02 0,030-0,120	0,015-0,030 0,050-0,150	0,010-0,025 0,030-0,120	0,030-0,080 0,060-0,200	0,050-0,120 0,060-0,150
Квадратные Шлицевые с прямоугольными шлицами	0,015-0,080 0,040-0,060	0,020-0,150 0,050-0,080	0,015-0,120 0,030-0,050	0,030-0,150 0,040-0,100	0,050-0,200 0,050-0,120
треугольными шлицами	0,030-0,060	0,040-0,060	0,030-0,050	0,040-0,080	-
Шпоночные и канавочные	0,050-0,150	0,050-0,200	0,050-0,120	0,060-0,200	0,080-0,200

Таблица 41 Данные для расчёта скорости резания при протягивании

Обрабатываемый материал	Механические свойства обрабатываемого материала, МПа		Тип протяжки								
	НВ	$\sigma_B$	Цилиндрические			Шпоночные и шлицевые					
						$S_z \leq 0,7$ мм			$S_z > 0,7$ мм		
			$C_v$	m	y	$C_v$	m	y	$C_v$	m	y
Сталь	-	до 700	16,8	0,62	0,62	9,8	0,87	1,4	7,7	0,87	1,4
	-	700-750	15,5	0,62	0,62	8,8	0,87	1,4	7,0	0,87	1,4
	-	свыше 700	11,2	0,62	0,62	6,3	0,87	1,4	5,0	0,87	1,4
Чугун	до 2000	-	14,0	0,5	0,6	6,2	0,6	0,95	6,2	0,6	0,95
	свыше 2000	-	11,5	0,5	0,6	5,1	0,6	0,95	5,1	0,6	0,95

Таблица 42 Сила резания Р, Н, приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки протяжки

Подача $S_z$ , мм	Обрабатываемый материал							
	Углеродистая сталь			Легированная сталь			Чугун	
	НВ <197	НВ 198-229	НВ >229	НВ <197	НВ 198-229	НВ >229	НВ $\leq$ 180	НВ >180
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200
0,10	247	273	325	328	354	390	207	236
0,12	285	315	375	378	407	450	243	268
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370
0,20	427	473	562	576	620	685	360	402
0,22	456	503	600	620	667	738	385	427
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465
0,30	564	615	730	785	845	983	476	522

Примечание: НВ - твердость сплавов, МПа.

Таблица 43 Значения коэффициентов  $K_\alpha$  и  $K_\gamma$  при протягивании

Коэффициенты	Значения углов				
	$\alpha^{\circ}$		$\gamma^{\circ}$		
	$\alpha \leq 1^{\circ}$	$\alpha > 1^{\circ}$	$\gamma \leq 3^{\circ}$	$\gamma = 3 - 9$	$\gamma > 9^{\circ}$
$K_{\alpha}$	1,12 - 1,20	1,00	-	-	-
$K_{\gamma}$	-	-	1,35	1,13	1,00

## ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

[Таблица 44 Токарно-винторезные и токарные станки](#)

[Таблица 45 Поперечно-строгальные станки](#)

[Таблица 46 Сверлильные станки](#)

[Таблица 47 Фрезерные станки](#)

[Таблица 48 Шлифовальные станки](#)

[Таблица 49 Протяжные станки](#)

Таблица 44 **Токарно-винторезные и токарные станки**

Параметры	16Б05П	1М61	16Б16А	16Л20П	1К62	16К20
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	250	320	320	400	400	400
Расстояние между центрами, мм	500	1000	750	1500	1000	1400
Число ступеней частоты вращения шпинделя	18	24	21	22	23	22
Частота вращения шпинделя, 1/мин	<b>30-3000</b>	<b>12,5-1600</b>	<b>20 - 2000</b>	<b>16 - 1600</b>	<b>12,5 -2000</b>	<b>12,5-1600</b>
Число ступеней подачи суппорта	18	24	22	24	42	24
Подача суппорта, мм/об						
продольная						
поперечная						
Мощность главного электродвигателя, кВт	<b>0,02-0,35</b>	<b>0,08 -1,90</b>	<b>0,01 - 0,70</b>	<b>0,05 - 2,8</b>	<b>0,07-4,16</b>	<b>0,05 - 2,8</b>
КПД	<b>0,01-0,175</b>	<b>0,04 -0,95</b>	<b>0,005-0,35</b>	<b>0,025-1,4</b>	<b>0,05-2,08</b>	<b>0,025-1,4</b>
Наибольшая сила подачи, Н	1,5	4,0	2,8	6,3	7,5	11
	0,8	0,75	0,75	0,8	0,75	0,75
	980	1470	1470	3528	3528	3528

Таблица 45 **Поперечно-строгальные станки**

Параметры	7А311	7М36	7Д36	7307Д
Длина хода ползуна, мм	10 - 200	150 - 700	150 - 710	150 - 710
Расстояние между рабочей поверхностью	200	400	400	825

стола и ползуном, мм				
Размер рабочей поверхности стола, мм	200 x 200	450 x 700	450 x 710	450 x 710
Наибольшее перемещение стола, мм				
горизонтальное	250	700	700	710
вертикальное	150	320	320	345
Скорость ползуна, дв.ход/мин	53; 71; 106; 212	13,2 - 150	11,4 - 350	11,4 - 350
Подача, мм/дв.ход :				
горизонтальная (стола)				
суппорта	0,1 - 1,2	0,25 - 5,0	0,2 - 5,0	0,2 - 5,0
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	0,05 - 0,6	0,15 - 1,05	0,15 - 1,05	0,15 - 1,05
КПД	1,5	5,5	7,5	7,5
	0,8	0,7	7,5	0,75

Таблица 46 Сверлильные станки

Показатели	Модели станков						
	Вертикально - сверлильные					Радиально-сверлильные	
	2Н106П	2М112	2Н118	2Н125	2Н135	2Ш55	2М55
Наибольший условный диаметр сверления, мм	6	12	18	25	35	50	50
Вертикальное перемещение сверлильной головки, мм	125	190	200	250	300	1250	750
Наибольший ход шпинделя, мм	-	100	150	200	250	400	400
Число ступеней вращения шпинделя	7	5	9	12	12	21	21
Частота вращения шпинделя, 1/мин	<b>1000-8000</b>	<b>450-4500</b>	<b>180-2800</b>	<b>45-2000</b>	<b>31-1400</b>	<b>10-1000</b>	<b>20-2000</b>
Число ступеней подач				9	9	8	12
Подача шпинделя, мм/об		ручная	ручная	<b>0,1-1,6</b>	<b>0,1-1,6</b>	0,1-1,12	<b>0,056-2,5</b>
Наибольшая допустимая сила подачи, Н	ручная						
Мощность главного электродвигателя, н	3500	4100	5500	9000	9000	16000	20000
КПД	0,4 0,8	0,6 0,85	1,5 0,85	2,2 0,8	4,0 0,8	4,0 0,80	5,5 0,85

Таблица 47 Фрезерные станки





шлифования, мм наружного внутреннего	160 50	180 50	340 -	450 -	- 25	- 150	- 200	- 400	- -	- -	- -	- -
Наибольшие размеры шлифуемых поверхностей,мм	-	-	-	-	-	-	-	-	1600x320	400x200	400x125	250 x 125
Скорость перемещения стола (бесступенчатая), м/мин	0,025- 1	0,03- 2,2	0,02- 4	0,02- 5	1 - 7	1 - 7	1 - 7	1 - 7	3-45	2-35	2-35	2-25
Частота вращения детали,1/мин	100- 950	100- 1000	100- 1000	50- 1000	280- 2000	60- 120	100- 600	40- 240	-	-	-	-
Частота вращения круга	1910	2680	2350	1900	9000	20000	4500	3500	1500	1460	1450	147 0
Наибольшие размеры круга,мм наружный диаметр, ширина	250 20	250 25	400 40	500 63	25 25	80 50	180 63	200 63	450 80	250 63	200 32	200 25
Мощность электродви гателя главного движения,кВт	1,1	2,2	4	7,5	1,5	4	5,5	7,5	15	7,5	4,0	1,5
КПД	0,8	0,8	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85	0,8	0,85	0,8	0,8

Таблица 49 Протяжные станки

Показатели	Модели станков							
	Горизонтальные					Вертикальные		
	7505	7Б55	7А520	7Б56	7Б64	7Б65	7Б66	7Б67
Номинальная тяговая сила, кН	50	100	200	200	50	100	200	400
Наибольшая длина хода салазок, мм	1600	1250	1600	1600	1000	1250	1250	1600
Скорость рабочего хода протяжки, м/мин	<b>1,5- 11,0</b>	<b>1,5- 11,5</b>	<b>1,5-11,0</b>	<b>1,5- 13,0</b>	<b>1,5-11,5</b>	<b>1,5-11,5</b>	<b>1,5-13,0</b>	<b>1,0-7,0</b>
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	7,0	17,0	20,0	30	11,0	22,0	30	40
КПД станка	0,85	0,85	0,9	0,9	0,8	0,9	0,85	0,9