



Санкт-Петербургское государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Малоохтинский колледж»

Приложение 2.1
к ООП-П по специальности
15.02.09 Аддитивные технологии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«ОП.06 ПРОЦЕССЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ»



СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
2. ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ).....	4
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.....	5
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.....	13
5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.....	15
6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4.....	21
7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.....	25
8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6.....	44
9. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7.....	48
10. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8.....	54
11. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9.....	57
12. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10.....	60
13. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11.....	62



ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания предназначены для выполнения студентами практических работ по дисциплине ОП.06 «Процессы формообразования в машиностроении». Представлены задания, порядок выполнения и требования к оформлению практических работ.

В результате освоения учебной дисциплины ОП.06 «Процессы формообразования в машиностроении» обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС по специальности 15.02.09 Аддитивные технологии следующими умениями, знаниями, которые формируют профессиональные компетенции и общие компетенции:

уметь:

- проектировать операции технологического процесса производства продукции отрасли;
- осуществлять рациональный выбор параметров технологического процесса для обеспечения заданных свойств и требуемой точности изделия

знать:

- типовые технологические процессы производства деталей и узлов машин;
- методы формообразования в машиностроении;
- понятие технологичности конструкции изделия;
- способы обеспечения заданной точности и свойств при изготовлении деталей;
- особенности и сфера применения технологий литья, пластического деформирования, обработки резанием, аддитивного производства;

Общие и профессиональные компетенции:

ОК 01. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес

ОК 02. Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 03. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность

ОК 06. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями

ПК 1.2 Выбирать метод получения заготовок и схемы их базирования.

ПК 3.1 Участвовать в реализации технологического процесса по изготовлению деталей.

ПК 3.2 Проводить контроль соответствия качества деталей требованиям технической документации.



1. ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ (ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ)

1. Строго выполнять объем подготовки, указанный в описании;
 2. Перед выполнением работы проводится проверка знаний теории;
 3. При выполнении работы студент должен соблюдать указанные требования, предъявляемые к работе;
 4. Знать, что по окончании выполнения работы, необходимо представить отчет о проделанной работе, в соответствии с рекомендациями.
 5. Отчеты о проделанных работах оформляются в отдельной тетради.
- Пропущенные работы студент выполняет самостоятельно в свободное от учебных занятий время и представляет отчет о проделанной работе в соответствии с рекомендациями.

Практическая работа № 1

Изучение геометрических и конструктивных параметров токарных резцов.

Цель: практическое изучение конструкции и [геометрических параметров](#) токарных резцов, освоение [методов контроля геометрических параметров](#) токарных резцов.

Порядок проведения работы:

1. Изучить теоретическую часть
2. Зарисовать основные типы резцов
3. Оформить таблицу 1, 2
4. Выполнить практическое задание

Теоретическая часть

При обработке металлов резанием изделие получается в результате срезания с заготовки слоя припуска, который удаляется в виде стружки. Готовая деталь ограничивается вновь образованными обработанными поверхностями. На обрабатываемой заготовке в процессе резания различают обрабатываемую и обработанную поверхности. Кроме того, непосредственно в процессе резания режущей кромкой инструмента образуется и временно существует поверхность резания.

Для осуществления процесса резания необходимо и достаточно иметь одно взаимное перемещение детали и инструмента. Однако для обработки поверхности одного взаимного перемещения, как правило, недостаточно. В этом случае бывает необходимо иметь два или более, взаимосвязанных движений обрабатываемой детали и инструмента. Интенсивность процесса резания определяется режимами резания, свойствами режущего инструмента.



2. Конструкция резца должна обеспечить наибольшую производительность, для чего:

- а) резцы должны обладать высокой износостойкостью, что определяется правильным выбором марки режущей части инструмента;
- б) резцы должны иметь достаточную прочность и жесткость для предотвращения вибраций и обеспечения точности обработки;
- в) резцы должны иметь оптимальную геометрию, обеспечивающую наименьшие силы резания, и допускать наибольшие скорости резания при заданном периоде стойкости.

3. Резец должен допускать возможно большее количество переточек.

4. В серийном производстве желательно, чтобы резец был пригоден для возможно более разнообразных работ (универсальность резца).

Обработка точением при изготовлении деталей машин, механизмов, приборов является самым распространенным, высокопроизводительным и универсальным методом. Схема резания при точении предусматривает удаление поверхностного слоя материала заготовки с глубиной резания t за счет ее установки на станке и вращения со скоростью резания V , а также благодаря поступательному движению резца 1 с подачей S (рис. 1). При этом различают обрабатываемую поверхность 2, поверхность резания 3 и обработанную поверхность 4.

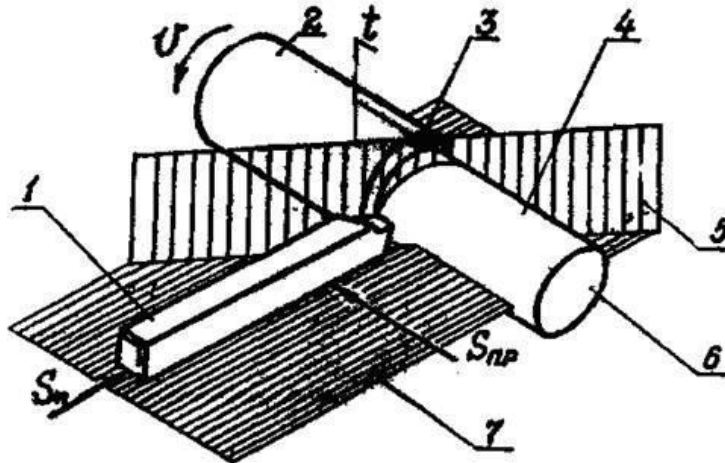


Рис. 1. Схема резания и координатные плоскости при точении.

Конструкция и классификация резцов.

Резец обычно представляет стержень прямоугольного или круглого сечения, который состоит из двух основных частей: головки 6, являющейся рабочей частью резца, и державки 5, служащей для закрепления резца в резцедержателе (рис. 2).

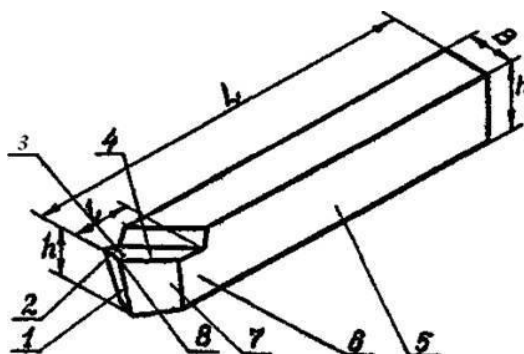


Рис. 2. Элементы конструкции резца

Головка имеет следующие рабочие элементы: переднюю поверхность 3, главную заднюю поверхность 7 и вспомогательную заднюю поверхность 1, главную режущую кромку 4 и вспомогательную режущую кромку 2, а также вершину 8. Передняя поверхность воспринимает нагрузку от сходящей по ней стружки, главная задняя поверхность контактирует с поверхностью резания 3, вспомогательная задняя поверхность - с обработанной поверхностью 4 (рис.1).

При обработке заготовок на токарных станках используют резцы, которые классифицируются по нескольким признакам (рис. 3):

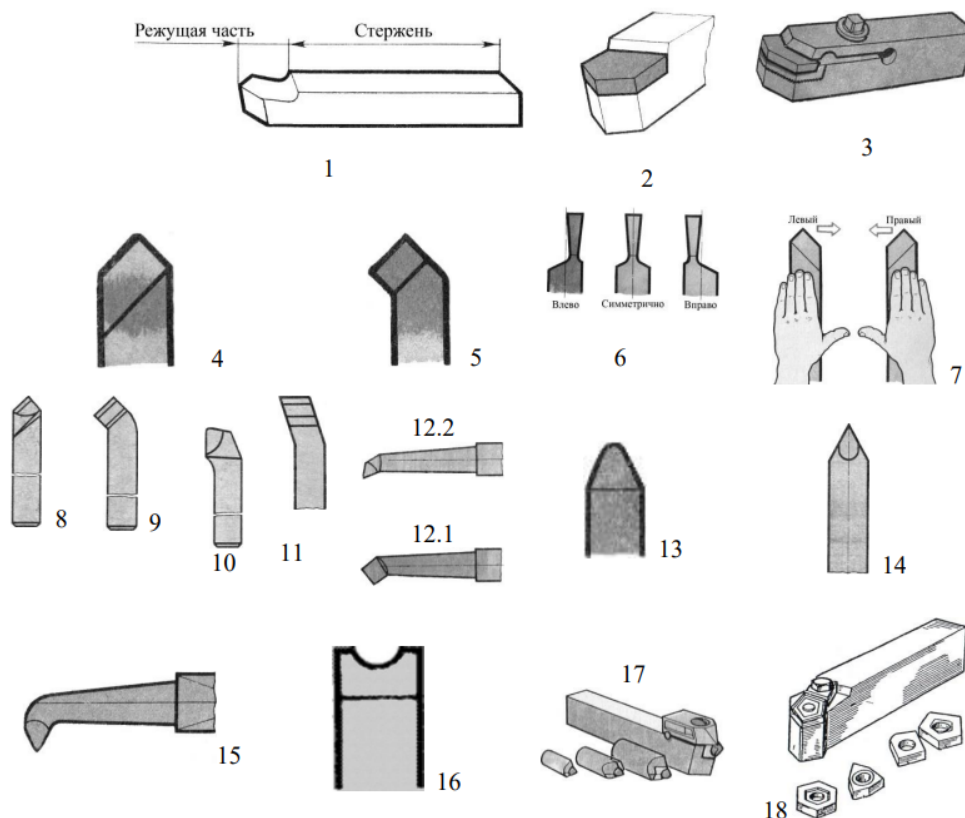


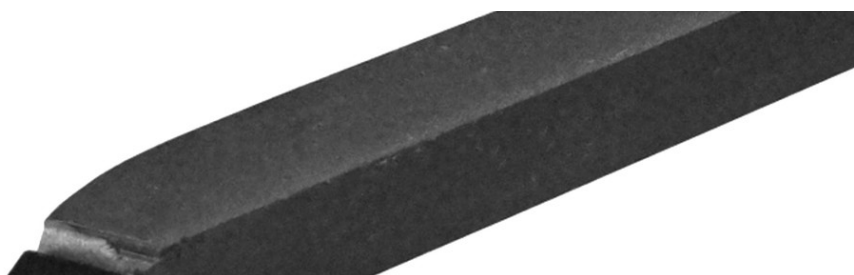
Рис. 3. Типы токарных резцов.



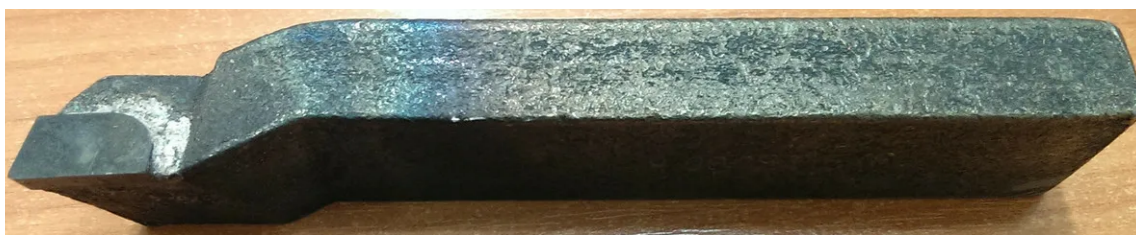
- по конструкции режущей части – цельные (рис. 3.1), с припаянной или приваренной пластинкой (рис. 3.2.), с механическим креплением режущей пластинки (рис. 3.3);
- по форме головки резца – прямые (рис. 3.4), отогнутые (рис. 3.5.), оттянутые (рис. 3.6.);
- по направлению подачи (рис. 3.7) – правые, левые;
- по виду выполняемой работы –
 - проходные (прямой, отогнутый, упорный) для обтачивания гладких цилиндрических и конических поверхностей (рис. 3.8; 3.9; 3.10);
 - подрезные для обтачивания плоских торцовых поверхностей (рис. 3.11);
 - расточные для растачивания сквозных (рис. 3.12.1) и глухих (рис. 3.12.2) отверстий;
 - отрезные для разрезания заготовок на части и для протачивания кольцевых канавок (рис. 3.6);
 - галтельные для обтачивания переходных поверхностей между ступенями валов по радиусам (рис. 3.13);
 - резьбовые наружные (рис. 3.14) и внутренние (рис. 3.15);
 - фасонные для обтачивания фасонных поверхностей (рис. 3.16).



[Прходной прямой резец](#)



[Прходной отогнутый резец](#)



[Прходной упорный резец](#)



Санкт-Петербургское государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Малоохтинский колледж»



[Подрезной резец](#)



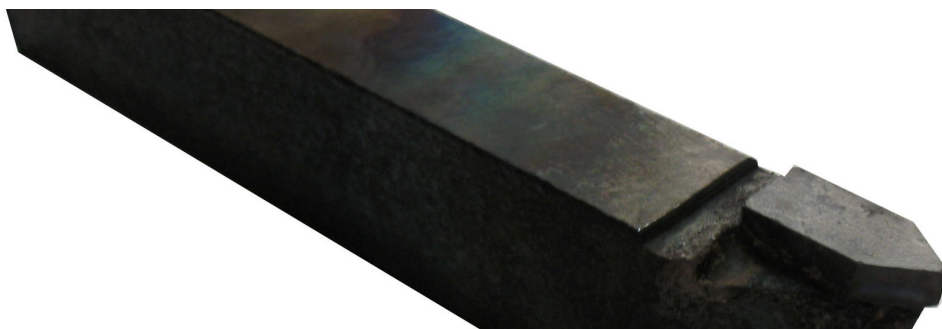
[Расточной резец для глухих отверстий](#)



[Расточной резец для сквозных отверстий](#)



[Отрезной резец \(24.11\)](#)



Резьбовой резец для наружной резьбы



[Резьбовой резец для внутренней резьбы\(32.42\)](#)

- по роду режущего материала – из быстрорежущей стали, с пластинками из твёрдого сплава, с пластинками из минералокерамики, с кристаллами алмазов и эльбора (рис. 3.17), с многогранными неперетачиваемыми пластинками твёрдого сплава (рис. 3.18).

Геометрия резцов.

Геометрические параметры резца включают его габаритные размеры, а также углы, под которыми расположены поверхности и режущие кромки головки относительно друг друга или относительно координатных плоскостей.

На практике для определения углов резца чаще используют следующие координатные плоскости:

Плоскость резания – плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку резца.

Основная плоскость – плоскость, параллельная продольному (параллельно оси заготовки) и поперечному (перпендикулярно оси заготовки) перемещениям резца.

У призматических резцов за основную плоскость может быть принята нижняя (опорная) поверхность резца.

Главная секущая плоскость N-N – плоскость, перпендикулярная к поверхности главной режущей кромки на основную плоскость.

Вспомогательная секущая плоскость N1-N1– плоскость, перпендикулярная к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Главные углы резца измеряются в главной секущей плоскости к ним относятся:

Главный задний угол α – угол между главной задней поверхностью и плоскостью резания.



Угол заострения β – угол между передней и главной задней поверхностями резца.
Передний угол γ – угол между передней поверхностью резца и плоскостью перпендикулярной к плоскости резания.

Угол резания δ – угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

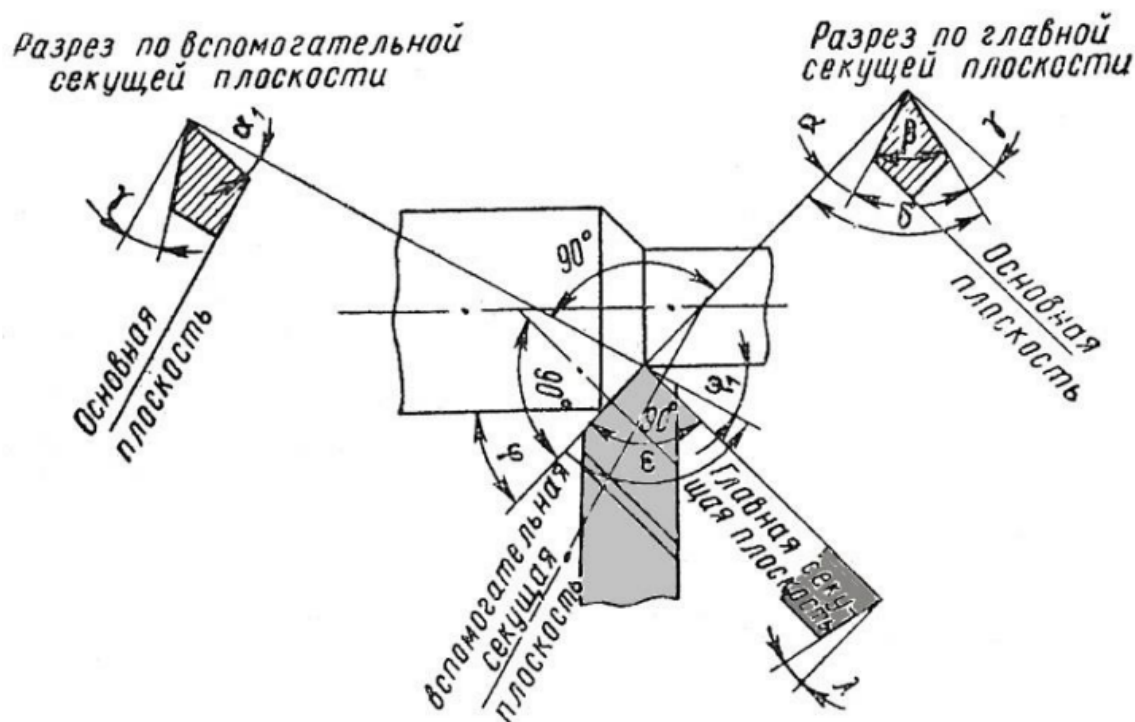


Рис. 4. Геометрические параметры режущей части прямого проходного резца.

Вспомогательные углы измеряются во вспомогательной секущей плоскости, к ним относятся:

Вспомогательный задний угол α_1 – угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости.

Вспомогательный передний угол γ_1 также измеряют во вспомогательной секущей плоскости N1-N1.

Кроме рассмотренных углов, резец имеет углы в плане и угол наклона главной режущей кромки. Углы в плане измеряют в основной плоскости:

Главный угол в плане ϕ – угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательный угол в плане ϕ_1 – угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Угол при вершине в плане ϵ – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.



Между углами в плане существует зависимость:

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180.$$

Угол наклона главной режущей кромки λ – угол, заключенный между главной режущей кромкой и плоскостью, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости. Этот угол измеряется в плоскости, проходящей через главную режущую кромку, перпендикулярно к основной плоскости.

Угол наклона главной режущей кромки считается положительным, когда вершина резца является нижней точкой режущей кромки; равным нулю – при главной режущей кромке, параллельной основной плоскости и отрицательным – когда вершина резца является наивысшей точкой режущей кромки.

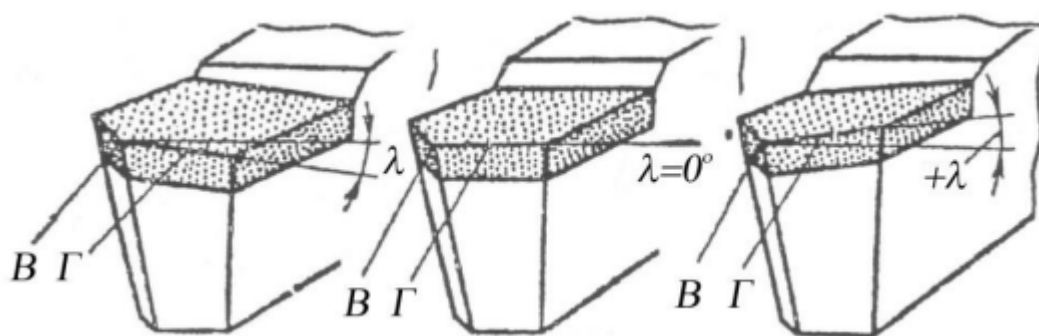


Рис. 5. Угол наклона главного режущего лезвия.

Углы режущей части инструмента значительно влияют на процесс резания.

Правильно назначив углы резца, можно значительно уменьшить интенсивность износа его режущей части (увеличить стойкость).

Задний угол α служит для уменьшения трения между задней поверхностью резца и поверхностью резания. С уменьшением трения уменьшается нагрев резца, а, следовательно, и его износ со стороны задней поверхности. Однако если задний угол значительно увеличен, резец получается ослабленным, и он быстро разрушается. При выборе заднего угла учитывают свойства материалов детали и инструмента, а также условия резания. При обработке мягких и вязких металлов задний угол резца берут обычно большим, для твердых и хрупких металлов – меньшим. На практике величину заднего угла выбирают в пределах 6...12°.

Передний угол γ имеет большое значение в процессе образования стружки.

С увеличением переднего угла облегчается врезание резца в металл, уменьшается деформация срезаемого слоя, облегчается сход стружки, уменьшается сила резания и расход мощности. Вместе с тем увеличение переднего угла приводит к уменьшению угла β , т.е. к ослаблению режущего клина и снижению его прочности, что вызывает увеличение износа резца. Поэтому при обработке



твердых и хрупких металлов передний угол выбирают меньшим, при обработке мягких и вязких металлов – большим. При обработке закаленных сталей твердосплавным инструментом, а также при ударной нагрузке (прерывистое резание) следует для увеличения прочности режущей кромки применять даже отрицательные передние углы. На практике величину переднего угла выбирают в пределах от -10° до $+15^\circ$.

Угол наклона главной режущей кромки λ служит для отвода стружки в определенном направлении: при $+\lambda$ – к обработанной поверхности; при $-\lambda$ – к обрабатываемой поверхности. Положительный угол λ служит также для упрочнения режущей кромки, что особенно важно при прерывистом резании, а также при обработке закаленных материалов. На практике величину угла наклона главной режущей кромки выбирают в пределах: для быстрорежущих резцов $3...5^\circ$, для твердосплавных резцов $12...15^\circ$.

Главный угол в плане ϕ влияет на шероховатость обработанной поверхности, на стойкость инструмента. Чем меньше угол, тем выше стойкость резца, выше допустимая скорость резания, меньше шероховатость обработанной поверхности. Но с уменьшением главного угла в плане возрастает отжим резца от заготовки, возникают вибрации, в результате чего ухудшается качество обработанной поверхности и увеличивается износ инструмента. Обычно угол ϕ выбирают в пределах $30...90^\circ$ в зависимости от вида обработки, типа резца, жесткости заготовки и резца.

Вспомогательный угол в плане ϕ_1 – служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности об обработанную поверхность, оказывает влияние на шероховатость обработанной поверхности. Для получения большей стойкости резца и меньшей шероховатости обработанной поверхности угол ϕ_1 выбирают возможно меньшим, учитывая жесткость технологической системы. На практике угол ϕ_1 выбирают в пределах $10...30^\circ$.

Практическая часть:

1. Заполнить таблицу 1

Наименование резца	Рисунок	Область применения
Прходной прямой		
Прходной упорный		
Прходной отогнутый		
Расточной для глухих отверстий		



Санкт-Петербургское государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Малоохтинский колледж»

Расточной для сквозных отверстий		
Подрезной		
Отрезной		
Галтельные		
Резьбовой для наружной резьбы		
Резьбовой для внутренней резьбы		
Фасонный		

2. Заполнить таблицу 2

Таблица 2

Угол (обозначение)	Наименование	Примечание
α		
β		
γ		
ϵ		
λ		
φ		
φ_1		

3. Укажите величину углов резца ϕ , ϕ_1 , α , γ , λ , , материал режущей части которого изготовлен из твердосплавного материала ВК8 для обработки конструкционной стали Ст.45. Условия работы резца: черновое точение, жесткая система СПИД. ПРИЛОЖЕНИЕ 1.



Таблица 1.3

Рекомендации по выбору главного угла в плане

Назначение и условия работы резца	Угол ϕ , °
Точение с малой глубиной резания при особо жесткой системе	30
Растачивание стальной заготовки, точение при малой жесткости системы	60
Растачивание чугунной детали, точение при малой жесткости системы	70...75
Подрезка, обточка и расточка ступенчатых поверхностей в упор. Обработка в условиях нежесткой системы	90
Точение в условиях жесткой системы	45

Угол наклона главной режущей кромки

Условия работы резца	Угол λ , °
Точение прерывистых поверхностей с ударами	12...15
Черновое точение и растачивание чугуна	10
Черновое точение и растачивание стали	0...5
Точение и растачивание жаропрочных сталей и сплавов	0
Чистовое точение и растачивание	-2...-4



**Рекомендуемые значения передних и задних углов резцов при точении
и растачивании заготовок из стали и чугуна**

Обраба- тываемый материал	Материал режущей части резца					
	Сталь быстро- режущая	Твердый сплав	Сталь быстрорежущая		Твердый сплав	
			Обработка			
			черновая	чистовая	черновая	чистовая
	Передний угол γ , °	Задний угол α , °				
Сталь кон- струк- ционная	25	12 ... 15	6	12	8	12
Сталь ле- гирован- ная	20	10	6	12	8	12
Стальное литье	—	10	—	—	8	12
Сталь жа- ропрочная	20	10	8	8	10	10
Чугун се- рый	—	5	—	—	8	10
Чугун ков- кий	—	8	—	—	8	10

Таблица 1.4

Рекомендации по выбору вспомогательного угла в плане

Условия работы резца	Угол ϕ' , °
Чистовая обработка	5 ... 10
Черновое точение	10 ... 15
Черновое растачивание	15 ... 20
Обработка с подачей в обе стороны без перестановки резца	30
Обработка широкими резцами или резцами с дополнительным режущим лезвием	0



Практическое занятие № 2

Литье в песчано-глинистые формы

Цель работы: получение практических навыков назначения припусков и допусков на механическую обработку заготовки изделия.

Порядок выполнения работы:

1.Получение варианта задания у преподавателя;

2.Изучение чертежа детали и анализ исходных данных:

-название детали;

-тип / форма детали;

-конструктивные элементы детали;

-материал детали (название, химический состав, свойства);

-определения поверхностей детали, которые подвергаются механической обработке;

-определение размеров детали, на которые будут назначены припуски

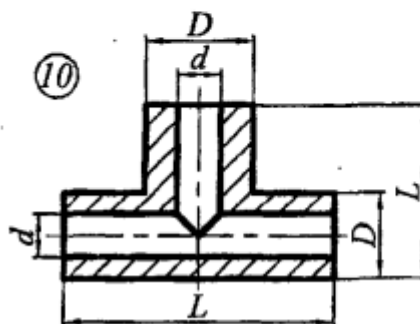
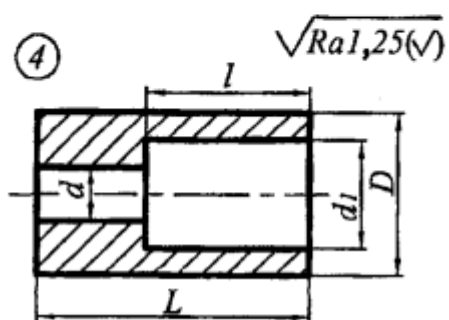
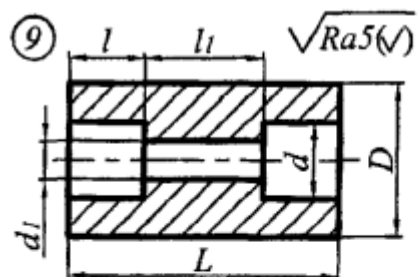
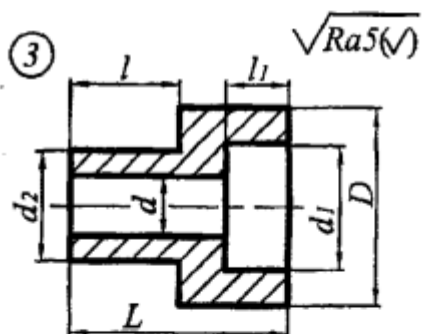
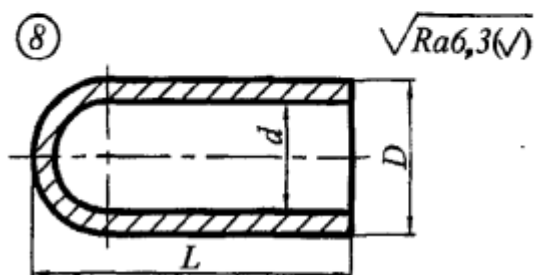
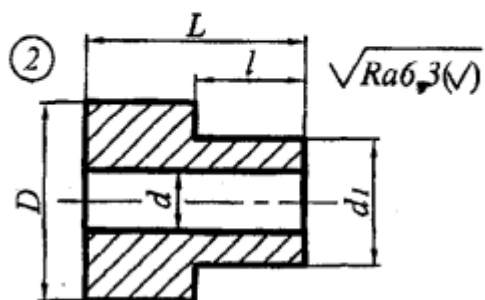
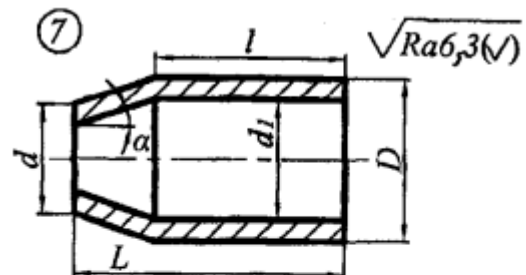
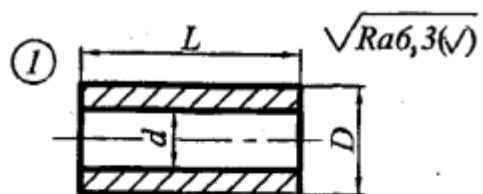
-определение шероховатости поверхностей детали

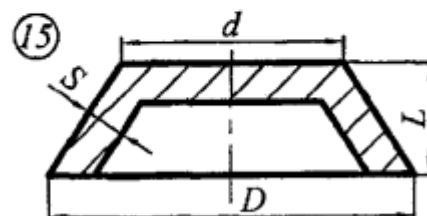
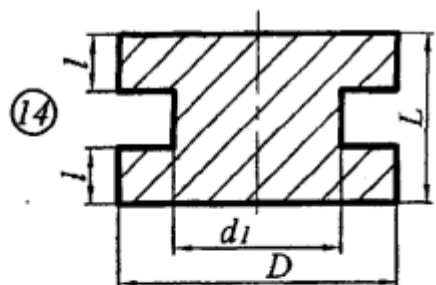
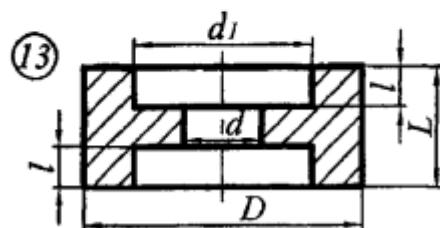
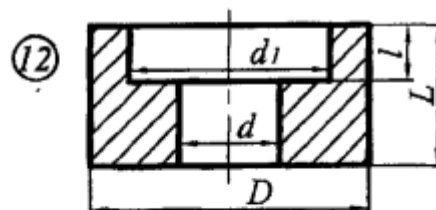
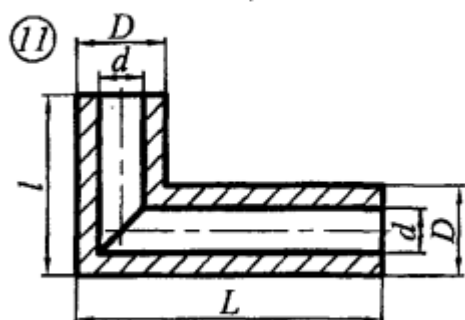
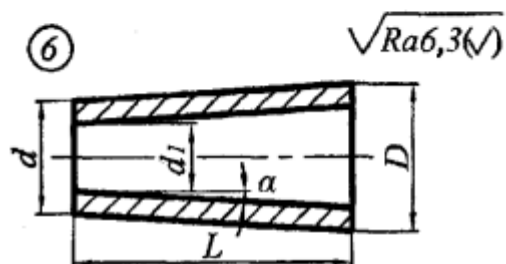
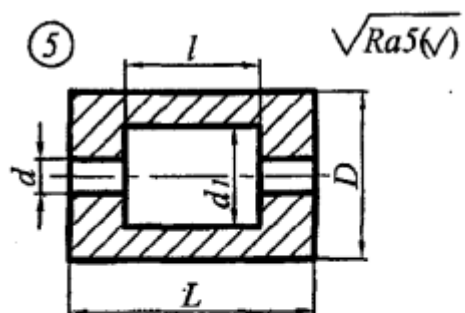
3. Определение припусков и допусков на механическую обработку. Припуски на механическую обработку устанавливаются по [ГОСТ 53464-2009](http://www.gost.ru).

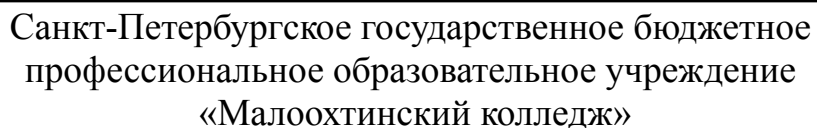
Алгоритм работы с ГОСТом 53464-2009

	Что делаем		Где смотрим и выбираем
1	Определяем класс размерной точности отливки	→	Приложение А. Таблица А1 стр.27 Выбираем в зависимости от метода литья, габарита детали, материала детали
2	Назначаем допуски размеров отливки	→	Таблица 1 стр.8 (читаем пункты 5.1 – 5.3 стр. 4) Для каждого номинального размера детали определяем допуск на размер отливки
3	Определяем степень точности поверхности отливки	→	Приложение В. Таблица В1 стр.30 Выбираем в зависимости от метода литья, габарита детали, материала детали
4	Назначаем допуски неровности поверхности отливки	→	Таблица 3 стр.9 (читаем пункт 5.10 стр.7) Выбираем в зависимости от степени точности поверхности отливки
5	Назначаем общие допуски элементов отливки	→	Приложение И. Таблица И1 стр.38 Выбираем общий допуск в зависимости от допуска на размер и допуска неровности поверхности отливки (допуска формы – (2) и расположения поверхности – (4))
6	Определяем ряд припуска отливки	→	Приложение Е. Таблица Е1 стр.36 Выбираем в зависимости от степени точности поверхности отливки
7	Назначаем минимальный литейный припуск на сторону	→	Таблица 5 стр.11 (читаем пункт 7.1.1 стр.11)
8	Назначаем общий припуск элементов отливки на сторону	→	Таблица 6 стр. 11 Выбираем в зависимости от общего допуска, вида обработки и ряда припуска отливки

С





19



ВЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

№ п/п	Номер эскиза	Длина детали L , мм	Наибольший и наимень- ший диамет- ры D, d , мм	d_1 , мм	l_1 , мм; S , мм; α°	Длина участка l , мм	Материал	При- меча- ние
1	1	$180 \pm 0,3$	$D = 60 \pm 0,3$ $d = 30 \pm 0,1$	—	—	—	Сталь 15Л	При получении задания разрешается использовать заводские чертежи деталей
2	2	$220 \pm 0,4$	$D = 70 \pm 0,3$ $d = 30 \pm 0,1$	$50 \pm 0,2$	—	$110 \pm 0,2$	Сталь 25Л	
3	3	$200 \pm 0,4$	$D = 80 \pm 0,2$ $d = 60 \pm 0,1$	$70 \pm 0,1$	$20 \pm 0,1$	$100 \pm 0,2$	Сталь 30Л	
4	4	$190 \pm 0,4$	$D = 100 \pm 0,2$ $d = 28 \pm 0,1$	$50 \pm 0,2$	—	$80 \pm 0,2$	Сталь 40Л	
5	5	$200 \pm 0,5$	$D = 70 \pm 0,2$ $d = 22 \pm 0,1$	$60 \pm 0,1$	$S = 20$	$76 \pm 0,2$	Сталь 45Л	
6	6	$200 \pm 0,3$	$D = 120 \pm 0,2$ $d = 80 \pm 0,1$	$40 \pm 0,1$	$\alpha = 3^\circ$	—	Сталь 50Л	
7	7	$300 \pm 0,4$	$D = 120 \pm 0,2$ $d = 60 \pm 0,1$	$90 \pm 0,1$	$\alpha = 10^\circ$	$15 \pm 0,2$	Сталь 55Л	
8	8	$240 \pm 0,4$	$D = 120 \pm 0,4$ $d = 60 \pm 0,1$	—	—	—	Сталь 30ХНМЛ	
9	9	$240 \pm 0,3$	$D = 120 \pm 0,4$ $d = 60 \pm 0,2$	$40 \pm 0,1$	—	$80 \pm 0,2$	СЧ10	
10	10	$200 \pm 0,3$	$D = 100 \pm 0,2$ $d = 20 \pm 0,1$	—	—	—	СЧ15	
11	11	$200 \pm 0,2$	$D = 80 \pm 0,1$ $d = 20$	—	—	—	СЧ18	
12	12	$180 \pm 0,3$	$D = 100 \pm 0,1$ $d = 40 \pm 0,1$	$80 \pm 0,1$	$S = 20$	—	СЧ20	
13	13	$200 \pm 0,2$	$D = 120 \pm 0,2$ $d = 50 \pm 0,1$	$80 \pm 0,1$	$S = 20$	—	СЧ25	
14	14	$200 \pm 0,3$	$D = 140 \pm 0,3$	$80 \pm 0,1$	$S = 20$	—	СЧ30	
15	15	$200 \pm 0,3$	$D = 100 \pm 0,2$ $d = 50 \pm 0,1$	—	$S = 20$	—	СЧ30	



Практическое занятие № 3

Расчет составляющих силы резания и мощности, затрачиваемой на процесс резания при точении

Цель работы: изучить методику расчета сил резания и мощности, затрачиваемой на резание, аналитическим способом. Ознакомиться и приобрести навыки работы со справочной литературой.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с теоретической частью
2. Выполнить задание ПР5.1; ПР5.2
3. Вывод о проделанной работе
4. Подготовить к защите практической работы по теоретической и практической части

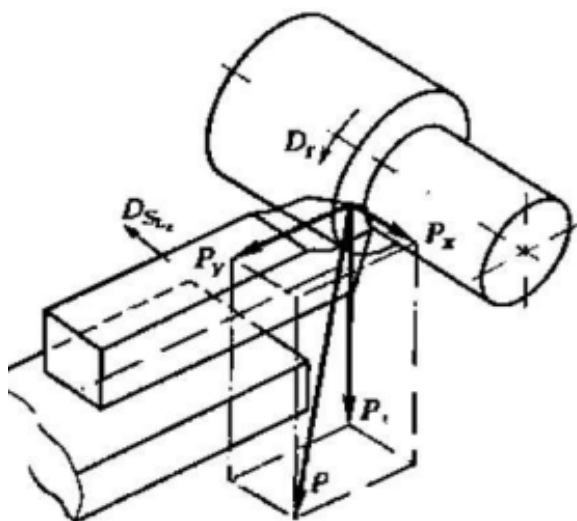


Рис. ПР5.1. Силы, действующие на резец

Суммарная равнодействующая всех сил, действующих на резец со стороны обрабатываемого металла, называется **силой сопротивления резанию** (рис. ПР5.1).

Сила сопротивления резанию — это результат действия упругой и пластической деформаций, сил трения стружки о переднюю поверхность резца и трения задних поверхностей о поверхность резания и обрабатываемую поверхность.

В соответствии с ГОСТ 25762—83 сила сопротивления резанию раскладывается на три составляющие силы резания, направленные по трем взаимно-перпендикулярным осям: тангенциальную P_z , радиальную P_y и осевую P_x . Главная составляющая силы резания P_z совпадает по направлению со скоростью главного движения резания и изгибает резец в вертикальной плоскости.

По силе P_z , Н, определяется изгибающий момент:

$$M_{\text{изг}} = P_z l,$$

где l — вылет резца, м.

Чем больше вылет резца l , тем больше изгибающий момент, а следовательно, больше должно быть сечение державки резца.

Осевая составляющая P_x силы резания (или сила подачи) параллельна продольному движению подачи. Сила P_x действует через резец на механизм подачи станка, а через заготовку на шпиндель и его опоры в осевом направлении. По силе P_x рассчитывается механизм подачи станка.



Радиальная составляющая P_y силы резания направлена по радиусу параллельно поперечному движению подачи резца и стремится оттолкнуть резец от заготовки. По этой силе производится расчет станка на жесткость. Составляющую силы резания P_y необходимо учитывать при расчете на прочность инструмента и механизма поперечного движения подачи станка.

Равнодействующая сил резания определяется по формуле

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2}.$$

При $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0$ и $\gamma \approx 15^\circ$ для определения составляющих силы резания используются следующие соотношения:

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

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

На соотношения между составляющими P_z , P_x и P_y силы резания оказывают влияние механические характеристики материала обрабатываемой заготовки, геометрия режущей части инструмента, износ резца, режимы резания, вибрация, вид смазочно-охлаждающей жидкости и др.

В частных случаях разложения равнодействующей силы P , например при отрезании заготовки резцом с режущей кромкой, параллельной оси (рис. ПР5.2, а), можно записать

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2},$$

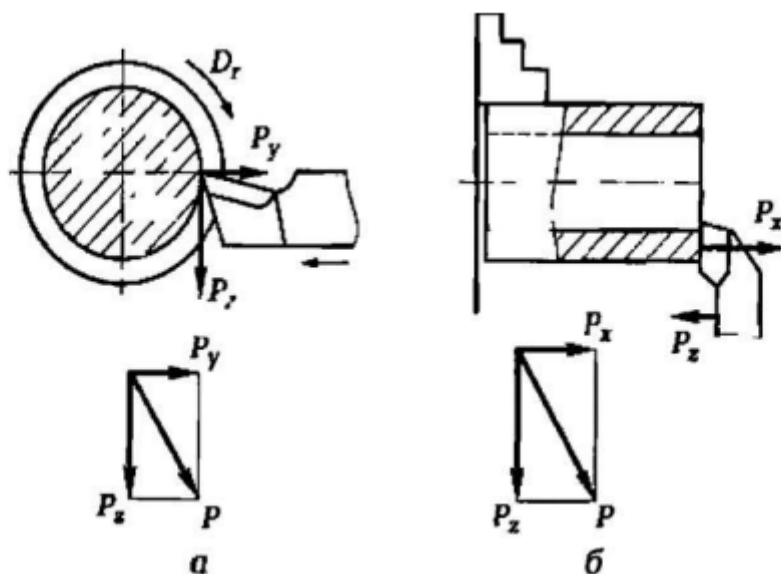


Рис. ПР5.2. Частные случаи разложения равнодействующей сил, действующих на резец со стороны обрабатываемого материала:

а — при отрезании (разрезании) заготовки; *б* — при подрезке торца трубы с $\varphi = 45^\circ$ и $\lambda = 0$

а при подрезке торца трубы с $\varphi = 45^\circ$ и $\lambda = 0$ (рис. ПР5.2, *б*)

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_x^2}.$$

Составляющие силы резания при наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении рассчитываются по эмпирическим формулам

$$P_z, P_x, P_y = 10C_{pt}^x S_0^y v^n K_P,$$



где C_p — коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и условия его обработки; t — глубина резания, мм; S_o — подача, мм/об; x, y, n — показатели степеней; K_p — общий поправочный коэффициент на измененные условия резания по отношению к тем условиям, для которых характерен коэффициент C_p .

Постоянный коэффициент C_p и показатели степеней x, y, n для конкретных условий обработки (например, продольное точение, нарезание резьбы и т.д.) для каждой из составляющих силы резания приведены в [5, табл. 22 на с. 273].

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

$$K_p = K_{mp} K_{фp} K_{yp} K_{\lambda p} K_{rp},$$

где K_{mp} — коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала [5, табл. 9, 10 на с. 264 и 265]; $K_{фp}, K_{yp}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ — поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента [5, табл. 23 на с. 275].

Глубина резания t при отрезании, прорезании и фасонном точении соответствует длине режущего лезвия.

Мощность, затрачиваемая на процесс резания

При срезании стружки затрачивается работа резания.

Мощность, затрачиваемая на процесс резания, определяется по составляющей силы резания P_z и называется эффективной мощностью резания $N_{эф}$.

Эффективная мощность резания, кВт, определяется по формуле

$$N_{эф} = \frac{P_z v}{1\,020 \cdot 60},$$



где P_z — составляющая силы резания, Н; v — скорость резания, м/мин.

Эффективная мощность резания должна быть меньше мощности привода главного движения. Для обеспечения эффективной мощности на шпинделе электродвигатель станка должен обладать большей мощностью, так как часть ее расходуется на трение в подшипниках, зубчатых передачах, направляющих и др. (потери на трение зависят от вида станка и характеризуются коэффициентом полезного действия станка $\eta = 0,70 \dots 0,85$):

$$N_{\text{шп}} = \eta N_{\text{эд}},$$

где η — коэффициент полезного действия (КПД) станка; $N_{\text{эд}}$ — мощность электродвигателя станка, кВт.

Практическая часть

Задача ПР5.1. Определить составляющие P_z , P_x , P_y силы резания при продольном точении заготовки резцом с пластиной из твердого сплава, с глубиной резания t , подачей S_0 и скоростью резания v .

Варианты данных к задаче приведены в табл. ПР5.1.

Задача ПР5.2. Определить эффективную мощность резания $N_{\text{эф}}$ и момент сопротивления резанию $M_{\text{ср}}$ при продольном точении заготовки на токарном станке 16К20 со скоростью главного движения резания v при главной составляющей силы резания P_z .

Варианты данных к задаче приведены в табл. ПР5.2.



Таблица 2. Варианты заданий к задаче ПР5.1.

Номер варианта	Материал заготовки	Режим резания				Геометрические элементы резца						Форма передней поверхности
		t , мм	S_{ϕ} , мм/об	v		φ	φ'	α	γ	λ	r	
				м/мин	м/с							
1	Серый чугун, 160 НВ	4	0,6	58	0,97	60	10	8	+5	+10	1	Плоская
2	Сталь 40ХН, $\sigma_s = 700$ МПа	1	0,25	66	1,1	90	10	8	+5	0	1	Радиусная с фаской
3	Сталь 20, $\sigma_s = 500$ МПа	3,5	0,52	120	2	45	10	8	+10	+5	1	Плоская
4	Сталь 40ХН, $\sigma_s = 750$ МПа	1,5	0,6	110	1,83	60	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
5	Сталь Ст3, $\sigma_s = 460$ МПа	3	0,87	125	2,08	60	10	8	+10	+5	1	Плоская
6	Серый чугун, 220 НВ	4	0,95	92	1,53	60	10	8	+5	0	2	Радиусная с фаской

Таблица 3. Варианты заданий к задаче ПР5.2.

Номер варианта	v		P_z
	м/мин	м/с	Н
1	72	1,2	2 960
2	130	2,17	2 125
3	125	2,08	3 000
4	185	3,08	1 956
5	220	3,67	898
6	65	1,08	3 850



22. Значения коэффициента C_p и показателей степени в формулах силы резания при точении

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части резца	Вид обработки	Коэффициент и показатели степени в формулах для составляющих											
			тангенциальной P_z				радиальной P_y				осевой P_x			
			C_p	x	y	n	C_p	x	y	n	C_p	x	y	n
Конструкционная сталь и стальные отливки, $\sigma_b = 750 \text{ МПа}$	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	300	1,0	0,75	-0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4
		Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	384	0,90	0,90	-0,15	355	0,6	0,8	-0,3	241	1,05	0,2	-0,4
		Отрезание и прорезание	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	—	—	—	—
		Нарезание резьбы	148	—	1,7	0,71	—	—	—	—	—	—	—	—
	Быстрорежущая сталь	Наружное продольное точение, подрезание и растачивание	200	1,0	0,75	0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		Отрезание и прорезание	247	1,0	1,0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
		Фасонное точение	212	1,0	1,0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т НВ 141	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	204	1,0	0,75	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Серый чугун, НВ 190	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
		Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	123	1,0	0,85	0	61	0,6	0,5	0	24	1,05	0,2	0
		Нарезание резьбы	103	—	1,8	0,82	—	—	—	—	—	—	—	—
Серый чугун, НВ 190	Быстрорежущая сталь	Отрезание и прорезание	158	1,0	1,0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Ковкий чугун, НВ 150	Твердый сплав	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	81	1,0	0,75	0	43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0
		Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием	100	1,0	0,75	0	88	0,9	0,75	0	40	1,2	0,65	0
		Отрезание и прорезание	139	1,0	1,0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Медные heterogeneous сплавы, НВ 120	Быстрорежущая сталь	Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	55	1,0	0,66	0	—	—	—	—	—	—	—	—
		Отрезание и прорезание	75	1,0	1,0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
Алюминий и силумин		Наружное продольное и поперечное точение и растачивание	40	1,0	0,75	0	—	—	—	—	—	—	—	—
		Отрезание и прорезание	50	1,0	1,0	0	—	—	—	—	—	—	—	—



23. Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали и чугуна

Параметры		Материал режущей части инструмента	Поправочные коэффициенты			
Наименование	Величина		Обозначение	Величина коэффициента для составляющих		
				тангенциальной P_2	радиальной P_y	осевой P_x
Главный угол в плане φ°	30	Твердый сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17
	30	Быстрорежущая сталь	$K_{\varphi p}$	1,08	1,63	0,70
	45			1,0	1,0	1,00
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
Передний угол γ°	-15	Твердый сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,1	1,4	1,4
	10			1,0	1,0	1,0
Передний угол γ°	12 - 15	Быстрорежущая сталь	$K_{\gamma p}$	1,15	1,6	1,7
	20 - 25			1,0	1,0	1,0

Угол наклона главного лезвия λ°	-5	Твердый сплав	$K_{\lambda p}$	1,0	0,75	1,07
	0				1,0	1,0
	5				1,25	0,85
	15				1,7	0,65
Радиус при вершине r , мм	0,5	Быстрорежущая сталь	K_{rp}	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	4,0			1,10	1,33	



Таблица 2.9

Поправочный коэффициент K_{MP} для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости

Обрабатываемый материал	Расчетная формула	Показатель степени n при определении		
		составляющей силы резания P_z при обработке резцами	крутящего момента M и осевой силы P_o при сверлении, рассверливании и зенкеро-вании	окружной силы резания P_z при фрезеро-вании
Конструкционная углеродистая и легированная сталь, σ_B , МПа: < 600 > 600	$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$	0,75/0,35 0,75/0,75	0,75/0,75 0,75/0,75	0,3/0,3 0,3/0,3
Серый чугун	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_v}$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Ковкий чугун	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{150} \right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Примечание: В числителе приведены значения показателя степени n для твердого сплава, в знаменателе – для быстрорежущей стали.				

Практическое занятие № 3

Тема: Расчет и табличное определение режимов резания при точении

Цель работы: Научиться выбирать по справочным данным параметры режима резания при точении, коэффициенты и показатели степеней для расчета мощности резания по эмпирическим формулам и проводить необходимые расчеты

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с теоретической частью
2. Ознакомиться с заданием ПР6.2
3. Выполнить эскиз ПР.6.2 и произвести необходимые расчеты ([справочные данные](#))
4. Сделать вывод о проделанной работе
5. Подготовить к защите практической работы по теоретической и практической части



Теоретическая часть

Рассмотрим последовательность назначения режимов резания.

1. Выбирают геометрические параметры режущей части резца [2, табл. 1.1 — 1.4 на с. 10 — 13].

2. Определяют глубину резания t , учитывая физико-механические свойства обрабатываемого материала, припуск, характер обработки и жесткость технологической системы [2, табл. 3.18]. При черновой (предварительной) обработке припуск выгодно удалять за один проход. В этом случае глубина резания t равна припуску на обработку h . При срезании повышенных припусков или при работе на маломощных станках припуск разбивается на части и удаляется за несколько проходов. При чистовой (окончательной) обработке, когда к обработанной поверхности предъявляются повышенные требования, глубина резания назначается минимальной [2, табл. 3.14 — 3.15, 3.17].

3. Выбирают подачу S_0 , учитывая глубину резания, материалы обрабатываемой детали и режущей части инструмента [2, табл. 3.19 — 3.25, 3.44]. Для уменьшения машинного времени, т.е. для повышения производительности труда, подача должна быть по возможности максимальной. При грубой обработке, когда шероховатость и точность обработанной поверхности не являются определяющими, максимальная подача S_0 ограничивается прочностью и жесткостью режущего инструмента.

При чистовой (окончательной) обработке, когда качество обработанной поверхности должно быть высоким, максимальная подача ограничивается шероховатостью обработанной поверхности.

4. Корректируют подачу S_0 по паспортным данным станка, на котором будет проводиться обработка (берется ближайшая меньшая фактически имеющаяся подача на станке).

5. Назначают период стойкости резца [2, табл. 1.7].

6. Определяют скорость v главного движения резания, допускаемую режущими свойствами резца, по эмпирической формуле (см. Пример ПР4.2).

Упрощенная формула для определения скорости резания имеет вид

$$v = v_{\text{табл}} K_v,$$

Здесь $v_{\text{табл}}$ — табличное значение скорости резания, м/мин. В [2, табл. 1.6] приведены средние значения экономических скоростей резания в зависимости от материала режущего инструмента и обрабатываемого материала, а также скорости резания, учитываю-



щие материал режущей части инструмента, обрабатываемый материал, глубину резания и вид обработки [2, табл. 3.26 — 3.44].

Поправочный коэффициент на скорость резания

$$K_v = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5,$$

где $K_1—K_5$ — поправочные коэффициенты на скорость резания при точении [2, табл. 3.28, 3.33, 3.40, 3.42], учитывающие свойства обрабатываемого материала и материала режущей части инструмента, период стойкости резца, поперечное сечение стержня резца, главный угол в плане ϕ и вид смазочно-охлаждающей жидкости.

7. Определяют расчетную частоту вращения шпинделя n , об/мин, соответствующую найденной скорости резания:

$$n_{\text{рас}} = \frac{1000v}{\pi D},$$

где D — диаметр обрабатываемой заготовки, мм; v — скорость резания, м/мин.

8. Корректируют частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка и устанавливают действительную частоту вращения n_A [4].

9. По действительной частоте вращения n_A определяют действительную скорость главного движения резания, м/мин:

$$v_A = \frac{\pi D n_A}{1000}.$$



10. Определяют эффективную мощность резания, кВт:

$$N_{эф} = \frac{P_z v_A}{60 \cdot 1020}.$$

Ввиду отсутствия данных о мощности резания определяют силу резания, Н (см. Практическую работу № 5):

$$P_z = 10 C_p t^x S^y v^n K_p.$$

При больших скоростях подачи эффективная мощность рассчитывается с учетом составляющей силы резания P_x :

$$N_{эф} = \frac{P_z v_A}{60 \cdot 1020} + \frac{P_x v_S}{60 \cdot 1020}.$$

Здесь скорость подачи $v_S = S_o n_A$, м/мин.

11. Проверяют возможность обработки заготовки на выбранной модели станка. Обработка возможна, если выполняется условие

$$N_{эф} \leq N_{шп}.$$

Мощность на шпинделе станка

$$N_{шп} = \eta N_{эл},$$

где η — КПД станка (для новых станков принимают $\eta = 0,85$).

12. Определяют машинное время (см. Практическую работу № 3), мин:

$$T_m = \frac{Li}{n S_o} = \frac{l + y + \Delta}{n_A S_o}.$$

Практическая часть

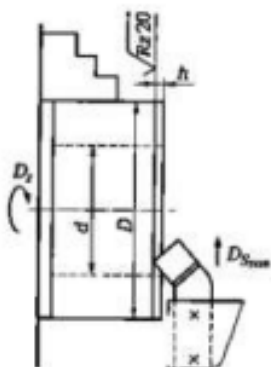


Рис. ПР6.2. Эскиз обработки к примеру ПР6.2



Задача ПР6.2. На токарно-винторезном станке 16К20 подрезается торец втулки диаметром D до диаметра d . Припуск (на сторону) на обработку h .

Варианты данных к задаче приведены в табл. ПР6.2.

Эскиз обработки приведен на рис. ПР6.2.

Требуется выбрать режущий инструмент, назначить режим резания (допускаемую резцом скорость главного движения резания и мощность резания рассчитать по формулам) и определить машинное время.

Таблица Варианты заданий к задаче ПР6.2

Номер варианта	Материал заготовки	Заготовка	Обработка, параметр шероховатости поверхности, мкм	Система станок—приспособление—инструмент—деталь	D	d	h	l_1
					мм			
1	Серый чугун, 190 HB	Отливка с коркой	Подрезка торца втулки черновая, $Rz\ 80$	Средняя	105	78	3,5	65
2	Сталь 40Х, $\sigma_s = 700\text{ МПа}$ ($\approx 70\text{ кгс/мм}^2$)	Прокат предварительно обработанный	Подрезка торца сплошная чистовая, $Rz\ 1,6$	Жесткая	75	0	1,0	100
3	Сталь 20ХН, $\sigma_s = 600\text{ МПа}$ ($\approx 60\text{ кгс/мм}^2$)	Штампованная предварительно обработанная	Подрезка уступа черновая, $Rz\ 80$	Средняя	120	100	2,5	100
4	Бронза БрОЦ4-3, 70 HB	Отливка с коркой	Подрезка торца втулки чистовая, $Rz\ 1,6$	Жесткая	150	120	2	65
5	Серый чугун, 220 HB	Отливка без корки	Подрезка уступа черновая, $Rz\ 80$	»	150	100	2,5	75
6	Сталь 40Х, $\sigma_s = 700\text{ МПа}$ ($\approx 70\text{ кгс/мм}^2$)	Прокат обработанный	Подрезка торца сплошная чистовая, $Rz\ 2,0$	»	80	50	1,5	100

Практическая работа № 5

Расчет и табличное определение режимов резания при сверлении

Цель работы: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании аналитическим способом.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить краткие теоретические сведения.
2. Записать условие задания (согласно своего варианта см. табл. 1).



3. Выполнить эскиз обработки.
4. Рассчитать число оборотов при сверлении.
5. Рассчитать фактическую скорость резания при сверлении.
6. Рассчитать осевое усилие, действующее на сверло.
7. Рассчитать наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи.
8. Результаты расчетов занести в табл. 2.
9. Подготовить к защите практической работы

Краткие теоретические сведения

Наиболее распространенный метод получения отверстий резанием - **сверление**. Движение резания (главное движение) при сверлении - вращательное движение, движение подачи - поступательное.

В качестве инструмента при сверлении применяются сверла. Самые распространенные из них - спиральные, предназначены для сверления и рассверливания отверстий глубина которых не превышает 10 диаметров сверла. Шероховатость поверхности после сверления $Ra=12,5/6,3$ мкм, точность по 11-14 качеству. Градация диаметров спиральных сверл должна соответствовать ГОСТ 885-64.

Расчет режима резания при сверлении выполняется в следующей последовательности:

1. Число оборотов при сверлении определяется по следующей формуле:

$$n_c = n_{nc} \cdot K_\phi \cdot K_L \cdot K_M, \text{об} / \text{мин} \quad (1)$$

где n_{nc} - номинальное число оборотов при сверлении, об/мин;

K_ϕ - поправочный коэффициент на заточку сверла, $K_\phi=1,05$;

K_L - поправочный коэффициент на длину сверления, $K_L=0,75$;

K_M - поправочный коэффициент на механические свойства сверла, $K_M=0,88$.

2. Фактическая скорость резания будет равна:

$$V_{\phi c} = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n_c}{1000}, \text{м} / \text{мин} \quad (2)$$

где D_c - диаметр сверла, мм;

n_c - число оборотов при сверлении, об/мин.

3. Осевое усилие, действующее на сверло, определяется по формуле:

$$P_c = P_H \cdot K_{MM} \cdot K_\phi, \text{Н} \quad (3)$$



где P_H - номинальное осевое усилие, действующее на сверло, Н;
 K_{MM} - поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;
 K_ϕ - поправочный коэффициент на заточку сверла, $K_\phi=1,05$.

4. Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, определяется по формуле:

$$M = M_H \cdot K_{MM} \cdot K_\phi, H \quad (4)$$

где M_H - номинальное усилие, допускаемое механизмом подачи, Н;\n
 K_{MM} - поправочный коэффициент на обрабатываемый материал;
 K_ϕ - поправочный коэффициент на заточку сверла, $K_\phi=1,05$.

Практическая часть

Задание (согласно своего варианта см. табл. 1). Выполнить расчет режимов резания при сверлении, зенкеровании и развертывании, если известно, что номинальное число оборотов при сверлении $n_{нс} = ______ \text{ об/мин}$, диаметр сверла $D_c = ______ \text{ мм}$, номинальное осевое усилие, действующее на сверло $P_H = ______ \text{ Н}$, поправочный коэффициент на обрабатываемый материал $K_{MM} = ______$, номинальное усилие, допускаемое механизмом подачи $M_H = ______ \text{ Н}$, номинальное число оборотов при зенкеровании $n_{нз} = ______ \text{ об/мин}$, диаметр зенкера $D_z = ______ \text{ мм}$, номинальное число оборотов при развертывании $n_{нр} = ______ \text{ об/мин}$, диаметр развертки $D_p = ______ \text{ мм}$.

Таблица 1. Варианты заданий

№ варианта	$n_{нс}$, об/мин	D_c , мм	P_H , Н	K_{MM}	M_H , Н	$n_{нз}$, об/мин	D_z , мм	$n_{нр}$, об/мин	D_p , мм
1	396	22	6010	1,06	6966	329	24,9	105	25
2	408	27	6405	1,08	7361	341	29,9	100	30
3	384	35	6537	2	7493	317	37,9	96	38
4	421	25	6299	1,06	7255	354	27,9	102	28
5	380	42	6841	1,08	7797	313	44,9	90	45
6	360	47	6915	2	7871	293	49,9	84	50

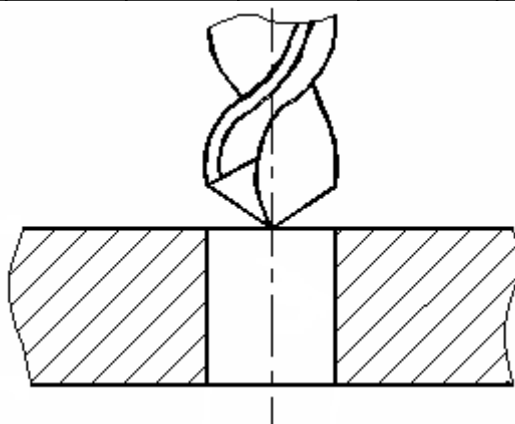




Рисунок 1. Эскиз обработки

Таблица 2. Результаты расчетов

№ варианта	$n_{с,}$ об/мин	$V_{фс,}$ м/мин	$P_{с,}$ Н	$M,$ Н	$n_{з,}$ об/мин	$V_{фз,}$ м/мин	$n_{р,}$ об/мин	$V_{фр,}$ м/мин

Список литературы

1. Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т.; справочник / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. Изд. 5-е. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003.
2. Справочник инструментальщика в 2-х т.; справочник / Под ред. А. В. Маслова, Г. В. Боровский, С. Н. Григорьев, А. Р. Маслов. Изд. 2-е. исп. – М.: Машиностроение, 2007.
3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т.; справочник / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
4. Справочник токаря универсала / Под ред. М. Г. Шеметова и В. Ф. Безъязычного. Изд.2-е. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2007.
5. Щерба В.Н. Технология прессования металлов / В.Н Щерба., Л.Х. Райтбарг. – М.: Металлургия, 1995. – 336 с.
6. Абрамов Ф.Н. Справочник по обработке металлов резанием / Ф.Н. Абрамов. – К.: Техника, 1985.
7. Чуркин Б.С. Технология литейного производства / Б.С. Чуркин. – Екатеринбург, 2000.
8. Саначева Г.С. Технология литейного производства. Проектирование литейных форм / Г.С. Саначева. – Красноярск, 2006.
9. Болдин А.Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия / А.Н. Болдин, Н.И. Давыдов, С.С. Жуковский. – М.: Машиностроение, 2006.
10. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975.
11. Алешин В.П. Расчет рабочих поясков прессовых матриц / В.П. Алешин // Технология легких сплавов. – 1990, № 1, с. 30-33.

	СПб ГБ ПОУ «Малоохтинский колледж»		
	Наименование документа: «Положение об учебно-методическом комплексе дисциплины (междисциплинарном курсе, профессиональном модуле)»	Редакция №1 Изменения №0	Лист 38 из 38
			Экз. №