

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
Цели и задачи контрольной работы	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	4
Раздел 1. Основные шаги по выполнению контрольной работы	4
Раздел 2. Указания к выполнению к выполнению контрольной работы	5
Раздел 3. Информационное обеспечение	6
<i>ТЕОРИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</i>	7
РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	7
1.1. Группы обрабатываемых материалов	7
1.2. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫБОРУ ВИДА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И МАТЕРИАЛА ЛЕЗВИЯ	8
1.3. Режим резания	10
РАЗДЕЛ 2 ТОЧЕНИЕ	12
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	19
Примеры решения задач	19
Задание №1	20
Задание №2	20
Задание №3	21
Варианты заданий №3	22
<i>ПРИЛОЖЕНИЯ</i>	23
<i>Приложение 1</i>	23
<i>Приложение 2</i>	24
<i>Приложение 3</i>	26
<i>Приложение 4</i>	29
<i>Приложение 5</i>	44
ПОСЛЕСЛОВИЕ	46

ВВЕДЕНИЕ

Обработка резанием является важнейшим видом формообразующей обработки. Литье, обработка давлением, сварка в большинстве случаев не обеспечивают требуемой точности деталей. Изделия, полученные этими методами, — отливки, поковки, сварные детали — являются заготовками для обработки резанием. Только обработкой резанием удастся получить детали высокой точности, с допусками на размеры, составляющими тысячные доли миллиметра, а также обеспечить высокое качество (малую шероховатость) обработанной поверхности. Обработка резанием выполняется режущим инструментом.

Современный режущий инструмент — это наукоемкое изделие. В его конструкции отражены многие достижения отечественной и мировой науки и техники — от использования современных компьютерных систем при его проектировании до новейших технологий при его изготовлении.

В технологическом процессе производства деталей машин режущий инструмент играет важную роль. При относительно небольших затратах на инструмент, которые во многих случаях составляют 2... 3% себестоимости изготовления детали, он оказывает большое влияние на производительность и стоимость обработки и в конечном итоге на стоимость, качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции. Поэтому при малых затратах на использование более качественного инструмента можно получить значительный экономический эффект. При использовании уже имеющегося оборудования выбор того или иного инструмента существенно влияет на качество и производительность обработки. Одно и то же изделие можно обработать разным инструментом. Например, для такой распространенной операции, как отрезка заготовки, могут использоваться отрезной резец, фреза, шлифовальный круг, ножовочное полотно, ленточная пила; от их выбора зависит производительность и стоимость обработки.

Выбор инструмента предопределяет технологический процесс. История развития техники знает не один пример, когда появление принципиально новых видов инструмента и схем резания приводило к созданию принципиально новых станков, например зубо-фрезерных, протяжных.

Развитие техники, использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и автоматизированных производств, необходимость обработки резанием новых, в том числе высокопрочных, материалов предъявляет высокие требования к режущему инструменту, его надежности, точности, способности работать на высоких режимах, с высокой производительностью.

Таким образом, режущий инструмент во многом определяет уровень производства и качество продукции. Именно поэтому во всех развитых странах ведутся интенсивные исследования по совершенствованию режущего инструмента. Улучшаются свойства инструментальных материалов, разрабатываются прогрессивные конструкции инструмента и его элементов, повышается точность и жесткость его крепления на станке. Совершенствуются способы восстановления инструмента после изнашивания, используются новые технологии и оборудование для изготовления инструмента.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель работы: Выбор режимов резания. Определения мощности резания. Выбор режущего инструмента

Задачи:

1. Ознакомление с нормативными таблицами по ГОСТам и ISO по выбору материала режущих инструментов по отношению к обрабатываемым материалам.
2. Сделать выбор режущего инструмента исходя из точности размеров и требований по шероховатости при различных видах обработки.
3. Составить перечень лезвийных инструментов для обработки заданных деталей.
4. Выбрать геометрические параметры 2-х/3-х резцов.
5. Определить режимы резания: расчетный и по таблицам для заданного перехода.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ ШАГИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

- 1.1. Пройдите индивидуальное собеседование с преподавателем;
- 1.2. Получите вариант задания на выполнение контрольной работы;
- 1.3. Изучите исходные данные;
- 1.4. Выберите режущий инструмент и расшифруйте марки инструментальных сталей и обрабатываемых материалов;
- 1.5. Оформите контрольную работу в соответствии с указаниями;
- 1.6. Прибыв на сессию, зарегистрируйте контрольную работу в деканате.

РАЗДЕЛ 2. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1. Контрольная работа структурно предполагает две части:

- теоретическая
- практическая

2.2. Теоретическая часть заключается в устной защите на предлагаемые преподавателем вопросы;

2.3. Объем текста – 3 - 4 страниц (без учета титульного листа и оглавления) формата А4 (210 мм х 297 мм). Поля: правое – 1,5см., левое – 3 см., верхнее и нижнее – 2,5 см. Текст: шрифт – Times New Roman, размер 14 пт., абзацный отступ – 1,25 см; межстрочный интервал – полуторный, межбуквенный и междусловный интервал – нормальный.

2.4. Рисунки, чертежи, таблицы, схемы могут использоваться в качестве иллюстраций к контрольной работе;

3. Состав отчета по работе:

3.1. Титульный лист (приложение 1)

3.2. Оглавление (содержание)

3.3. Чертеж детали без нанесенных размеров и других требований. Около всех конструктивных формообразующих элементов изобразить режущие инструменты в «плане».

3.4. Список режущих инструментов с указанием марки материала и ГОСТов

3.5. Задание №1

3.6. Задание №2 (по нормативным таблицам)

3.6.1. Расчет режимов резания при черновом наружном точении

3.6.2. Расчет режимов резания при чистовом наружном точении

3.6.3. Определение эффективной мощности резания и коэффициента по мощности

3.6.4. Расчет основного технологического времени для выбранной операции

3.7. В конце контрольной работы указать ссылки на учебные издания, Интернет-ресурсы, дополнительную литературу.

РАЗДЕЛ 3. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы:

Основные источники:

1. Учебники

-Схиртладзе А.Г. Новиков В.Ю.Станочник широкого профиля. Учеб. для профессиональных учебных заведений 2-е изд., испр.-М:Высшая школа: Издательский центр «Академия», 2003-464с.; ил

-Куликов О.Н. Охрана труда в металлообрабатывающей промышленности: Учебник для нач. проф. образования О.Н. Куликов, Е. И. Ролин.-М.: Издательский центр «Академия», 2003.-144с

-Б.И. Черпаков Металлорежущие станки: учебник для проф. образования/ Б.И. Черпаков, Т.А. Альперович.- 3-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2008.-368 с

-А.М. Адашкин, Н.В.Колесов «Современный режущий инструмент», Издательский центр «Академия», 2011 – 224 с.

-Р.М. Гоцеридзе, «Процессы формообразования и инструмент», Издательский центр «Академия», 2007, 384 с.

-В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин, «Резание металлов и режущие инструменты», Москва высшая школа, 2007 – 414 с.

2. Справочники:

- Вереина Л. И. Справочник токаря : учеб. пособие для нач. проф. образования Вереина Л. И.-2-е изд., стер.- М.: Издательский центр " Академия " ,2006.-448с.

3.Дополнительные источники:

-Учебный элемент - профессия: токарь, чтение чертежей и технологической документации 01-09. Международный центр развития модульной системы обучения (Проект Международной организации труда), Москва.

-ГОСТ 3.1404-86

- Амосов, Н. И. Процессы и операции формообразования. Ч. 1 : учебное пособие / Н. И. Амосов ; Сиб.Гос.Аэрокосмич. ун-т. - Красноярск, 2012.- 156 с.

4.Отечественные журналы:

-«Металлообработка» Учредитель и издатель: ОАО «Издательство «Политехника», Санкт-Петербург. <http://www/polytechnics.ru>

-«Мир металла»

-«Конструктор машиностроитель»

-«Технология машиностроения» Учредитель: Издательский центр «Технология машиностроения», Москва. www.ic-tm.ru

-«Инструмент. Технология. Оборудование». научно-технический и производственный журнал, Соучредители ОАО НПТ и ЭИ «Оргстанкинпром», ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», ООО НПКФ «Машсервисприбор», г. Новосибирск.

-www.nstu.ru (раздел «научная и инновационная деятельность»; научные издания).

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Режим резания - это совокупность значений:

- глубины резания -*t*,
- подачи или скорости движения подачи- *S*~
- скорости резания - *V*.

Как правило, назначение режимов резания производится исходя из экономических соображений с ориентацией на **критерий оптимальности** или его показатели. Такими показателями могут быть: наибольшая производительность оборудования, наибольшая стойкость инструмента, наименьшая себестоимость (продукции), наименьшие приведенные затраты и др.

Различают **оптимальные** и **рациональные** режимы резания.

В настоящей работе все решения будут производиться с позиции назначения **рационального** режима резания, который предполагает, что при выполнении всех требований, предъявляемых к качеству обрабатываемой детали, при минимальной себестоимости операции обеспечивается максимально возможная производительность.

При определении элементов режима резания необходимо учитывать:

- вид лезвийной обработки;
- этап и характер обработки:
 - **черновая** - обработка, в результате которой снимается основная часть припуска;
 - **чистовая** - обработка, в результате которой достигаются заданные точность размеров и шероховатость обрабатываемой поверхности;
- вид лезвийного **инструмента**;
- геометрические **параметры** и **материал лезвия** инструмента;
- материал, состояние и характеристики **заготовки**;
- тип **станка** и его характеристики;
- условия обработки и технологическая **среда**.

Выбранные и рассчитанные величины необходимо подвергнуть анализу на предмет их соответствия критерию оптимальности, а также характеристикам выбранного инструмента, оборудования, назначенным величинам элементов режимов резания. При их несоответствии Подвергать корректировке и повторному назначению, выбору и расчёту величин элементов режима резания, силовых и энергетических Параметров.

В каждом конкретном случае назначение режимов резания оптимизируется по принятому критерию, является комплексной, итеративной и достаточно сложной задачей.

1.4. Группы обрабатываемых материалов

  Сталь	  Нержавеющая сталь	  Чугун
  Алюминий	  Жаропрочные сплавы	  Закалённая сталь

В металлорежущей промышленности обрабатывается огромное множество деталей из самых различных материалов. Каждый материал имеет свои уникальные характеристики, которые зависят от состава легирующих элементов, термообработки, твёрдости и пр. Все

обрабатываемые материалы группируются определенным образом, и в соответствии с принадлежностью к той или иной группе осуществляется выбор геометрии режущего инструмента, марки сплава и режимов резания.

Обрабатываемые материалы подразделяют, в соответствии со стандартом ISO, на шесть основных групп. Материалы каждой группы характеризуются уникальными свойствами в отношении обрабатываемости резанием.

ISO P – Сталь. Самая большая по составу группа материалов, включающая различные сорта стали - от нелегированных до высоколегированных, включая стальные отливки, ферритную и мартенситную нержавеющую сталь. Как правило, материалы данной группы имеют хорошую обрабатываемость, но это зависит от твёрдости стали и процентного содержания в ней углерода.

ISO M – Нержавеющая сталь. Сплавы с содержанием хрома не менее 12%; некоторые сплавы могут содержать никель и молибден. Различают различные виды нержавеющей стали. Например, ферритная, мартенситная, аустенитная и аустенитно-ферритная (дулексная) сталь. Характерной особенностью для обработки всех этих сталей является интенсивный термический износ режущих кромок, износ в виде образования проточин и наростообразования.

ISO K – Чугун. В отличие от стали, дает короткую, сыпучую стружку. Серые чугуны (GCI) и ковкие чугуны (MCI) обрабатываются довольно легко, а чугун с шаровидным (NCI) и вермикулярным (CGI) графитом и отпущенный ковкий чугун (ADI) поддаются обработке сложнее. В состав любого чугуна входит карбид кремния (SiC), что определяет абразивный характер износа режущей кромки.

ISO N – Цветные металлы. Алюминий, медь, латунь и другие цветные металлы гораздо мягче черных. Алюминий с 13% содержанием кремния является очень абразивным материалом. В общем цветные металлы обрабатывают инструментом с острыми режущими кромками с высокой скоростью резания и продолжительным периодом стойкости.

ISO S – Жаропрочные сплавы. К данной группе относится большое число высоколегированных материалов на основе железа, никеля, кобальта и титана. Все они достаточно вязкие, поэтому их обработка сопровождается наростообразованием на инструменте и выделением большого количества тепла, к тому же для них характерно упрочнение в процессе резания. По свойствам данные сплавы схожи со сталями группы ISO M, но они гораздо труднее поддаются резанию, что объясняет небольшой срок службы режущих пластин.

ISO H – Материалы высокой твердости. В эту группу входят стали твёрдостью 45-65 HRC, а также отбелённый чугун твёрдостью 400-600 HB. Высокое значение твёрдости делает их трудно поддающимися обработке. Эти материалы в процессе резания выделяют много тепла и очень абразивны по отношению к режущей кромке.

1.5. РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫБОРУ ВИДА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И МАТЕРИАЛА ЛЕЗВИЯ

Вид режущего инструмента, геометрические параметры лезвия и его инструментальный материал определяются исходя из вида обработки резанием, стадией обработки и технологической операцией, а также требований точности и шероховатости обработанной поверхности. Данные по точности и шероховатость обработанной поверхности при различных видах обработки приведены ниже.

Вид обработки	Квалитет	Шероховатость, мкм	
		R_a	R_z
Сверление	H12...H11		80...40
Зенкерование	H11...H9		40...20
Развертывание	H8...H7	0,63...0,32	
Точение черновое	H16...H14		160...40
Точение чистовое	H11...H7	2,50...0,13	
Фрезерование черновое	H14...H11		80...20
Фрезерование чистовое	H9...H7	0,32...0,08	
Протягивание	H9...H7	0,32...0,08	
Шлифование	H8...H6	1,25...0,08	
Хонингование	H7...H6	0,08...0,04	
Суперфиниширование	H7...H6	0,08...0,02	
Доводка	H6	0,02...0,01	
Прецизионное алмазное шлифование и доводка на специальном оборудовании		До 1...20 нм	

Рекомендации к выбору инструментального материала см. Приложение 2, табл. 1, 2

Наиболее широко используемые группы инструментальных материалов:

Углеродистые инструментальные стали: У7, У7А, У9, У9А, У10, У10А, У11, УНА, У12, У12А, У13, У13А, с теплостойкостью $\Theta = 200...250$ °С и применяются для изготовления ручных (слесарных) инструментов и машинных инструментов с низкими скоростями резания.

Легированные инструментальные стали: 11Х, 11ХФ, Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГ, ХВ5, ХВГ, Х6ВФ с критической температурой $\Theta = 250...300$ °С и используются для изготовления протяжек, свёрл, метчиков, плашек, разверток.

Быстрорежущие стали: Р9, Р12, Р18; Р6М3, Р6М5; Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2; Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф2, Р10К5Ф5, Р18М3К25, Р18М7К25 с теплостойкостью $\Theta = 600...720$ °С.

Рекомендации к применению быстрорежущих сталей табл. 1 \ прилож. 1.

Твёрдые сплавы (металлокерамика):

Однокарбидные (вольфрамовые) - ВК3, ВК3М, ВК4, ВК4В, ВК6, ВК6-М, ВК6В, ВК8, ВК8В, ВК ЮМ, ВК10ОМ, ВК15 с теплостойкостью $\Theta = 800...850$ °С и используются для обработки твёрдых и хрупких металлов, пластмасс и неметаллических материалов.

Двухкарбидные (титано-вольфрамовые): Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т15К12В и др. с теплостойкостью $\Theta = 850...900$ °С и рекомендуются для обработки изделий из пластичных и вязких металлов и сплавов.

Трёхкарбидные (титано-тантало-вольфрамовые): ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8-Б и др. с теплостойкостью $\Theta = 750$ °С и применяются для обработки деталей из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса, твёрдых и хрупких металлов, пластмасс и неметаллических материалов.

Безвольфрамовые твердые сплавы: (БВТС) ТМ1, ТМ3, ТН20, КНТ16, ТН30, ТН40, КНТ12, КНТ20, КНТ30, ЛЦК20 и др. с теплостойкостью $\Theta = 1000$ °С. Области применения твердых сплавов для инструментов как монолитных, так и сборных, с применением сменных пластин, не ограничена. Рекомендации к применению твёрдых сплавов табл. 2, Прилож. 1.

Покрyтия для твердосплавных лезвий инструментов с целью повышения износостойкости: TiC, TiN, Ti2N, Ti(CN), (Tiу Al)N, TiAlCN, (TiAlSi)Nf ZrN и др.

Минеральная керамика с критической температурой $\Theta = 1\ 200\ ^\circ\text{C}$: белая оксидная керамика, черная оксидно-карбидная керамика: В-3, ВOK60, ОНТ-20, СС620, СС650, СС680 и др.

Натуральные алмазы, синтетические алмазы с критической температурой $\Theta = 700\text{...}750\ ^\circ\text{C}$. Применяются для лезвийной обработки цветных металлов, прочных пластмасс, технической керамики, полупроводников и природных минералов.

Сверхтвердые инструментальные материалы (СТМ) на основе кубического нитрида бора: композит 01, композит 02, композит 05, композит 10 имеют критическую температуру $\Theta=1\ 300\text{...}1\ 500\ ^\circ\text{C}$.

1.6. Режим резания

Расчёт режимов резания и выбор рационального режима являются ключевыми звеньями при разработке технологических процессов формирования заданных конфигураций деталей, от этого во многом зависит качество изделия, трудовые и денежные затраты на его изготовление. На режимы резания оказывают влияние многие факторы, которые следует учитывать при расчётах. Например, микро и макро-структура материала. Расчёт режимов чаще всего ведётся по следующей схеме: устанавливается f_j' глубина резания - t , подача - S , определяется скорость резания - d и сила / резания - P , по которой рассчитывается необходимая мощность станка. Глубина резаний при черновой обработке назначается по возможности максимальной (чаще всего равная 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, установленным для каждого вида обработки.

Для решения задач по типовым передачам в приводах металлорежущих станков приведены следующие формулы:

- для вращательного движения

$$v = \frac{\pi d n}{1000}, \quad 1$$

$$\varphi = z \cdot \sqrt{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}}, \quad 5$$

$$n = \frac{1000 v}{\pi d}, \quad 2$$

$$s = \frac{L}{n_p} \quad 6$$

$$n_{\min} = \frac{1000 v_{\min}}{\pi d_{\max}}, \quad 3$$

- для поступательного движения

$$v_p = \frac{L}{1000 T_{\text{раб}}} \quad 7$$

$$n_{\max} = \frac{1000 v_{\max}}{\pi d_{\min}}, \quad 4$$

$$s = \frac{B}{n_p} \quad 8$$

где v – скорость резания, *м/мин*;
 v_p – скорость рабочего хода, *м/мин*;
 d – диаметр заготовки или инструмента, *мм*;
 n – частота вращения (*мин⁻¹*) или число двойных ходов в минуту;
 v_{min} , v_{max} – предельные значения скорости резания;
 n_{min} , n_{max} – предельные частоты вращения, *мин⁻¹*;
 d_{min} , d_{max} – предельные диаметры заготовок, *мм*;
 ϕ – знаменатель ряда чисел оборотов, значения знаменателя ряда $\phi = 1,06$;
 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2.
 z – число ступеней скорости вращения;
 s – подача, *мм/об* или *мм/дв.ход*;
 n_p – частота вращения (*мин⁻¹*) или число двойных ходов за время обработки;
 L – длина хода или путь инструмента, *мм*;
 $T_{раб}$ – время рабочего хода, *мин*;
 B – ширина обрабатываемой поверхности, *мм*.

Раздел 2

ТОЧЕНИЕ

Точение - лезвийная обработка с вращательным главным движением резания и возможностью изменения радиуса его траектории.

Разновидности точения:

обтачивание - точение наружной поверхности с движением подачи вдоль образующей линии, обработанной поверхности. *Примечание:* образующая линия – прямая или кривая линия, которая при своем движении по некоторой линии образует поверхность;

расточивание - точение внутренней поверхности с движением подачи вдоль образующей линии обработанной поверхности;

подрезание - точение торцевой поверхности. *Примечание:* в зависимости от направления движения подачи различают продольное и поперечное подрезание;

фасонное точение - точение фасонным резцом;

копировальное точение - точение по копиру.

Точение – наиболее распространённый вид обработки поверхностей заготовок, типа тел вращения на токарных станках (рис. 1).

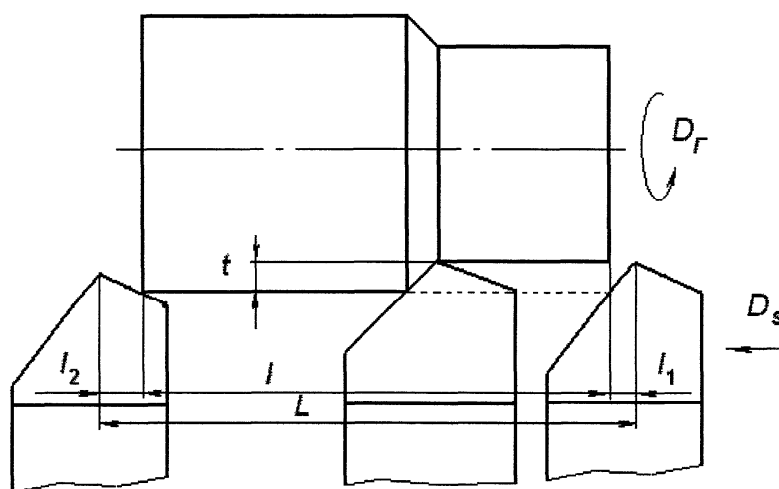


Рис. 1 Технологическая схема точения на токарном станке

Вращательное движение заготовки является главным движением резания со **скоростью главного движения** - V , а поступательное движение режущего инструмента – движением подачи со скоростью движения подачи.

Скорость движения подачи V_s - скорость рассматриваемой точки режущей кромки в движении подачи, (мм / мин).

Подача - отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения.

Различают подачи:

S_o – на оборот, подача, соответствующая одному обороту инструмента или заготовки (мм / об);

S_z – на зуб, подача, соответствующая повороту инструмента или заготовки на один угловой шаг зубьев режущего инструмента, (мм /зуб);

S_x – на ход, подача, соответствующая одному ходу заготовки или инструмента, (мм / ход);

S_{2x} – на двойной ход, подача, соответствующая одному двойному ходу заготовки или инструмента, (мм / дв. ход).

Подача может быть *продольной*, если инструмент перемещается параллельно оси вращения заготовки, и *поперечной*, если инструмент перемещается перпендикулярно этой оси.

Рекомендуемые подачи приведены в приложении 3

- табл. 3 - при *черновом наружном точении*;

- табл. 4 - при *черновом растачивании*;

- табл. 5 - при *чистовом точении*, при этом значения подачи выбираются в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине лезвия резца;

- табл. 6 - при *прорезании пазов и отрезании*, при этом величина поперечной подачи зависит от свойств обрабатываемого материала, размеров паза и диаметра заготовки. - табл.7 рекомендации выбора режимов резания.

Выбранную подачу необходимо **скорректировать** по паспортным данным станка (см. для примера таблицу 26, 27. Прилож. 4, приняв ближайшую меньшую ступень и выдержав условие $S_{ст.} \leq S$.

Глубина резания t (мм) определяется (рис.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 рабочих ходов, причём с последовательным уменьшением глубины резания.

Рекомендуется:

$t = 0, 1 \dots 0, 4$ мм для получения шероховатости обработанной поверхности $R_a < 0,8$ мкм;

$t = 0, 5 \dots 2, 0$ мм – для $R_a = 3,2$ мкм включительно.

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 части заготовки.

Скорость главного движения резания V (м/мин) - скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении резания.

Скорость резания зависит от конкретных условий обработки. На её величину влияют следующие факторы: стойкость инструмента, физико-механические свойства обрабатываемого материала, подача и глубина ре-

зания, 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. 8 приложения 3

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:

$$K = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} \times K_\varphi \times K_r \times K_0$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки; K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки; K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал режущего лезвия резца; K_φ - коэффициент, учитывающий главный угол в плане лезвия; K_r - коэффициент, учитывающий величину радиуса при вершине резца (принимается во внимание только для резцов из быстрорежущей стали), K_0 - коэффициент обрабатываемости материала заготовки (табл. 16...25 приложения 3).

Коэффициент K_{mv} рассчитывается:

при обработке материалов групп: P, M и N
$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{nv}$$

при обработке материалов группы K
$$K_{mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{nv}$$

при обработке ковкого чугуна (группа K)
$$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB}\right)^{nv}$$

где σ_b – предел прочности материала заготовки, МПа; HB – твердость материала заготовки, МПа.

Значения показателей n_v и коэффициентов K_{nv}, K_{uv}, K_s, K_r приведены в

табл. 9, 10, 11, 12 приложения 3

При обработке медных сплавов (группы N) с содержанием свинца $< 10\%$ $K_{mv} = 4$, а с содержанием свинца $> 15\%$ $K_{mv} = 12,0$.

При обработке силумина (группы N) с $\sigma_B = 200 \dots 300$ МПа, $HB > 60$ и дюралюминия $\sigma_B = 400 \dots 500$ МПа, $HB > 100$ принимать $K_{mv} = 0,8$.

При обработке дюралюминия (группы N) с $\sigma_B = 300 \dots 400$ МПа, $HB < 100$, а силумина (группы N группы N) $\sigma_B = 100 \dots 200$ МПа, $HB < 65$, то $K_{mv} = 1,0$.

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

$$n_p = \frac{V_p \cdot 1000}{\pi D_0}$$

где D_0 – 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 , м/мин:

$$V = \frac{\pi D_0 n_{ст}}{1000}$$

В дальнейших расчётах используются только $n_{ст}$ и V .

Сила резания P , (Н) раскладывается на следующие *составляющие*:

P_z – *главную* составляющую силы резания, совпадающую по направлению со скоростью главного движения резания в вершине лезвия;

P_y – *радиальную* составляющую силы резания, направленную по радиусу главного вращательного движения резания в вершине лезвия;

P_x – *осевую* составляющую силы резания, направленную параллельно оси главного вращательного движения резания.

При наружном точении с продольной и поперечной подачей, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитываются по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x S^y V^n K_p$$

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 13 приложения 3

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ря-

да коэффициентов, учитывающих условия резания:

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p}$$

Численные значения коэффициентов приведены в табл. 14, 15 приложения 3. См. стр. 18, геометрия токарного реза

Главную составляющую силы резания P_z необходимо определить расчётным путём, а остальные составляющие можно установить по формулам:

$$P_x = (0,3 \dots 0,4) P_z$$
$$P_y = (0,4 \dots 0,5) P_z$$

Осевая составляющая силы резания P_x (сила подачи) *сравнивается по паспорту станка с наибольшей допускаемой механизмом подачи* и в случае превышения последней, требует *повторного* назначения и расчёта элементов режима резания.

Мощность резания (кВт).

Вначале рассчитывается *эффективная мощность резания*

$$N_э = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60}$$

Затем определяется *потребная мощность на шпинделе станка*

$$N_n = \frac{N_э}{\eta_{ст}}$$

где $\eta_{ст}$ – коэффициент полезного действия (КПД) станка. Значение КПД взять из табл. 43, приложения 4.

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

$$K = \frac{N_n}{N_{ст}}$$

где $N_{ст}$ – мощность электродвигателя станка главного движения резания (по паспорту).

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

В случае отклонения K от рациональной величины, *необходимо вновь* назначить и рассчитать элементы режима резания *скорректировав* при этом значения величин, определённых ранее (S , t , T , тип станка и др.)

Основное технологическое время (мин) – время, затрачиваемое непосредственно для снятия заданного припуска. Оно определяется по фор-

муле:

$$T_o = \frac{L}{n_{cm} \times S_{cm}} \cdot i$$

где L - расчётная длина обработки, мм (рис. 1);
 i – количество рабочих ходов;

$$L = l + l_1 + l_2$$

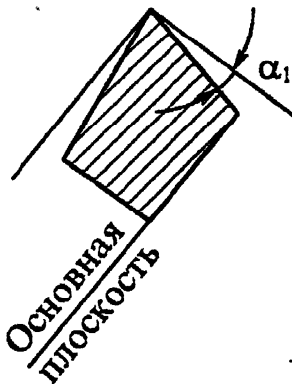
где l - чертёжный размер обрабатываемой поверхности, мм; l_1 - величина
врезания резца, мм; l_2 - величина перебега, резца, мм.

$$l_1 = t \times ctg\varphi$$

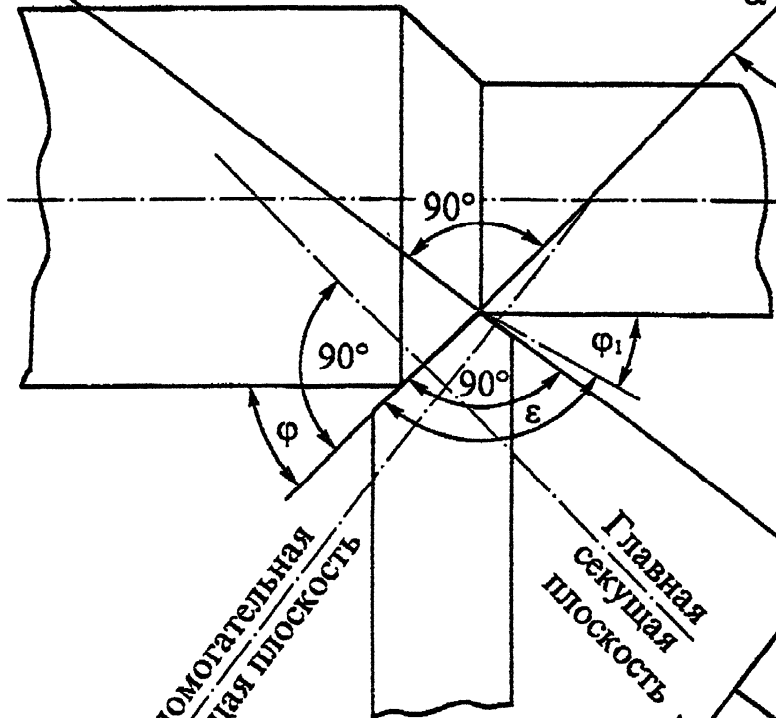
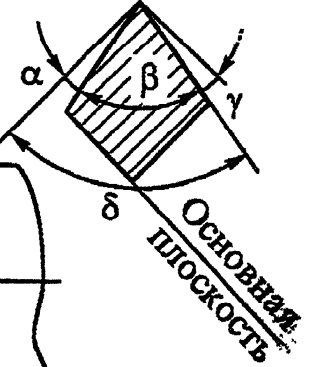
$$l_2 = (2 - 3)S_{cm}$$

где φ – величина главного угла в плане лезвия резца.

Сечение
по вспомогательной
секущей плоскости

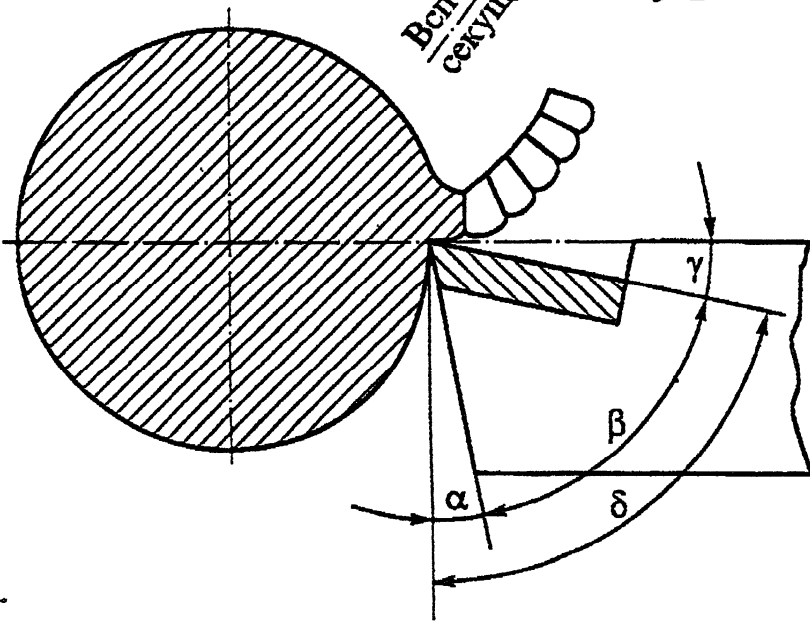


Сечение по главной
секущей плоскости



Вспомогательная
секущая плоскость

Главная
секущая
плоскость
Основная
плоскость



Геометрия токарного резца:

α – главный задний угол; β – угол заострения; γ – передний угол; δ – угол резания; α_1 – вспомогательный задний угол; ϕ – главный угол в плане; ϕ_1 – вспомогательный угол в плане; ϵ – угол при вершине в плане; λ – угол наклона главной режущей кромки

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Примеры решения задач

1. Какую частоту вращения необходимо сообщить шпинделю токарного станка, чтобы при диаметре заготовки $d = 200$ мм получить скорость резания $v = 40$ м/мин?

Решение. По формуле (2) искомая частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 200} = 63,7 \text{ мин}^{-1}.$$

2. С какой скоростью резания обрабатывается заготовка на токарном станке, если диаметр $d = 150$ мм, а частота вращения шпинделя $n = 115$ мин⁻¹.

Решение. По формуле (1) скорость резания

$$v = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 115}{1000} = 54,2 \text{ м/мин.}$$

3. Найти частоту вращения шпинделя токарного станка n_{\min}, n_{\max} , зная, что на данном станке заготовки обрабатываются со скоростями резания $v_{\min} = 20$ м/мин и $v_{\max} = 65$ м/мин и что диаметр заготовок $d_{\min} = 60$ мм и $d_{\max} = 300$ мм.

Решение. По формуле (3)

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 300} = 21,2 \text{ мин}^{-1}.$$

По формуле (4)

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 60} = 345 \text{ мин}^{-1}.$$

4. Определить, при какой подаче производилась обработка на токарном станке, если длина хода суппорта $L = 170$ мм, а шпиндель за время обточки выполнил $n_{\text{раб}} = 1700$ оборотов.

Решение. По формуле (8)

$$s = \frac{170}{1700} = 0,1 \text{ мм/об}$$

Задание №1

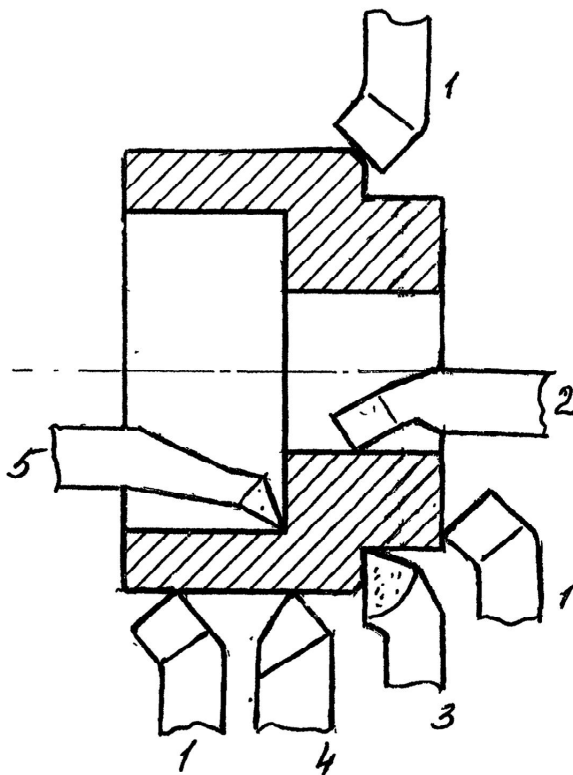
Задача. Определить, с какой скоростью резания обрабатывается деталь на токарном станке при данных указанных в таблице:

№ варианта	Данные		№ варианта	Данные	
	Диаметр заготовки d , мм	Частота вращения n , мин ⁻¹		Диаметр заготовки d , мм	Частота вращения n , мин ⁻¹
1	90	450	7	30	600
2	130	100	8	175	560
3	80	500	9	220	300
4	60	450	10	100	350
5	40	550	11	70	650
6	150	425	12	110	400

Задание №2

2.1. Выполнить эскиз (чертеж) детали «Втулка с резьбой», без нанесения размеров (см. приложение 5). На эскизе изобразить режущий инструмент, необходимый для выполнения деталей.

Пример.



2.2. Выбрать материал для режущего инструмента, составить перечень инструмента с указанием ГОСТов на материал.

Пример (для эскиза изображенного выше).

№ резца	Наименование	Материал	ГОСТ
1	Проходной отогнутый	P18	19265-73
		T15K6	3882-74
2	Расточной отогнутый	P18	19265-73
		T15K6	3882-74
3	Проходной упорный (подрезной)	P18	19265-73
		T15K6	3882-74
4	Проходной прямой	P18	19265-73
		T15K6	3882-74
5	Расточной упорный	P18	19265-73
		T15K6	3882-74

Примечание: выбор P18 или T15K6 зависят от режимов резания (см.табл 7, приложение3).

Задание №3.

Используя нормативные таблицы, для обработки наружной цилиндрической поверхности, определить:

- режимы резания (t , S , V , n)
- мощность резания, N_p
- Технологическое (машинное) время обработки, T_o

Смотри чертеж «Втулка с резьбой» приложение 5.

Варианты заданий №3.

№	Материал заготовки	Диаметр заготовки, D_0 , мм	Диаметр детали, D мм	Длина обрабатываемой поверхности, L мм	Главный угол в плане, φ°	Передний угол, γ°	Угол наклона главной режущей кромки, λ°	Модель станка
1	Дюралюминий Д16	80	74	46	30	-15	0	16K20
2	Сталь конструкционная обыкновенного качества, Ст.0	64	62	44	45	0	-5	1M61
3	Ковкий чугун КЧ 30-6	76	72	18	60	10	5	16K20
4	Конструкционная сталь качественная. Сталь 40	78	74	20	90	12	15	16K20
5	Никелевая сталь 25Н3	56	52	32	30	14	0	1M61
6	Сплав алюминия с кремнием и медью, АЛ3	60	58	40	45	15	5	1M61
7	Легированная сталь, 50ХФЛ	62	58	24	60	18	-5	1M61
8	Серый чугун, СЧ10	68	64	36	90	0	15	16K20
9	Гетерогенный сплав, БрАЖ9-4	58	54	42	30	20	0	1M61
10	Хромоникелевая сталь, 12ХН3	66	62	26	45	22	5	1M61
11	Серый чугун, СЧ35	70	66	28	60	24	15	16K20
12	Качественная конструкционная сталь, Сталь 50	72	68	38	90	25	-5	16K20

Паспортные данные станков и ряды частот вращения, смотри таблицы 26 и 27, приложение 4.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ
Краевое государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение
"Красноярский техникум промышленного сервиса"

Дисциплина	_____	Основы формообразования и инструмент
Специальность	_____	Технология машиностроения
Группа	_____	ЗТМ – 41/42

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Назначение режимов при лезвийной обработке резанием на токарных станках

_____ (тема)

Вариант: № _____

Проверил

(подпись, дата)

М. С. Федорук

преподаватель специальных дисциплин

(инициалы, фамилия)

Выполнил

(подпись, дата)

Д. А. Ненартович

(инициалы, фамилия)

г. Красноярск, 2015

Таблица 1

Рекомендации к применению быстрорежущих сталей

Марка стали	Свойства	Области применения
P9	Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при средних и повышенных скоростях резания, повышенная пластичность при температурах горячей деформации.	Инструмент простой формы с малым объёмом шлифованных поверхностей резцы, свёрла, зенкеры и др.) для обработки обычных конструкционных материалов.
P18	Удовлетворительная прочность, повышенная износостойкость при малых и средних скоростях резания.	Режущий инструмент всех видов в том числе и для обработки конструкционных материалов в условиях динамических нагрузок. Для фасонных и сложных инструментов, для которых основным требованием является высокая износостойкость.
P6M5, P9M4, P6M3, P8M3	Повышенная прочность, повышенная склонность к обезуглероживанию и выгоранию молибдена.	То же, что и стали P18
P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5М, 10P8M3, P12Ф3	Повышенная износостойкость при низких и средних скоростях резания.	Для снятия стружки небольшого сечения; для обработки материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях нормального разогрева режущей кромки.
P18K5Ф2, P6M5K5, P10Ф5K5, P8M3K6C, P12M3Ф2K8.	Повышенная вторичная твёрдость и износостойкость.	Для обработки высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей и сплавов в условиях повышенного нагрева режущей кромки.
V11M7K23, V3M12K23, V18M7K25, 18M4K25, 25V20K25XФ, 3V20K16XФ.	Повышенная вторичная твёрдость, высокая износостойкость.	Для обработки титановых сплавов, высокопрочных, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей; материалов, обладающих абразивными свойствами в условиях повышенного разогрева режущей кромки.

Таблица 2

Рекомендации к применению твёрдых сплавов

Вид обработки	Обрабатываемый материал								
	Стали				Сплавы			Чугуны	
	Углеродистые	Легированные	Инструментальные	Коррозионностойкие	Жаропрочные	Тугоплавкие	Цветные	с HB до 240	с HB более 240
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Точение, Фрезерован:									
Чистов.	T30K4 T15K6 T5K10	T30K4 T14K8 T5K10	BK3M BK3	BK6M T15K6	BK6M BK6OM	BK3M BK6M	BK6M T18K6	BK6M BK8	BK3M BK3
Чернов.	T5K10 T5K12 TT7K12 TT10K8	T14K8 T5K10 TT10 K8 T6K12	BK6 T14K8 BK8 T5K10	BK6M BK8 BK100 M TT7K12	BK4 BK6 BK8 BK15OM	BK8 BK100M BK15OM BK6M	BK6 BK8 TT8K6 BK6M	BK6 BK6M BK8	BK6M BK6 BK8 T18K6 BK10 OM
Сверление отверстий: $l < 5D$	T5K10 BK8 T14K8	T5K10 BK10 M BK8	BK8 BK10M	T5K12 BK8 BK100 M	BK8 BK10M BK10OM	BK8 BK6M BK10OM	BK4 BK6M	BK4 BK6 BK8	BK8 BK10 BK6M
$l > 5D$	T5K12 BK8	T5K12 BK8	T5K12 BK8	T5K12 BK8	BK8 BK10OM	BK6OM BK8	BK4 BK6M	BK6 TT8K 6	BK8 TT8K6

Таблиц 3

Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении

Диаметр заготовки, мм	Размер хвостовика резца, мм	Обрабатываемый материал					
		Группы P и M			Группы K и N		
		Подача S, мм/об при глубине резания t, мм					
		До 3	3...5	5 ... 8	До 3	3...5	5...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 сталей группы H 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 или раз- меры прямо- угольно- го сечения хвосто- вика резца	Обрабатываемый материал							
	Группы <i>P</i> и <i>M</i>				Группы <i>K</i> и <i>N</i>			
	Подача <i>S</i> , мм/об, при глубине резания <i>t</i> , мм							
	2	3	5	8	2	3	5	8
10	0,08...0,10	-	-	-	0,12...0,1 6	-	-	-
12	0,10...0,20	0,08...0,15	-	-	0,12...0,2 0	0,12...0,1 8	0,10...0,18	-
16	0,30...0,50	0,15...0,25	0,10	-	0,20...0,3 0	0,15...0,2 5	0,12...0,25	-
20	0,40...0,70	0,20...0,50	0,12	-	0,30...0,4 0	0,25...0,3 5	0,25...0,45	-
30	-	0,25...0,60	0,12...0 ,30	-	0,50...0,8 0	0,40...0,6 0	0,30...0,80	-
40	-	0,40...0,70	0,15...0 ,40	-	-	0,60...0,8 0	0,40...0,70	-
40x40	-	0,70...1,0	0,30...0 ,60	-	-	0,60...0,9 0	0,70...0,90	0,30... 0,40
60x60	-		0,50...0 ,80	0,40... 0,70	-	0,90...1,2		0,50... 0,70

Примечания.

1. При обработке сталей и сплавов $\sigma_{\text{взггс}} S$ подачи более 1мм/об не применять.
2. При обработке прерывистых поверхностей и при работе с ударами табличные значения подач следует уменьшать на 15...25 %.
3. При обработке сталей группы *H* с *HRC* 44...56 значения подач нужно уменьшать, умножая на коэффициент 0,8; а с *HRC* 57...62 на коэффициент 0,5.

Поддачи при чистовом точении

Шероховатость обработанной поверхности		Радиус при вершине резца, мм					
Ra	R z	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,	-	0,14	0,20	0,25	0,29	0,32	0,35
5	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,8
	8	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	7
	0	7	6	1	4	4	

Примечание.

Поддачи приведены для обработки сталей групп P и M с $\sigma_B = 700 \dots 900$ МПа и группы K . Для сталей с $\sigma_B = 500 \dots 700$ МПа значение поддачи необходимо умножить на коэффициент

$K_s = 0,45$, а для сталей с $\sigma_B = 900 \dots 1100$ МПа - на коэффициент $K_s = 1,25$.

Поддачи при прорезании пазов и отрезании

Диаметр обрабатываемой детали, мм	Ширина режущей кромки лезвия резца, мм	Обрабатываемый материал	
		группы P и M	группы K и N
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 сталей группы N табличные значения подач необходимо уменьшить на 30% при $HRC < 50$ и на 50% при $HRC > 50$.

Таблица 7

Режимы резания жаропрочных, жаростойких и высокопрочных сталей

Характеристика материала	Марка материала	σ _в МПа	ТОЧЕНИЕ				Геометрия инструмента	Примечание
			Материал инструмента	Глубина резания, t мм	Подача, S _z мм/об	Скорость резания, V м/мин		
Теплостойкие хромистые, хромокремнистые и хромокремнемолибденовые, стали перлитного и мартенситного класса	20Х3МВФ (ЭИ415)Х5М Х6СМХ7СМ	900 – -1000	P-18	1-4	0.1-0.2	25-40	В соответствии с заданием.	1. Стойкость резцов 40-60 минут
			Т15 К6	До 5	0.1-0.3	170-230		
				До 10	0.4-0.5	90-120		
Коррозионностойкие (нержавеющие) высокохромистые стали, ферритного, мартенситно-ферритного и мартенситного классов	2Х13,3Х13 1Х12Н2ВМФ (ЭИ961) 10Х16Н4БА (ЭП56) 23Х13НВМФА	650 – -1100	P18	До 5	0.1-0.2	25-35		
			Т15 К6	До 5	0.1-0.3	150-700		
				До 10	0.4-0.5	80-100		
			ВК8	До 20	0.6-1.0	50-70		
Коррозионностойкие, кислотоупорные жаростойкие и жаропрочные стали аустенитного и переходного аустенитно-мартенситного классов	Х18Н10Т Х23Н18(ЭИ4П) Х15Н5Д2Т (ЭП410) 1Х21Н5Т (ЭИ811)	600- -800	P18	До 5	0.1-0.2	20-25		
			T15 К6	До 5	0.1-0.2	150-200		
			ВК6М	До 10	0.3-0.5	30-65		
			ВК8			40-50		
			ВК8	До 20	0.6-0.8	32-40		
Жаропрочные, жаростойкие и кислотоупорные хромоникелевые и хромоникелемарганцовистые сложнолегированные стали аустенитного класса	4Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481) Х25Н16Г7АР (ЭИ835) Х12Н20ТЗР (ЭИ698) ЭИ654	800 – -1000	P-18	До 5	0.1-0.2	10-13		
			ВК6М	До 5	0.1-0.3	48-60		
			ВК6М	До 10	0.4-0.5	30-40		
			ВК8			25-30		
Жаропрочные деформируемые сплавы на железно-никелевой и никелевой основах	ХН60В (ЭИ868) ХН67ВМТЮ (ЭИ445Р; ЭИ202) ЭИ627/ЭИ768А ЭИ867; ЭИ467	1000 – -1300	P18	До 3	0.1-0.2	3-8		
			ВК6М	До 5	0.1-0.3	15-40		
			ВК6М	До 10	0.4-0.5	10-30		
			ВК8			8-25		
Жаропрочные легированные сплавы на никелевой основе	ВЖ36-Л2 ВЖ-10, ЭП202Л, ЖС6-К, ЖС-ЗДК ЭИ123; ЭИ346	800 – -1000	P18	До 3	0.1-0.2	3-4		
			ВК6М	До 5	0.1-0.3	8-12		
			ВК6М	До 10	0.4-0.5	5-8		
			ВК8			4-7		

Характеристика материала	Марка материала	ТОЧЕНИЕ						
		σ МПа	Материал инструмента	Глубина резания, t мм	Подача, S мм / об	Скорость резания, V м/мин	Геометрия инструмента	Примечание
Высокопрочные сложнелегированные стали	38Х3СНМВФА (СП38) 43Х3СНМВФА (СП43) 38Х3МСФА (ЭП257) 42Х2ГСНМ (ВКС-1) 30Х2ГСН2МВ (ВЛ-1)	1400 – - 1600	T15K6	До 5	0.1-0.3	60-90	В соответствии с заданием	1. Большие скорости применять при меньших глубинах резания и подачах.
		1600 – - 1800	T15KB BK6M	До 3		50-70		
		1800 – - 2000	BK3M BK6M	До 2		25-40		
		2100 – - 2300	ЦМ332	До 1	0.05-0.1	60-75		
			BK3M BK6M	До 2	0,1- 0,2	20 - 30		
			ЦМ332	До 1	0,05-0,1	50 - 60		

Таблица 8

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
Обработка стали групп Р и М						
Точение	твёрдый сплав	$S < 0,3$	420	0,15	0,20	0,20
		$S = 0,3 \dots 0,7$	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
Обработка группы К						
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
Обработка ковкого чугуна						
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 группы N (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 группы N (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 9

Значение показателей степени n_v

Обрабатываемый материал	Показатели степени n_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: Группы P ($C \leq 0,6\%$) $\sigma_{в}, \text{МПа}$:						
<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
Группа P ($C > 0,6\%$)	1,5	1,0	0,9	1,0	1,35	1,0
Группа M	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0
Группа K :	1,70	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25
Группа K (ковкий)	1,30	1,25	1,3	1,3	0,85	1,25
Группа S	1,25	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0

Таблица 10

Значения поправочного коэффициента K_{nv}

Состояние поверхности заготовки					
Без корки	с коркой				
	Прокат	Поковка	Группы P и K отливки при корке		Группа N
			нормальной	сильно загрязнённой	
1,0	0,9	0,8	0,8...0,85	0,50...0,60	0,90

Таблица 11

Значения поправочного коэффициента K_{nv}

Обрабатываемый материал	Значения K_{nv} в зависимости от марки инструментального материала						
	$HRC\ 35...50$				$HRC\ 51...62$		
Группы P и M	T5K12B 0,75	T5K10 0,65	P18 0,8	T15K6 1,05	P6M5 1,15	T30K4 1,4	BK8 0,4
Группа H	T15K6 1,0	T30K4 1,25	BK6 0,85	BK8 0,83	BK4 1,0	BK6 1,0	BK8 0,74
	BK8 0,83	BK6 1,0	BK4 1,10	BK3 1,15		P18 0,95	P6M3 0,9
Группа K	P6M5 1,0	BK4 2,5	BK6 2,7	9XC 0,6	XBG 0,6	Y12A 0,5	

Таблица 12

Значения коэффициентов K_ϕ и K_r

Главный угол в плане, ϕ^0	Коэффициент K_ϕ	Радиус при вершине резца 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 13

Значения коэффициента C_p и показателей степени

Обрабатываемый материал	Материал лезвия резца	Вид обработки	Коэффициент C_p и показатели степени												
			P_z				P_y				P_x				
			C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	
Группы P и M	Твёрдый сплав	Наружное точение и растачивание	300	1,0	0,75	0,15	243	0,9	0,6	0,3	339	1,0	0,5	0,4	
		Отрезание и прорезание	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	-	
	Быстро-режущая сталь	Наружное точение и растачивание	200	1,0	0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0	
		Отрезание и прорезание	248	1,0	1,0	0									
	Группы K	Твёрдый сплав	Наружное точение и растачивание	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
		Быстро-режущая сталь	Отрезание и прорезание	158	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Группы K ковкий чугун	Твёрдый сплав	Наружное точение и растачивание	81	1,0	0,75	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0	
		Отрезание и прорезание	139	1,0	1,0										
Группа N медные сплавы	Быстро-режущая сталь	Наружное точение и растачивание	55	1,0	0,66	0	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Отрезание и прорезание	75	1,0	1,0	0									
Группа N алюминиевые сплавы		Наружное точение и растачивание	40	1,0	0,75	0									
		Отрезание и прорезание	50	1,0	1,0	-									

Таблица 14

**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_o при сверлении, рассверливании и зенкерованиях	P_z при фрезеровании
Группы P и M сталь при: $\sigma_b \leq 600$ МПа $\sigma_b > 600$ МПа	$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_b}{750}\right)^n$	0,75/0,35 0,75/0,75	0,75/0,75 0,75/0,75	0,3 0,3
Группа K	$K_{\text{мр}} = \left(\frac{HB}{190}\right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Группа K ковкий чугун	$K_{\text{мр}} = \left(\frac{HB}{150}\right)^n$	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 группы N (медных сплавов) с $HB \leq 120$ следует принимать $K_{\text{мр}} = 1,0$,
а при $HB > 120$ $K_{\text{мр}} = 0,75$.
3. При обработке группы N (алюминия и силумина) $K_{\text{мр}} = 1,0$.
4. При обработке д группы N (дюралюминия) с $\sigma_b \leq 250$ МПа $K_{\text{мр}} = 1,5$.
Если $\sigma_b = 250 \dots 350$ МПа, то $K_{\text{мр}} = 2,0$,
В случае $\sigma_b > 350$ МПа $K_{\text{мр}} = 2,75$.

Таблица 15

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

Параметры		Материал лезвия инструмента	Поправочные коэффициенты			
Наименование	Величина		Обозначение	Величина коэффициента для составляющих		
				P_z	P_y	P_x
Главный угол в плане, φ^0	30	Твёрдый сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,00	1,00	1,00
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17
	30	Быстрорежущая сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,00	1,00	1,00
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,32
Передний угол, γ^0	-15	Твёрдый сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,00
	0			1,10	1,40	1,40
	10			1,00	1,00	1,00
	12-15	Быстрорежущая сталь		1,15	1,60	1,70
	20-25			1,00	1,00	1,00
Угол наклона главной режущей кромки, λ^0	-5	Твёрдый сплав	$K_{\lambda p}$	1,00	0,75	1,07
	0			0,98	1,00	1,00
	5			0,96	1,25	0,85
	15			0,92	1,70	0,65
	-5	Быстрорежущая сталь		1,10	0,98	0,97
	0			0,98	1,00	0,96
	5			0,97	1,00	1,00

Таблица 16

Сплавы магния

Наименование сплавов	Предел прочности σ_b , МПа	Твердость <i>НВ</i>	Коэффициент обрабатываемости K_o
Сплавы высокой прочности: МЛ5, МЛ10, МА5	195...294	—	1,0...0,9
Сплавы средней прочности: МА2, МА2-1 МА8	165...196 215...225	— —	3,0 1,8...2,5

Примечание. Эталонным материалом для расчета коэффициента обрабатываемости принят сплав МЛ5.

Таблица 17

Сплавы алюминия

Наименование сплавов	Предел прочности σ_b , МПа	Твердость <i>НВ</i>	Коэффициент обрабатываемости K_o
Дюралюминий: Д1АМ, Д1Т, Д1АТ, Д16, Д16-Т, Д16-ТПП Д16АТ, Д16-АМ, Д20	150...400	—	1,0
Алюминий технической чистоты: АД0, АД1, АД1М	60...145	—	0,9
Сплавы алюминия с медью: АЛ7-Т4, АЛ7-Т5, АЛ19-Т4, АЛ19-Т5, АЛ19-Т7	196...333	60...80	0,9
Сплавы алюминия с кремнием (силумины): АЛ2, АЛ2-Т2, АЛ4, АЛ4-Т1, АЛ-4Т6 АЛ9, АЛ9-Т2 АЛ9-Т4, АЛ9-Т5, АЛ9-Т6, АЛ9-Т7, АЛ9-Т8	137...157 196...265 157...186 157...225	50...70	0,6 0,8 1,1 —
Сплавы алюминия с марганцем: АМц, АМцМ	98...98	30	0,8
Сплавы алюминия с магнием: АМг2, АМг2-м АМг2-Н АМг3, АМг5, АМг5-М, АМг6 АЛ8-Т4, АЛ13, АЛ22 АЛ22-Т4, АЛ27-Т4, АЛ28, АЛ29	137...186 270 156...186 245...274 314...196	— — — — 55...90	2,5 — — — 1,1

Продолжение таблицы 17

Наименование сплавов	Предел прочности $\sigma_{в}$, МПа	Твердость <i>HВ</i>	Коэффициент обрабатываемости K_0
Сплавы алюминия с кремнием и магнием: АВ-Т, АВ-Т1, ДД33-Т1	177...294	—	1,2
Сплавы алюминия с кремнием и медью: АЛ3, АЛ3-Т1, АЛ3-Т2 АЛ3-Т5, АЛ-3Т7, АЛ3-Т8, АЛ5, АЛ5-Т1, АЛ-Т5 АЛ6, АЛ-Т6 АЛ32, АЛ-32Т1, АЛ32-Т5, АЛ-32-Т6 АК5М2 (АЛ3В), АК5М-Т5, АК5М-Т8	137...245 160...225 147 186...265 118...245	45...70	0,8
Сплавы алюминия с магнием, цинком и медью: В95-Т1, В95-Т3	395...569	—	0,9
Сплавы алюминия с магнием, кремнием и медью: АК4-1, АК6, АК6-Т, АК6-Т1, АК6-Т1ПП, АК8-Т, АК8-Т1, АК8-Т1ПП	323...461	—	1,1
Сплавы алюминия с прочими компонентами: АЛ1-Т5, АЛ1-Т7, АЛ11, АЛ25-Т1, АЛ24, АЛ24-Т5, АЛ30-Т1	176...265	60...95	0,9

Примечание. Эталонным материалом для определения коэффициента обрабатываемости алюминиевых сплавов является сплав Д16.

Таблица 18

Сплавы меди

Наименование сплавов	Предел прочности σ_B , МПа	Твердость <i>HВ</i>	Коэффициент обрабатываемости K_0
Гетерогенные сплавы: БрАЖ9-4, БрАЖ9-4Л БрАМц9-2, БрАМц9-2Л БрАЖМц10-3-1,5 БрАЖН10-4-4 БрОФ10-1 ЛЖМц59-1-1, ЛС59-1, Л68, Л63, Л63М БрБ2 НМК ЖМц30-4-2-1	500...540 390...540 530...640 — 215...45 300...500 390...980 686...980	110...180 110...180 110...180 130...220 90 — 100...150 300...400	1,0 1,0 1,0 0,8 1,0 1,0 0,6 0,6
Гомогенные сплавы: БрА5, БрА7, БрОЦ4-3, БрОФ6,5-0,4, БрКМц3-1, БрОФ6,5-0,15	340...490	60...85	1,7
Сплавы с содержанием свинца менее 10 %: БрОЦС6-6-3, БрКС3-4, БрКЦС3-15-6, БрОЦС4-4-4	176...196	60...70	2,2
Медь: М1, М1Р, М2, М3, М4	186...196	50...80	2,6
Сплавы с содержанием свинца более 15 % БрОЦС4-4-17, БрОС7-17, БрМцС8-20, БрОЦ5-25	—	35...40	4,0

Примечание. Эталонным материалом для определения коэффициента обрабатываемости сплавов меди принят сплав БрАЖ9-4.

Таблица 19

Чугуны

Наименование сплавов	Предел прочности σ_B , МПа	Твердость <i>HB</i>	Коэффициент обрабатываемости K_o
Серые: СЧ10, СЧ15 СЧ18, СЧ20 СЧ21, СЧ24 СЧ25 СЧ 30, СЧ35	> 100...145 > 175...200 > 206 – 235 > 245 > 294...310	120...160 180...200 170...241 180...250 181...260	1,45 1,00 0,90 0,80 0,70
Ковкие: КЧ30-6 КЧ33-8 КЧ37-12 КЧ32-12 КЧ35-4 КЧ40-3	—	100...120 120...140 110...160 140...150 150...180 180...200	1,66 1,66 1,66 1,34 1,06 0,90
Легированные: ЧН15Д7 ХМ	150 —	120...250 HRC 98...102	0,89 0,72

Примечание. Эталонным материалом для определения коэффициента обрабатываемости принят чугун СЧ20.

Таблица 20

Углеродистые стали

Наименование сталей	Предел прочности σ_B , МПа	Твердость <i>HB</i>	Коэффициент обрабатываемости K_o
Конструкционные обычного качества с содержанием углерода менее 0,5 %: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4 Ст5, Ст6	295...590	77...169	2,1...1,4
Качественные: Сталь 10, 15, 20, 20Л, 25, 30, 35, 35Л, 40 45 50, 55, 60	590...1 080	169...317	1,10 1,00 0,80...0,56
Повышенной и высокой обрабатываемости резанием: А12, А15, А15Г, А20, А30, А50	395...850	107...248	2,20...0,96
Конструкционные качественные и инструментальные с содержанием углерода более 0,6 %: Сталь 65, 70 У7, У8, У9, У9А, У10, У10Г, У12, У13	590...690 690...1 080	169...200 200...317	0,80 0,67...0,34

Таблица 21

Низколегированные стали

Наименование сталей	Предел прочности $\sigma_{в}$, МПа	Твердость <i>НВ</i>	Коэффициент обрабатываемости K_o
Хромистые: 15Х, 15ХА, 20Х, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х, ШХ15	395...1 080	116...317	1,61...0,36
Никелевые: 25Н, 25Н3, 30Н, 40Н	395...980	116...317	1,83...0,58
Марганцовистые: 15Г, 20Г, 30Г, 40Г, 50Г, 60Г, 65Г, 70Г, 30Г2, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2	395...1 176	160...345	1,40...0,33
Хромомарганцовистые, хромомарганцовистокремнистые: 15ХГ, 20ХГ, 40ХГ, 35ХГ2, 16ГТЛ, 18ХГТ, 20ХГС, 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА, 35ХГСЛ, 38ХГСЛ, 45ХГСЛ	490...1 176	146...345	0,91...0,29

Таблица 22

Среднелегированные стали

Наименование сплавов	Предел прочности $\sigma_{в}$, МПа	Твердость <i>НВ</i>	Коэффициент обрабатываемости K_o
Хромоникелевые: 12ХН3, 12ХН3А, 12ХН4, 12ХН4А, 12Х2Н4, 12Х2Н4А, 37ХН3А	395...1 176	116...345	0,91...0,29
Хромомолибденовые, хромоникельмолибденовые, хромомолибденоалюминиевые: рессорно-пружинные 60С2А, 65С2ВА	1 670...870	269...321	0,41...0,35
Легированные с содержанием хрома, никеля, молибдена, ванадия: 12Х2НВФА, 18Х2Н4МА, 25ХНВА, 50ХФЛ	590...1 270	174...317	0,8...0,3
Инструментальные	—	—	0,47...0,17

Примечание. Эталонным материалом для определения обрабатываемости углеродистых и легированных сталей определена сталь 45.

Таблица 23

Труднообрабатываемые стали и сплавы

Наименование сталей (сплавов)	Предел прочности σ_B , МПа	Твердость <i>HV</i>	Коэффициент обрабатываемости K_0
1-я группа – теплостойкие хромистые, хромоникелевые и хромомолибденовые стали перлитного и мартенситного классов: 30XНЗМА, 30X2НВФА, 30X3МВФ	600...900	262...363	1,8...1,2
2-я группа – коррозионностойкие хромистые и сложнелегированные стали ферритного, мартенситно-ферритного и мартенситного классов: 12X13(1X13), 25X13Н2, 20X13(2X13), 30X13(3X13), 40X13(4X13), 14X17Н2(1X17Н2), 09X16Н4Б	600...1 300	225...311	1,4 1,8 1,3...0,6
3-я группа – коррозионностойкие, кислотостойкие, жаростойкие хромоникелевые стали аустенитного и переходного аустенитно-мартенситного классов: 12X18Н10Т(Х18Н10Т) 20X23Н18, 12X21Н5Т	550...700	145...212	1,0 0,9
4-я группа – жаропрочные, жаростойкие, кислотостойкие хромоникелевые, хромоникеле-марганцевые сложнелегированные стали аустенитного класса: 45X14Н14В2М, 08X15Н24В4ТР, 07X21Г7АН5, 12X25Н16Г7АР, 37X12Н8Г8МБФ, 15X18Н12С4ТЮ	800...1 000	220...300	0,80 0,60 0,45
5-я группа – жаропрочные деформируемые сплавы на железоникелевой и никелевой основах: 36НХТЮ, ХН77ТЮ, ХН77ТЮР, ХН35ВТЮ, ХН56ПМТЮ, ХН72МВКЮ, ХН60МВТЮ	1 200...800	260...320	0,32...0,15
6-я группа – окалиностойкие и жаропрочные литейные сплавы на никелевой основе: ХН67ВМТЮЛ (ЭП202) ХН62МВКЮЛ (ЭИ867) ХН65ВМТЮЛ (ЭИ893) ЭП23, ЭП346	800...1 000	248...340	0,10...0,08

Таблица 24

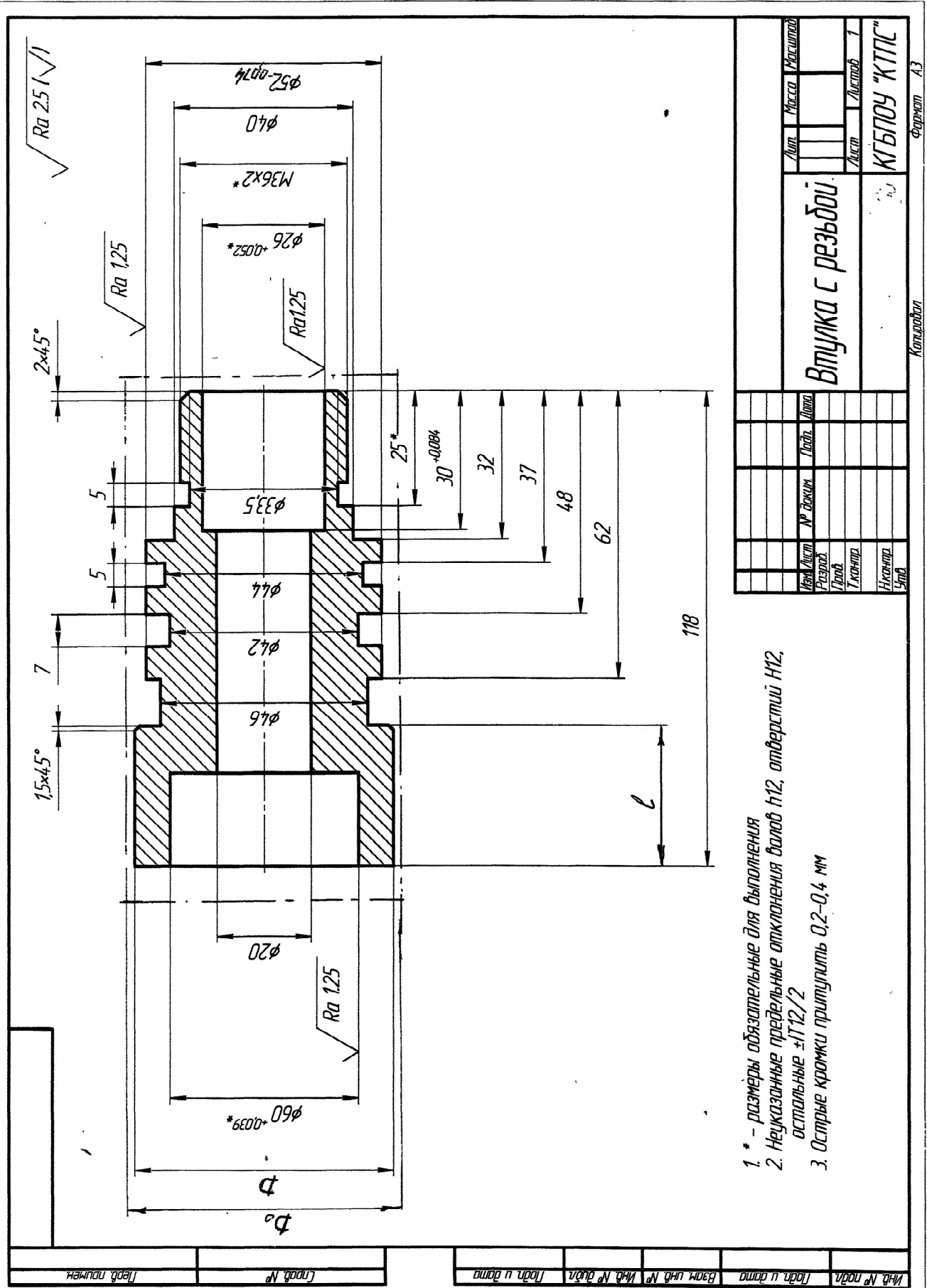
Наименование сплавов	Предел прочности σ_b , МПа	Твердость <i>НВ</i>	Коэффициент обрабатываемости K_o
7-я группа – сплавы на титановой основе: BT1-00, BT1-0, BT1-2, OT4-0, OT4-1, BT5, BT5-1, BT6, BT6c BT14, BT15, BT16, BT22	450...700 600...1 000 1 100...1 350	126...262 311...375 311...375	1,2 0,80...0,48
8-я группа – высокопрочные стали: 28X3CHMBΦA-BД, 38XH3MΦA, 43XH2MBΦA	1 600...2 100	> 450	0,44...0,24

Таблица 25

Обрабатываемость тугоплавких металлов

Наименование металла	Предел прочности σ_b , МПа	Коэффициент обрабатываемости K_o
Ниобий	300...400	0,4
Тантал	300	0,8
Молибден	800...1 000	0,8
Вольфрам	1 100...1 500	0,3

Примечание. Эталонным материалом для определения коэффициента обрабатываемости трудно-обрабатываемых сталей и сплавов принята сталь 12X18H10T.



1. * - размеры обязательные для выполнения
2. Неуказанные предельные отклонения валов h12, отверстий H12, остальные $\pm IT12/2$
3. Острые кромки притупить 0.2-0.4 мм

№ докум.	№ докум.	Исполн.	Провер.	Дата	Исполн.	Провер.	Дата
Втулка с резьбой				КЪБЛОУ "КТПС"			
Лист				Листов 1			
Масса				Формат А3			

№ докум.	№ докум.	Исполн.	Провер.	Дата	Исполн.	Провер.	Дата
Лист и дата				Лист и дата			
Лист №				Лист №			
Листов				Листов			

Таблица 26

**Паспортные данные
токарно-винторезных и токарных станков**

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

Таблица 27

Ряды частот вращения шпинделя

Модель станка	Частоты вращения шпинделя, n об/мин
1М61	12,5; 16; 20; 25; 28; 35,5; 45; 56; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 355; 450; 560; 710; 800; 1000; 1250; 1600;
16К20	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 710; 800; 1000; 1250; 1600; 2000

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Выполнение контрольной работы в соответствии с настоящим пособием предполагает решение таких учебных задач как закрепление понятийной, концептуальной и содержательной основы раздела о режимах обработки и обоснованного выбора режущего инструмента при изучении учебной дисциплины «Основы формообразования и инструмент»

Предметной основой ее как учебной дисциплины приняты положения изложенные в концепции В. Ф. Боброва. Расчетные зависимости и статистический материал (таблицы) заимствованы из работ авторитетных авторов, таких как А. М. Дальский, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова и др.

Более углубленные знания и дополнительные сведения по различным аспектам теории и практики резания материалов студенты найдут в специальной и справочной литературе. В связи с интеграцией в международное сообщество отечественная нормативная и учебная база значительно расширилась, в первую очередь, материалами системы ISO, а также опытом-известных зарубежных фирм в области механической обработки.