

Министерство науки и высшего образования РФ  
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет среднего профессионального образования  
Машиностроительный колледж

Т.В. Юрченко

## **ОП.05 ПРОЦЕССЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ**

Методические указания  
по выполнению практических работ

Издательство  
Иркутского национального исследовательского технического  
университета

2024г.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

**Автор**

Преподаватель МК ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» **Т.В. Юрченко**

**Юрченко Т. В. ОП.05 Процессы формообразования и инструменты : метод. Указания по выполнению практических работ. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2024. - 95с.**

Соответствует требованиям ФГОС СПО по специальности «Технология машиностроения».

Предназначены для студентов очной формы обучения машиностроительного колледжа, изучающих дисциплину «ОП.05 Процессы формообразования и инструменты» в рамках подготовки специалистов среднего звена.

## Оглавление

1 Введение	4
2 Перечень практических работ	7
3 Список рекомендуемой литературы	9
4 Критерии оценки результатов практических работ студента	11
5 Методические указания к выполнению практических работ	12

## Введение

Практические работы относятся к основным видам учебных занятий. Направленные на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений, они составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

В процессе практических работ как видов учебных занятий студенты выполняют одно или несколько заданий под руководством преподавателя в соответствии с календарно-тематическим планом и рабочей программой по дисциплине в установленное расписанием время.

### Порядок проведения лабораторных работ

На первом практическом занятии проводится преподавателем инструктаж по технике безопасности и правилам внутреннего распорядка в лаборатории. На этом же занятии студентам сообщаются:

- программа всех практических работ;
- порядок взаимодействия студентов с преподавателем (преподавателями) в процессе выполнения работ;
- порядок проведения контроля самостоятельной работы студентов, включая условия предоставления отчетов по работам и их последующей защиты;
- другая необходимая информация.

### Порядок проведения ПР включает:

- самостоятельную внеаудиторную подготовку студента к выполнению каждой отдельной работы в соответствии с ее программой;
- контроль преподавателем степени подготовленности каждого студента к выполнению работы;
- выполнение программы работ и их циклов в полном объеме;
- оформление отчета и его защиту каждым студентом в сроки, установленные преподавателем.

Выполнение студентами практических работ направлено на: обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины общепрофессионального цикла;

формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Формы организации студентов на лабораторных работах и практических занятиях: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой работе учебная группа делится на несколько звеньев, которые выполняют одинаковые или различные задания. Групповая деятельность создает благоприятные воспитательные возможности, приучает к коллективным методам работы. При индивидуальной работе каждый получает свое задание, которое он выполняет независимо от других учащихся. Индивидуальная форма организации учебного труда особенно целесообразна для таких видов работ, в которых могут более ярко проявиться индивидуальные особенности и возможности учащихся.

Практическое занятие проводится в учебном кабинете технологических дисциплин. Продолжительность каждой работы рассчитана на 2 - академических часа. Необходимыми структурными элементами практической работы помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также анализ и оценка выполненных работ и степени овладения студентами запланированными умениями.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний студентов - их теоретической готовности к выполнению задания.

По каждой практической работе разработаны и утверждены методические указания по их проведению. Всего по учебному плану 30 часов.

Методические указания включают в себя: тему, учебную цель, перечень образовательных результатов, заявленных ФГОС задачи, обеспеченность занятия, краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме, вопросы для закрепления теоретического материала, задания для практического занятия или лабораторной работы и инструкцию по ее выполнению, методику анализа полученных результатов, порядок и образец отчета о проделанной работе, критерии оценки.

Методические указания для выполнения практических занятий составлены в соответствии с профессиональной образовательной программой по СПО по специальности 15.02.16 «Технология машиностроения». При разработке содержания практических занятий учтена совокупность охвата всего круга профессиональных умений, на подготовку к которым ориентирована данная общепрофессиональная дисциплина. Требования к оформлению практических работ приведены в приложении.

Настоящие методические указания содержат работы, которые позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по специальности, опытом творческой деятельности, и направлены на формирование следующих компетенций:

### Перечень общих компетенций

Код	Наименование общих компетенций
ОК.01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК.02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК.03	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
ОК.09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

### Перечень личностных результатов

Код	Личностные результаты
ЛР 06	Ориентированный на профессиональные достижения, деятельно выражающий познавательные интересы с учетом своих способностей, образовательного и профессионального маршрута, выбранной квалификации
ЛР 13	Готовый соответствовать ожиданиям работодателей: активный, проектно-мыслящий, эффективно взаимодействующий и сотрудничающий с коллективом, осознанно выполняющий профессиональные требования, ответственный, пунктуальный, дисциплинированный, трудолюбивый, критически мыслящий, демонстрирующий профессиональную жизнестойкость.
ЛР 15	Готовый к профессиональной конкуренции и конструктивной реакции на критику.
ЛР 16	Ориентирующийся в изменяющемся рынке труда, гибко реагирующий на появление новых форм трудовой деятельности, готовый к их освоению, избегающий безработицы, мотивированный к освоению функционально близких видов профессиональной деятельности, имеющих общие объекты (условия, цели) труда, либо иные схожие характеристики.
ЛР 17	Содействующий поддержанию престижа своей профессии, отрасли и образовательной организации.

Требования к планируемым результатам освоения дисциплины представлены в таблице:

Коды компетенций, личностных результатов (ОК, ПК, ЛР)	Умения	Знания
ОК 01 ОК 02 ОК 03 ОК 09 ЛР 06 ЛР 13 ЛР 15 ЛР 16 ЛР 17	<ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться нормативно-справочной документацией по выбору лезвийного инструмента, режимов резания в зависимости от конкретных условий обработки;</li> <li>- выбирать конструкцию лезвийного инструмента в зависимости от конкретных условий обработки;</li> <li>- производить расчет режимов резания при различных видах обработки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные методы формообразования заготовок;</li> <li>- основные методы обработки металлов резанием;</li> <li>- материалы, применяемые для изготовления лезвийного инструмента;</li> <li>- виды лезвийного инструмента и область его применения;</li> <li>- методику и расчет рациональных режимов резания при различных видах обработки</li> </ul>

## 2 Перечень практических работ

№	Тема	Вид, номер и название работы	Коды общих и профессиональных компетенций	Количество
<u>4 семестр</u>				
1	Тема 2.1. Инструменты формообразования	Практическая работа №1 Выбор инструментального материала, его марки для конкретного случая обработки	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
2	Тема 2.2. Геометрия токарного резца	Практическая работа №2 Выбор конструкции и геометрии резца в зависимости от условий обработки. Измерение геометрических параметров токарных резцов.	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
3	Тема 2.3. Элементы режимов резания	Практическая работа №3 Решение задач по теме: Расчеты режимов резания при точении, растачивании.	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
4		Практическая работа №4 Определение режимов резания с нахождением поправочных коэффициентов по справочным таблицам	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
5	Тема 2.5. Сопротивление резанию при токарной обработке	Практическая работа №5. Расчет составляющих сил резания по эмпирическим формулам. Расчет мощности, затрачиваемой на резание ( $N_{рез}$ ).	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
6	Тема 2.7. Скорость резания, допускаемая режущими инструментами	Практическая работа №6 Определение поправочных коэффициентов, формулы	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16	2
7	Тема 3.1. Обработка материалов сверлением	Практическая работа №7 Расчет режимов резания при сверлении и рассверливании	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2



8	Тема 3.2. Обработка материалов зенкерованием и развертыванием	Практическая работа №8 Расчет режимов резания при зенкеровании и развертывании	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
9	Тема 3.3. Конструкции сверл, зенкеров, разверток.	Практическая работа №9 Расчет и конструирование спирального сверла	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
10	Тема 4.1. Обработка материалов фрезами	Практическая работа №10 Расчет режимов резания при различных видах фрезерования по эмпирическим формулам	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
11		Практическая работа №11 Расчет и конструирование цилиндрической фрезы		2
12	Тема 6.2. Расчет и табличное определение режимов резания при зубонарезании	Практическая работа №12 Выбор режимов резания при зубофрезеровании червячными модульными фрезами и зубодолблении.	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
13	Тема 7.1. Процесс протягивания	Практическая работа №13 Выбор режимов резания при протягивании	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
14	Тема 7.2. Расчет и конструирование протяжек	Практическая работа №14 Расчет и конструирование круглой протяжки .	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
15	Тема 8.2. Процесс шлифования	Практическая работа №15 Определение характеристики шлифовального круга.  Выбор режимов резания при различных видах шлифования	ОК 01, ОК 02 ОК 03, ОК 09 ЛР 06, ЛР 13 ЛР 15, ЛР 16 ЛР 17	2
			Итого	30

## 2 Список рекомендуемой литературы

Перечень основной и дополнительной литературы, электронных ресурсов

Основная литература:

1. Агафонова Л.С. Процессы формообразования и инструменты: лабораторно-практические работы. Учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. — М.: Академия, 2021.

2. Балла О. М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Учебное пособие для СПО/ О. М. Балла. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-6754-9

3. Гоцеридзе Р. М. Процессы формообразования и инструменты: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — 4-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2021.

4. Зубарев Ю. М. Методы получения заготовок в машиностроении. Учебное пособие для СПО, 2-е изд., стер./ Ю.М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-7252-9

5. Зубарев Ю. М. Современные инструментальные материалы. Учебное пособие для СПО./ Ю.М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-6599-6

6. Зубарев Ю. М., Битюков Р. Н. Основы резания материалов и режущий инструмент. Учебное пособие для СПО, 2-е изд., стер./ Ю.М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-7253-6

Дополнительная литература:

1. Формообразование и режущие инструменты : учеб. пособие / А.Н. Овсеенко, Д.Н. Клауч, С.В. Кирсанов, Ю.В. Максимов. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. — 416 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-661-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1009007>

Справочные издания

1. Гузеев. В. И. Режимы резания для токарных, сверильно - фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением : справочник / В. И. Гузеев. В. А., Батуев, И. В. Сурков. Ред. В. И. Гузеев - М. : Машиностроение, 2005. - 368 с.

2. Кондаков. А. И. Выбор заготовок в машиностроении: справочник / А. И. Кондаков. А. С., Васильев. - М. : Машиностроение, 2007. - 560 с.

3. Краткий справочник металлиста / Ред. А. Е. Древаль, Е. А. Скороходов - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 2005. - 960 с.: ил.

- 4.Справочник токаря-универсала / Ред. М. Г. Шеметов, В. Ф. Безъязычный. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 2007. - 576 с.: ил.
- 5.Справочник технолога машиностроителя в 2 томах[Текст]. - М.: Машиностроение-1, 2003 - Т. 1 / Ред. А. М. Дальский, А. Г. Косилова, А. Г. Суслов. - 5-е изд., испр.. - М. : Машиностроение -1, 2003. - 912 с.: ил.
6. Справочник технолога машиностроителя в 2 томах[Текст]. - М.: Машиностроение-1, 2003 - Т. 2 / Ред. А. М. Дальский, А. Г. Косилова, А. Г. Суслов. - 5-е изд., испр.. - М. : Машиностроение -1, 2003. - 944 с.: ил.
7. Справочник конструктора-инструментальщика [Текст] / Ред. В. А. Гречишников, С. В. Кирсанов. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 2006. - 542 с.: ил.
8. Справочник технолога-машиностроителя в 2х т. Т. 1 / Ред. А. Г. Косилова, Ред. Р. К. Мещерякова, Рец. В. В. Мисожников, Рец. Б. А. Усов. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1985. - 656 с.: ил. 51 экз.
9. Справочник технолога-машиностроителя в 2х т. Т. 2 / Ред. А. Г. Косилова, Ред. Р. К. Мещерякова, Рец. В. В. Мисожников, Рец. Б. А. Усов. - 4-е изд., перераб. и доп.. - М. : Машиностроение, 1985. - 496 с.: ил.
10. Справочник инструментальщика [Текст] / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко, и [др.]; Ред. И. А. Ординарцев. - М. : Машиностроение, 1987. - 846 с.: ил. 5 экз.
- 11.Обработка металлов резаньем: Справочник технолога/ А.А.Панов, В.В Аникин, Н. Г. Бойм и др. под общей редакцией А.А.Панов 2-е изд. перер. и доп. М. : Машиностроение, 2004. - 784 с.: ил.
12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках , часть1- М.: Машиностроение , 1974- 406с.
13. Режимы резания при фрезеровании. Нормативы режимов резания при работе на станках с ЧПУ - Днепропетровск : Центр по НОТ Минтяжмаша, 1985- 112
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках , часть2 - М.: Машиностроение , 1974- 200с.
15. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках , часть2 - М.: Машиностроение , 1978- 360с.

### 3 Критерии оценки результатов практических работ студента

*Общие критерии оценки:*

Отметка «Отлично» ставится, если работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Учащиеся работают полностью самостоятельно: подбирают необходимые для выполнения предлагаемых работ источники знаний, показывают необходимые для проведения работы теоретические знания, практические умения и навыки. Работа оформляется аккуратно, в наиболее оптимальной для фиксации результатов форме.

Отметка «Хорошо» ставится, если работа выполнена учащимся в полном объеме и самостоятельно. Допускаются отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Учащийся использует, указанные учителем источники знаний. Работа показывает знание учащимся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Могут быть неточности и небрежность в оформлении результатов работы.

Отметка «Удовлетворительно» ставится, если работа выполняется и оформляется учащимся при помощи учителя или хорошо подготовленных и уже выполнивших на «отлично» данную работу учащихся. На выполнение работы затрачивается много времени. Учащийся показывает знания теоретического материала, но испытывает затруднение при самостоятельной работе с источниками знаний или приборами.

Отметка «Неудовлетворительно» ставится, если результаты, полученные учащимся, не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Показывается плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений. Руководство и помощь со стороны учителя оказываются неэффективны в связи с плохой подготовкой учащегося.

Примечание — преподаватель имеет право поставить ученику оценку выше той, которая предусмотрена нормами, если им работа выполнена в оригинальном варианте. Оценки с анализом работ доводятся до сведения учащихся, как правило, на последующем уроке; предусматривается работа над ошибками и устранение пробелов в знаниях и умениях обучающихся.

## 4 Методические указания к выполнению практических работ

### Практическая работа №1

*Выбор инструментального материала, его марки для конкретного случая обработки*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку – 2 часа

*Цель:* изучение основных марок инструментальных материалов, предназначенных для механической обработки, и их режущих свойств, режимов резания и приобретение навыков по выбору марки инструментального материала для конкретного вида обработки исходя из обеспечения максимума производительности обработки.

*Задание:* Выбрать марку инструментального материала для конкретного вида обработки

Варианты заданий для выполнения работы

Вариант	Размеры заготовки и детали, мм			Шероховатость поверхности, мкм	Заготовка	
	Dз	Dд	L		Материал	Вид заготовки и состояние поверхности
1	138	130h7	550	Ra=3.2	Сталь 50	Поковка с коркой
	120	112h8	390	Ra=2.5	30X13	Прокат без корки
	140	135h7	550	Ra=1.25	СЧ15	Отливка с коркой
	85	70h8	490	Ra=2.5	Д16Т	Прокат без корки
2	120	112h8	290	Ra=2.5	ШХ15	Прокат без корки
	110	90h9	120	Rz=20	12X18H9Т	Прокат с коркой
	500	455h11	1100	Rz=80	Бр АЖН-11-6-6	Отливка с коркой
	110	100h9	800	Rz=80	СЧ15	Отливка без корки
3	120	112h8	390	Ra=2.5	У8А	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ХН35ВТЮ	Прокат без корки
	140	136h8	470	Rz=20	ЛАЖ 60-1	Отливка без корки
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
4	80	70f9	390	Ra=3.2	Ст5	Прокат без корки
	300	280h11	1000	Rz=80	14X17H2	Поковка с коркой
	138	130h7	550	Ra=1.25	Бр АЖ9-4	Отливка без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
5	140	135h7	550	Ra=1.25	ШХ15	Поковка с коркой
	53	50f9	390	Ra=3.2	12X18H9Т	Прокат без корки
	140	136h8	470	Rz=20	Д16Т	Прокат без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
6	810	800h9	1200	Rz=20	Сталь 40	Поковка с коркой
	52	50h7	500	Ra=1.25	12X18H9Т	Прокат с коркой
	400	375h11	1100	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	35	32d8	350	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
7	150	146h8	450	Rz=80	Сталь 45	Прокат без корки
	138	130h7	550	Ra=1.25	20X13	Поковка без корки

	400	355h11	1100	Rz=80	СЧ15	Отливка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	Д16Т	Поковка с коркой
8	130	125h7	540	Rz=20	Ст5	Прокат с коркой
	140	136h8	470	Rz=20	12Х18Н9Т	Прокат без корки
	110	106h10	500	Rz=80	Бр АЖН-11-6-6	Отливка с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой
9	800	780h11	900	Rz=80	Сталь 40ХН	Поковка с коркой
	400	355h11	1100	Rz=80	14Х17Н2	Поковка с коркой
	900	885h11	1100	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	СЧ15	Отливка с коркой
10	65	60h7	500	Ra=1.25	Ст5	Прокат без корки
	110	106h10	500	Rz=80	30Х13	Прокат без корки
	620	610h9	800	Rz=80	Бр АЖ9-4	Отливка без корки
	110	100h9	800	Rz=80	СЧ15	Отливка без корки
11	75	70h8	490	Ra=3.2	Сталь 45	Прокат без корки
	140	135h7	550	Ra=1.25	ХН60ВТ	Поковка с коркой
	210	200h9	620	Rz=20	ДТ16	Прокат с коркой
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
12	138	130h7	550	Ra=1.25	Г13	Прокат с коркой
	120	112h8	390	Ra=2.5	20Х13	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ЛС 59-1Т	Отливка без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
13	35	32d8	350	Ra=2.5	ШХ 15	Прокат с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	12Х18Н9Т	Поковка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	Бр АЖ9-4	Отливка с коркой
	35	32d8	350	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
14	53	50f9	390	Ra=3.2	Сталь 45	Прокат без корки
	120	112h8	390	Ra=2.5	14Х17Н2	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ЛС 59-1Т	Отливка без корки
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
15	85	70h8	490	Ra=2.5	Ст3	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	14Х17Н2	Прокат без корки
	52	50h7	500	Ra=1.25	Д16Т	Прокат с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Последовательность выбора марки инструментального материала

Выбор марки инструментального материала и режимов резания производится в следующей последовательности:

1 Для заданного обрабатываемого материала и условий обработки выбрать три различные марки инструментального материала.

2 Для выбранных марок инструментальных материалов выбрать поправочные коэффициенты на скорость резания и на подачу.

3 На основании значений поправочных коэффициентов сравнить производительности для трех выбранных марок инструментальных материалов и выбрать оптимальный по критерию максимальной производительности.

Оптимальным с точки зрения производительности считается сплав, для которого произведение поправочных коэффициентов  $K_v$  и  $K_s$  будет максимальным.

6.3 Выбор материала для обработки углеродистых конструкционных и инструментальных сталей

Для обработки углеродистых конструкционных и инструментальных сталей в настоящее время используют различные твердые сплавы с покрытием и без, а также сверхтвердые материалы.

Наряду с твердыми сплавами группы ВК, ТК и ТТК всё более широко применяются сплавы группы МС, изготовленные по технологии Шведской фирмы Sandvik Coromant. Номенклатура этих сплавов достаточно разнообразна и они могут использоваться при обработке различных материалов, заменяя традиционные марки твердых сплавов. Характерными особенностями сплавов группы МС являются однородность структуры, повышенная прочность и высокая стабильность режущих свойств, что особенно важно в условиях работы на современном автоматизированном оборудовании.

В таблице 1 приводятся рекомендации по рациональному применению марок инструментальных материалов с учетом основных условий эксплуатации инструмента: марки обрабатываемого материала, операции, состояния поверхности заготовки, глубины резания, типа применяемого оборудования.

Для каждой области применения, как правило, рекомендуется несколько близких по свойствам инструментальных материалов, расположенных по степени предпочтительности. Первый столбец каждой карты соответствует предпочтительным маркам инструментальных материалов для усредненных условий эксплуатации. При высокой жесткости технологической системы или при необходимости уменьшения подачи и, соответственно, увеличения скорости резания целесообразно выбирать материалы по второму столбцу. При пониженной жесткости технологической системы, необходимости повышения подачи или надежности инструмента целесообразно выбирать материалы по третьему столбцу.

Таблица 1 - Рациональные марки инструментальных материалов для обработки сталей углеродистых, подшипниковых и инструментальных (НВ 110...330)

Условия эксплуатации			Марка инструментального материала		
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания t, мм	Хорошие условия обработки	Нормальные условия обработки	Тяжелые условия обработки
Черно- вая	Непрерывный	До 3	ВОК-60, ТН-20, КНТ-16, ВП1195	Т15К6, МС111	Т14К8, МС2210, МС2215, ВП1255, ВП1325
		Св.3-7	Т15К6, КНТ-16, МС111	Т14К8, МС2210, МС2215, МС121, ВП1255, ВП1325	Т5К10, МС1460, МС1465
		Св.7	Т14К8, МС2215, МС2210, ВП1255, ВП1325	Т5К10, МС131, МС1460, МС1465	Т5К12, МС146
		До 3	Т15К6, МСП, ВП1195	Т14К8, МС2210, МС2215, ВП1255, ВП1325	Т5К10, МС1460
	Прерывистый	Св.3-7	Т14К8, МС2210,	Т5К10, МС1460,	Т5К12, МС146
			МС2215, ВП1325	МС1465	
		Св.7	Т5К10, МС1460, МС1465	Т5К12, МС46	ТТ7К12
		До 1	Композит 10	ВО-13, ВШ-75	Т30К4, ТН-20
Чисто- вая	Непрерывный	Св.1-3	ВО-13, Т30К4, ВШ-75	Т30К4, МС101	ТН-20, Т15К6

Для указанных в таблице 1 условий эксплуатации инструмента разработана система поправочных коэффициентов на подачу и скорость резания, представленная в таблицах. Эта система дает возможность в зависимости от характера решаемых задач производить выбор режимов резания по критериям минимума приведенных затрат, максимума производительности и минимума затрат при заданном расходе инструмента. Оптимальным является тот инструментальный материал, для которого произведение поправочных коэффициентов  $K_s \cdot K_v$  максимальное..

Коэффициент 1,0 соответствует предпочтительным для данных условий инструментальным материалам. При высокой жесткости технологической системы или необходимости уменьшения подачи и, соответственно, увеличения скорости резания целесообразно применять материалы с повышенной износостойкости и поправочным коэффициентом на скорость резания большим 1,0. При пониженной жесткости технологической системы, необходимости повышения подачи или надежности инстру-



мента предпочтительно использовать материалы с повышенной прочностью и поправочным коэффициентом на подачу большим 1,0.

Пустые клетки в таблицах следует понимать так, что для данных условий эксплуатации нецелесообразно применять инструментальные материалы, указанные в соответствующих графах таблицы.

Таблица 2 - Выбор поправочных коэффициентов на подачу Ks

Условия эксплуатации			Ks в зависимости от марки материала					
Характер обработки	Характер пуска	Глубина резания, мм	ВОК-60, ВО-13, ВШ-75	T30K4, TH20, MC101, ВП1195	T15K6, MC111, KHT16	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	T5K12, MC146, TT7K12
Черновая	Непрерывный	До 3		0,95	1,0	1,05		
		3...7			0,9	1,0	1,1	
		Св. 7			0,8	0,85	1,0	1,15
	Прерывистый	До 3			0,9	1,0	1,1	
		3...7				0,85	1,0	1,15
		Св. 7					0,8	1,0
Чистовая	Непрерывный	До 1	1,0	1,05				
		1...3	0,9	1,0	1,1			

Таблица 3 - Выбор поправочных коэффициентов на скорость резания Kv

Условия эксплуатации			Kv в зависимости от марки материала					
Характер обработки	Характер пуска	Глубина резания, мм	ВОК-60, ВО-13, ВШ-75	T30K4, TH20, MC101, ВП1195	T15K6, MC111, KHT16	T14K8, MC2210, MC2215, MC121, ВП1255, ВП1325	T5K10, MC131, MC1460, MC1465	T5K12, MC146, TT7K12
Черновая	Непрерывный	До 3	1,2	1,1	1,0	0,9		
		3...7		1,2	1,15	1,0	0,85	
		Св. 7			1,2	1,1	1,0	0,9
	Прерывистый	До 3			1,145	1,0	0,85	
		3...7				1,1	1,0	0,9
		Св. 7					1,05	1,0
Чистовая	Непрерывный	До 1	1,0	0,8	0,7			
		1...3	1,15	1,0	0,85			

Выбор материала для обработки чугунов и медных сплавов

Довольно перспективной группой инструментальных материалов для обработки чугунов и медных сплавов являются металлокерамические твердые сплавы марок MC и ВП.

Современная режущая оксидно-карбидная ВЗ, ВОК-60, ВОК-63, ВОК-71 минералокерамика по прочности приближается к наиболее износостойким твердым сплавам.

Высокие режущие свойства минералокерамики проявляются при скоростной обработке, причем при чистовом и получистовом точении обеспечивается повышение

производительности до двух раз при одновременном росте периода стойкости инструментов до пяти раз по сравнению с инструментами из твердых сплавов.

В последние годы широкое распространение получили синтетические сверхтвердые материалы на основе кубического нитрида бора (композиты). Композиты 01 и 02 применяют для тонкого и чистового точения деталей из закаленных сталей твердостью 50-70 HRC, и чугунов любой твердости без ударных нагрузок, композиты 05 и 06 – для чистового и получистового точения деталей из закаленных сталей твердостью 45-58 HRC и чугунов любой твердости без ударов, композиты 10 и 10Д – для чистового и получистового точения с ударом и без удара деталей из закаленных сталей и чугунов.

Несмотря на более высокую стоимость пластин из некоторых новых марок инструментальных материалов, затраты потребителя на обработку единицы продукции по сравнению с традиционными марками ниже благодаря либо улучшению количественных характеристик надежности инструмента, либо повышению подачи и скорости резания.

В таблицах 4 приводятся рекомендации по рациональному применению марок инструментальных материалов с учетом основных условий эксплуатации инструмента марки обрабатываемого материала, операции, состояния поверхности заготовки, глубины резания, типа применяемого оборудования.

Таблица 4 - Рекомендации по выбору твердых сплавов для обработки чугунов и цветных сплавов

Условия эксплуатации			Марка твердого сплава		
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	Хорошие условия обработки	Нормальные условия обработки	Тяжелые условия обработки
Черновая и чистовая	Непрерывный	До 3	ВК6-ОМ, ВК6М, ВК3, МС306, ВОК-60, ВК2, ВК3М	ТТ8К6, ВК6М, ВК3М	ВК6М, композит 01, композит 02, композит 05
		3...7	ТТ8К6, ВК6М, ВК4	МС312, МС33	МС312, МС313, ВК6-0М, ВК10-ОМ, композит 10
		Св. 7	МС312, МС313, ВК4, ВК2	ВК4, ВК6, МС318	МС321, МС318, ВК8, ВК6
	Прерывистый	До 3	ТТ8К6, ВК6М, ВК3М	МС312, МС33	МС312, МС313, ВК6-0М, ВК10-ОМ, композит 10

		3...7	ВК6М, композит 01, композит 02	МС312, МС313, ВК6-0М, ВК10-0М	МС321, МС318, ВК8, ВК6
--	--	-------	--------------------------------------	--	---------------------------

Поправочные коэффициенты на скорость резания и подачу при обработке чугуна и медных сплавов различной твердости разными инструментальными материалами приведены в таблицах

Таблица 5 - Выбор поправочных коэффициентов на подачу  $K_s$  для чугунов и цветных сплавов

Условия эксплуатации			Ks в зависимости от марки инструментального материала							
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	Композит 05, Композит 01	Композит 10	ВОК-71 ВОК-60, ВЗ, ОНТ-20	ВК3-М, ТН-20, ВК3	ВК6-ОМ, ТТ8 К6	ВК6-М, ВК4	ВК6, МС3210 МС3215 ВП3115	ВК8,В ПЗ3 25
3 ... 7					0,9	1,0	1,1			
Св. 7						0,85	1,0	1,15		
	До 3					0,9	1,0	1,1		
Прерывистый	3...7						0,85	1,0	1,15	
	Св. 7							0,8	1,0	
Чистовая	Непрерывный	До 1	0,95	1,0	1,05					
		1...2		0,9	1,0	1,1				

Таблица 6 - Выбор поправочных коэффициентов на скорость резания  $K_v$  для чугунов и цветных сплавов высокой твердости

Условия эксплуатации			Kv в зависимости от марки инструментального материала							
Характер обработки	Характер припуска	Глубина резания, мм	Композит 05, Композит 01	Композит 10	ВОК-71, ВОК-60, ВЗ, ОНТ-20	ВК3-М, ТН-20, ВК3	ВК6-ОМ, ТТ8 К6	ВК6-М, ВК4	ВК6, МС3210 МС3215 ВП3115	ВК8, ВП3 325
3 ... 7					1,15	1,0	0,85			
Св. 7							1,1	1,0	0,9	
	До 3						1,15	1,0	0,85	
Прерывистый	3 ... 7							1,1	1,0	0,9
	Св. 7								1,05	1,0
Чистовая	Непрерывный	До 1	1,2	1,0	0,75					
		1 ... 2		1,15	1,0	0,85				

Требования к оформлению отчетного материала:

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.

2. Произвести выбор марки материала, обосновать

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 5, 6, 11, 13, 14].

### Практическая работа №2

*Выбор конструкции и геометрии резца в зависимости от условий обработки.*

*Измерение геометрических параметров токарных резцов.*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку – 2 часа

*Цель:* Научиться производить выбор конструкции и геометрии резца

*Задание:*

1. Исходные данные согласно варианту

2. Провести выбор конструкции и геометрии резца согласно варианта

Варианты заданий для выполнения работы

Номер варианта	Предпоследняя цифра варианта				Предел прочности при растяжении, Н/мм <sup>2</sup>
	Метод получения	Марка материала	Заготовка		
			Припуски		
Диаметр	Длина				
1	Штамповка	Сталь 45	10	5	610
2		Сталь 40Х	15	6	1000
3		Сталь 20	10	4	420
4		Ст20Х	15	5	800
5		Сталь 35Х	20	6	930
6	отливка	45Л	15	10	540
7		25Л	20	8	440
8		СЧ15	20	12	150
9		СЧ25	25	8	250
0		АЛ9	10	10	200

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Во время обработки металла инструмент деформирует заготовку, пока материал не начнет отделяться в виде стружки. Процесс деформации требует существенных усилий, и инструмент подвергается мощным механическим, температурным, химическим воздействиям. Такие нагрузки могут со временем привести к ухудшению свойств инструмента, его износу и выходу из строя. Следовательно, процесс обработки должен быть основан на балансе усилий, затрачиваемых на снятие материала, и способности инструмента выдерживать нагрузки, сохраняя надежность.

Правильное понимание и применение параметров резания, геометрии, инструментальных материалов и других факторов обеспечивает производительную и экономичную обработку. При токарной обработке на инструмент воздействует статическая механическая нагрузка, а при фрезеровании – динамическая нагрузка, значение которой постоянно увеличивается и умень-

шается. Этот анализ будет посвящен режимам резания и геометрии инструмента, применяемым при токарной обработке; позже мы рассмотрим особенности операций фрезерования.

#### Нагрузки, возникающие при обработке

Существует четыре основных вида нагрузок, которым подвергается режущий инструмент: механические, температурные, химические.

Механическое воздействие приводит к быстрому износу инструмента и его выходу из строя. При прерывистом резании (переменный припуск, литейные раковины и включения) возникают ударные нагрузки, в результате которых инструмент выкрашивается или ломается.

Тепло, выделяемое при деформации материала заготовки, является причиной температурных нагрузок. Под воздействием температуры 800-900 °С инструмент может деформироваться и затупиться.

Совместное воздействие температурных и механических нагрузок также провоцирует химические реакции между материалом режущего инструмента и материалом заготовки, становясь причиной таких видов износа, как диффузия или лункообразование.

При трении инструмента и заготовки возникают нагрузки, которые приводят к абразивному износу и эрозии. Трибология занимается исследованием поверхностей, взаимодействующих друг с другом, чтобы определить степень их взаимной деформации при определенных температурах и давлении.

Инструмент подвергается суммарному воздействию этих четырех видов нагрузки. Мощность станка, надежность системы закрепления, а также особенности работы оператора влияют на результаты обработки. Совместное воздействие нагрузок может дать разные результаты, но итог будет один: инструмент теряет свойства, изнашивается или выходит из строя.

Продолжительность и предсказуемость срока службы инструмента зависит от его способности выдерживать нагрузки. Для обеспечения максимального срока службы и безопасности обработки необходимо, чтобы действующие на инструмент нагрузки не превышали максимально допустимых. Ключевыми параметрами будут – геометрия стружколома, материал и покрытие режущего инструмента.

#### Профилактика проблем

Стремясь к производительности и экономичности, производители сокращают время, необходимое для настройки станков, смены инструмента, перемещения заготовок, и время простоя оборудования. Однако время, которое требуется на устранение проблемы, редко учитывают при сокращении времени простоя. Правильный выбор инструмента и режимов резания может сократить время, необходимое для диагностики и устранения проблем.

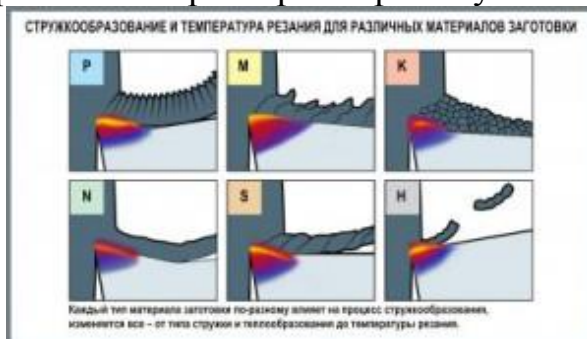
#### Обрабатываемость

Обрабатываемость, как правило, определяется для конкретного материала с помощью коэффициентов, что позволяет понять, насколько трудной будет его обработка относительно некоего эталонного материала.

Однако в данном случае обрабатываемость рассматривается как показатель повышения интенсивности съема металла на единицу мощности. Это степень надежности обработки при максимальной производительности и минимальных затратах.

Наиболее простой подход к повышению скорости обработки подразумевает использование повышенных режимов резания, а именно глубины, подачи и скорости резания. Однако использование этих условий скажется и на нагрузках на режущий инструмент. Здесь мы рассмотрим механические нагрузки.

Стружкообразование и температура резания. Необходимо различать механические нагрузки на режущий инструмент и усилия резания. Механические нагрузки нужно рассматривать с точки зрения давления (сила на единицу площади). Высокое усилие резания, приложенное к большой площади, производит относительно малую нагрузку на инструмент. С другой стороны, даже низкое усилие резания, сконцентрированное на самой малой части инструмента, может создать опасную нагрузку. Усилие резания зависит от материала заготовки, геометрии инструмента и условий резания. Кроме того, усилие резания влияет на расход энергии, вибрацию, допуски на обработанные размеры и срок службы инструмента.



### Влияние режимов резания

Изменение глубины, подачи и скорости по-разному сказывается на нагрузке на инструмент. Использование вдвое большей глубины резания обуславливает применение вдвое большего усилия резания, но также удвоение длины режущей кромки. В результате нагрузка на одну длину режущей кромки остается неизменной. Усилия резания также увеличиваются с повышением скорости подачи, но в меньшей степени и нелинейно. Повышенные скорости подачи не увеличивают усилия резания в той же степени, что увеличение глубины резания, поскольку при повышенной скорости подачи увеличивается толщина стружки, а не длина используемого режущего инструмента. Это приводит к значительному увеличению нагрузки на режущую кромку.

При повышении скорости резания силы, как правило, остаются неизменными, но при этом увеличивается требуемая мощность в соответствии с основной механической формулой, согласно которой потребляемая мощность равна произведению силы и скорости. Верно, что в среднем диапазоне скоростей резания усилия неизменны. Однако исследования и практический опыт показали, что усилия резания возрастают при понижении скоростей резания и снижаются при их повышении. Повышение усилий резания при низких скоростях может быть вызвано наростообразованием, которое само по себе является признаком неправильной скорости резания. Температура резания повышается с увеличением скорости резания и понижается с уменьшением скорости. Эти результаты открыли просторы для действительно высокоскоростной обработки, для которой существует свой ряд особенностей, достойный отдельного обсуждения.

Чрезмерно высокие скорости резания могут снизить надежность процесса за счет неконтролируемого стружкообразования, существенного износа и вибраций, которые могут привести к выкрашиванию или поломке инструмента. На практике это значит, что увеличение подачи и глубины резания в сочетании с низкими или умеренными скоростями резания обеспечивают более высокую надежность процесса. Применение повышенных скоростей резания при достаточно низкой глубине и подаче, чтобы ограничить усилия резания, может повысить производительность.

Решение проблемы с помощью геометрии инструмента

Распространено мнение, что увеличение производительности резания металлов и решение проблем требуют внедрения более современных материалов режущего инструмента, например твердых сплавов, покрытий, керамических материалов и поликристаллического кубического нитрида бора (КНБ). Нельзя отрицать значение непрерывного прогресса в области технологий материалов для режущего инструмента, однако решение проблем только при помощи новых материалов – достаточно ограниченный подход, который может завести в тупик. К примеру, если механические нагрузки становятся причиной поломки инструмента, решением будет использование более прочного материала. Но если он не существует, развитие в этом направлении прекращается.

Роль геометрии инструмента в предупредительном решении проблем недооценивается. Изменение геометрии инструмента активно меняет и отвод стружки от обрабатываемого материала. К примеру, если согласно формуле прогнозирования усилия резания (см. Заключение) ожидаются высокие механические нагрузки, использование более острой геометрии может снизить усилия резания и устранить проблему до ее возникновения. Изменение отвода стружки за счет изменения геометрии инструмента может положительно сказаться на количестве химических, температурных нагрузок и их воздействии.

### Элементы геометрии инструмента

Геометрия инструмента включает в себя форму и размеры на макро- и микроуровне. На макроуровне основной размер и форма пластины определяют ее прочность. Усилия резания, действующие на большую пластину, приведут к возникновению меньшей нагрузки, чем если бы они были приложены к меньшей пластине. Большая и прочная пластина позволяет работать на большой подаче и глубине резания. Однако такая пластина не сможет обрабатывать мелкие детали. То же самое можно сказать о форме пластины. Самыми прочными являются пластины круглой формы, а квадратные пластины с углом 90 градусов будут прочнее, чем ромбовидные пластины с углом 35 градусов. Производителям приходится выбирать между прочностью и универсальностью применения.

Еще один геометрический фактор – то, как инструмент входит в процесс резания. Он зависит от угла в плане, угла наклона и переднего угла. Если передняя поверхность пластины расположена перпендикулярно плоскости обработки, передний угол инструмента считается негативным. Усилия резания направлены в пластину или в самую прочную часть инструмента. С другой стороны, если режущая кромка находится под углом к обрабатываемой поверхности, передний угол инструмента считается позитивным. Усилия резания сконцентрированы на режущей кромке, менее прочной, чем основа. Кроме того, пластина с положительным передним углом должна иметь клин или угол на задней поверхности, что также уменьшает её прочность.

Негативный передний угол эффективен при обработке прочных материалов, таких как стали и чугун; кроме того, он производит повышенные усилия резания, может препятствовать отводу стружки и стать причиной вибрации при низкой жесткости станков, креплений или заготовок. Позитивный угол обеспечивает меньшие усилия резания и более свободный отвод стружки, но такой инструмент более восприимчив к выкрашиванию и поломке, при этом затрудняется стружкообразование. Использование пластин с задним углом эффективно для обработки вязких материалов и суперсплавов, для которых необходим острый угол резания.

### Геометрия стружколомов

Геометрия пластины для токарной обработки со стружколомом имеет три основных компонента: режущая кромка, канавка для отвода стружки и фаска между кромкой и канавкой. Профиль режущей кромки начинается срезаем стружки, канавка определяет ее формирование, а фаска является переходной зоной. Все три компонента влияют на величину усилия резания, производимого инструментом.

Режущая кромка может быть острой, хонингованной, скругленной или со снятой фаской. Каждый профиль обладает своими преимуществами и особенностями. В некоторых случаях острая режущая кромка может обеспечить долгий срок службы инструмента. Однако при этом необходимо,



чтобы заготовка, станок и крепление были жесткими, иначе режущая кромка будет выкрашиваться при неравномерном воздействии нагрузки. Скругленные кромки и кромки с фаской обеспечивают повышенную прочность и устойчивость к выкрашиванию и поломке.

В самом общем смысле, лучший инструмент для обработки стали, где требуется прочность, должен обладать прочной кромкой; лучший инструмент для обработки нержавеющей стали, вязкому материалу, отличается острой кромкой. Разумеется, возможно обрабатывать сталь пластиной с острой кромкой, а нержавеющую сталь – пластиной с прочной кромкой, но в этом случае придется корректировать условия резания, и производительность будет ниже. Операторы могут столкнуться с выбором между универсальным многофункциональным инструментом и инструментом, оптимизированным для обработки конкретных материалов.

Примечательно, что очень острая кромка не обязательно обеспечивает лучшую шероховатость поверхности. Часто лучший результат получается с кромкой, которая используется уже какое-то время. Подобное явление наблюдается при очистке яблока очень острым ножом: сделать это очень сложно, так как лезвие сразу погружается в мякоть яблока, а не просто приподнимает кожуру. Точно так же очень острый режущий инструмент будет погружаться в материал заготовки, и шероховатость поверхности будет неудовлетворительной. Самое хорошее качество поверхности получается при использовании слегка изношенной режущей кромки.

Фаска между режущей кромкой и стружечной канавкой может быть позитивной и негативной. Использование позитивной фаски позволяет применять повышенные скорости резания и снижать температуру резания и степень износа. Однако позитивная фаска также провоцирует концентрацию напряжений на малой части пластины, что может привести к ускоренному износу и выкрашиванию. Негативная или плоская фаска, напротив, представляет собой широкую зону для отвода стружки, которая защищает пластину, но в то же время увеличивает усилия резания, теплообразование и износ.

Геометрия канавки стружколома обладает сходной дихотомией. Открытый или плоский профиль меньше деформирует стружку и производит меньшее усилие резания. Закрытый или более узкий профиль сильнее закручивает стружку, при этом происходит более сильное теплообразование в результате большей деформации.

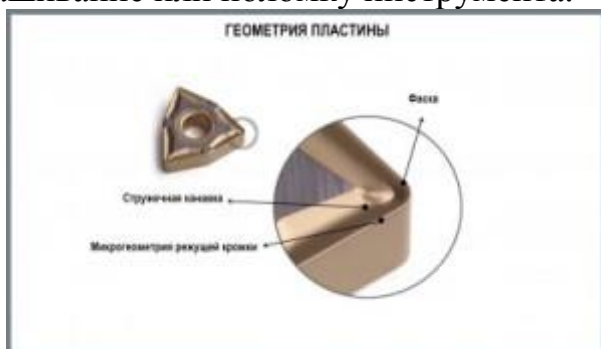
Открытая или плоская геометрия стружколома разработана для увеличения площади контакта стружки и инструмента и распределения усилий резания по большей площади. При высоких значениях усилия резания открытая геометрия обеспечит более низкие механические нагрузки, однако стружка, снятая в таких условиях, будет длиннее. Если возникают проблемы с удалением стружки, которые могут нанести вред заготовке, станку или

здоровью оператора, решить их может стружколом с более черновой (закрытой) геометрией.

С другой стороны, закрытая геометрия стружколома закручивает стружку, и она сходит небольшими элементами – но такой эффект возможно достичь ценой повышенного давления резания. Слишком короткая стружка может повредить режущую кромку и сократить срок службы инструмента. Механическая нагрузка может быть достаточно высокой даже при низких усилиях резания. Использование закрытой геометрии эффективнее всего при небольших усилиях резания, например при чистовых операциях, где применяются малые глубины резания и подачи. Операторам приходится выбирать компромиссное решение и определять геометрию, обеспечивающую хорошее стружкообразование.

Обрабатываемый материал играет ключевую роль при выборе геометрии стружколома. К примеру, для алюминия необходима надежная закрытая геометрия, позволяющая ломать характерную длинную и тонкую стружку, тогда как для короткой чугунной стружки, как правило, необходимы минимальные геометрические характеристики.

Геометрия пластины. Что касается параметров резания, при более высокой подаче образуется более короткая стружка, а при малой глубине резания стружка получается длиннее. В зависимости от материала заготовки, скорости резания могут во многом определять стружкообразование. Наша цель – контролировать все факторы, влияющие на механическую нагрузку, и получать допустимую стружку, снижая и исключая при этом выкрашивание или поломку инструмента.



### Разработка и применение геометрии

Чтобы использовать способность геометрии пластины формировать снимаемую стружку, производители режущего инструмента разрабатывают геометрии в зависимости от конкретных операций, например, черновой или чистовой обработки. Различные конфигурации и сочетания режущих кромок, фасок и геометрий стружколомов разрабатываются в зависимости от операций и обрабатываемых материалов.

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.

2. Выбрать режущий инструмент согласно обрабатываемого материала

*Измерение геометрических параметров токарных резцов.*

*Цель:* Изучение геометрических и конструктивных элементов различных видов токарных резцов, конструкций измерительных приборов (штангенциркуля, угломера универсального) и приемов работы при измерении геометрических и конструктивных параметров резцов.

Необходимое оборудование

Для выполнения лабораторной работы потребуются следующие приборы и инструменты:

- комплект токарных резцов;
- штангенциркуль, измерительная линейка, универсальный угломер.

*Задание:*

1. Исходные данные согласно варианту (преподаватель выдает комплект токарных резцов)

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Токарные резцы используются на токарных станках для получения из заготовок деталей с цилиндрическими, коническими, фасонными и торцовыми поверхностями, образующимися в результате вращения заготовки и поступательного перемещения резца.

Режущий инструмент (рисунок 10) состоит из рабочей части — головки **1** резца и присоединительной части — тела **5** резца. Тело резца с опорной плоскостью **4** служит для закрепления его в резцедержателе. Головка резца образуется посредством специальной заточки, и ее основными элементами являются передняя поверхность, задние поверхности, режущие кромки и вершина.

**Передней** называется поверхность резца, по которой сходит стружка.

**Задними** называются поверхности резца, обращенные к обрабатываемой заготовке (главная **7** и вспомогательная **8**).

Режущие кромки образуются при пересечении передней и задних поверхностей.

**Главная режущая кромка (лезвие)** выполняет основную работу резания и образуется пересечением передней и главной задней поверхностей.

**Вспомогательная режущая кромка** (лезвие) образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей. Вспомогательных режущих кромок может быть две (например, у отрезного резца).

**Вершина резца** представляет собой место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок. При криволинейном сопряжении режущих кромок вершина имеет округленную форму с радиусом  $r$  (см. рисунок 10).

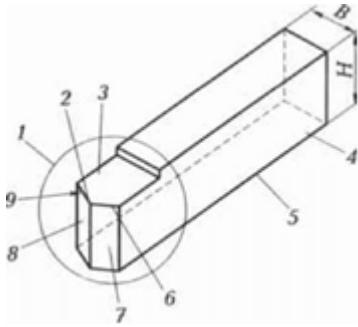


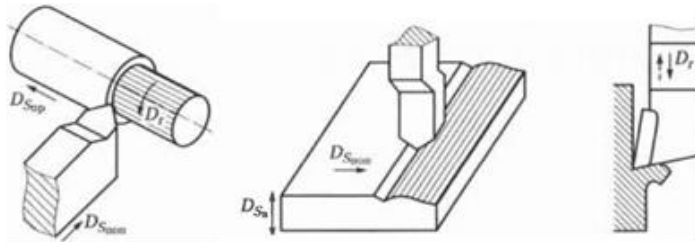
Рисунок 1 Основные элементы токарного резца:

7 — головка резца; 2 — вершина лезвия; 3 — передняя поверхность; 4 — опорная(основная] плоскость; 5 — тело резца; 6 —главная режущая кромка; 7 — главная задняя поверхность; В — вспомогательная задняя поверхность; 9 — вспомогательная режущая кромка; В и Н - соответственно ширина и высота державки

### Классификация резцов

Резцы подразделяются следующим образом.

1. По типу станков (рис.) различают токарные, строгальные и долбежные резцы.



а) б) в)

Рисунок 2 Токарный (а), строгальный (б) и долбежный [в] резцы:  $D_{gT}$  и  $D_g$ — направления движения соответственно поперечной и продольной подач;  $D_r$  — направление главного движения (вращение заготовки);  $D_v$ — вертикальная подача

2. По направлению подачи различают правые и левые резцы.

**Правыми** называются резцы, главная режущая кромка которых при наложении на них ладони правой руки (таким образом, чтобы четыре пальца были направлены к вершине) оказывается расположенной на стороне большого пальца. При работе на токарном станке такие резцы перемещаются справа налево (от задней бабки к передней).

**Левыми** называются резцы, главная режущая кромка которых при наложении на них ладони левой руки (как указано ранее) оказывается расположенной на стороне большого пальца.

3. По конструкции головки относительно стержня резцы подразделяются на прямые отогнутые изогнутые и с оттянутой головкой.



Рисунок 12 Резцы прямые (а), отогнутые (б), изогнутые (в) и с оттянутой

головкой (г)

4. По сечению стержня различают прямоугольные, квадратные и круглые резцы.

5. По назначению различают следующие резцы: проходные — производящие обтачивание детали вдоль оси ее вращения или в плоскости, перпендикулярной этой оси подрезные — служащие для подрезания уступов под прямым и острым углами к основному направлению обтачивания расточные — для растачивания сквозных и глухих отверстий в направлении оси вращения отрезные — служащие для отрезки материала под прямым углом к оси вращения и для прорезания узких канавок фасонные — используемые для получения сложной фасонной формы обтачиваемой детали

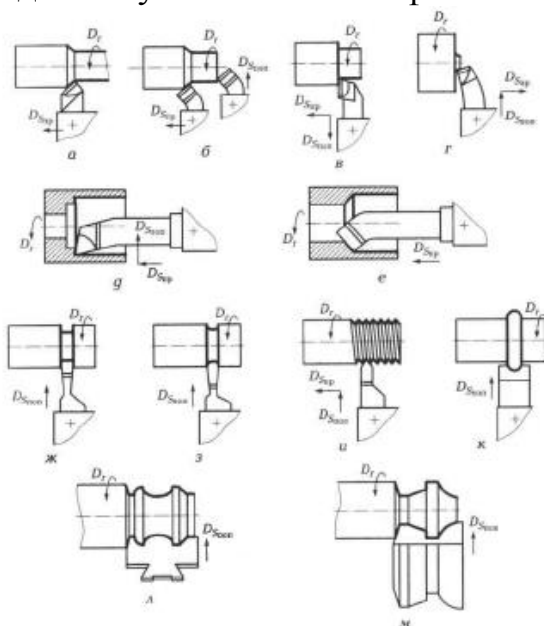


Рисунок 3 Типы резцов, определяемые по назначению:

а - проходной прямой; б - проходной отогнутый; в - проходной упорный; г - подрезной; д - расточный для сквозных отверстий; е - расточный для глухих отверстий (упорный); ж - отрезной; з - прорезной; и - резьбовой; к - фасонный стержневой; л - фасонный призматический, м - фасонный круглый (дисковый)

6. По характеру обработки различают резцы черновые, чистовые, тонкого точения.

7. По роду материала различают резцы с пластинами из твердого сплава, из быстрорежущей стали и из минералокерамики.

8. По способу крепления режущей части резцы подразделяются на цельные, сваренные встык, с припаянной пластиной и с механическим креплением пластины.

### **Геометрические параметры режущей части резца**

Для изучения геометрии токарного резца устанавливают четыре координатные плоскости: плоскость резания, основную плоскость, главную и вспомогательную секущие плоскости.

**Плоскость резания  $P_n$**  — координатная плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости.

**Основная плоскость  $P_v$**  — координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки, параллельно поперечной и продольной подачам резца.

**Главная секущая плоскость  $P_r$**  (сечение  $N-N$ ) — координатная плоскость, перпендикулярная проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

**Вспомогательная секущая плоскость  $P_{x1}$**  (сечение  $N_1-N_1$ ) — координатная плоскость, перпендикулярная проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

**Главные углы** резца измеряются в главной секущей плоскости  $P_r$  (см. сечение  $N-N$  на рис. АР 1.8). К главным углам резца относятся главный передний угол, главный задний угол, угол заострения и угол резания.

**Главный передний угол  $\gamma$**  — это угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания и проходящей через главную режущую кромку. Этот угол может быть:

- положительным ( $+\gamma$ ) — когда передняя поверхность направлена вниз от плоскости, перпендикулярной плоскости резания;
- равным нулю — когда передняя поверхность перпендикулярна плоскости, перпендикулярной плоскости резания;
- отрицательным ( $-\gamma$ ) — когда передняя поверхность направлена вверх от плоскости, перпендикулярной плоскости резания. При положительном значении переднего угла  $\gamma$  между углами резца существуют следующие зависимости:

$$\alpha + (\gamma + \gamma) = 90^\circ; \alpha + \rho = \gamma; \gamma + \gamma = 90^\circ; \delta = 90^\circ - \gamma.$$

При отрицательном значении переднего угла  $\gamma$  угол резания  $\delta$  определяется по формуле  $\delta = 90^\circ + \gamma$ .

Положительный передний угол  $\gamma$  облегчает процесс резания и обеспечивает более свободный сход стружки по передней поверхности, а также уменьшает деформацию срезаемого слоя, силы резания и расход мощности.

Вместе с тем увеличение переднего угла приводит к уменьшению угла резания  $\delta$ , т.е. к ослаблению режущего клина, снижению его прочности и

увеличению износа резца. Следовательно, при обработке твердых и хрупких материалов для повышения прочности и стойкости инструмента следует применять небольшие передние углы, а при обработке мягких и вязких материалов — большие.

**Главный задний угол  $\alpha$**  — это угол между касательной к главной задней поверхности резца в рассматриваемой точке режущей кромки и плоскостью резания. Задние углы уменьшают трение задних поверхностей инструмента о поверхность резания и обработанную поверхность.

**Угол заострения  $\beta$**  — это угол между передней и главной задней поверхностями резца.

**Угол резания  $\delta$**  — это угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

**Вспомогательные углы** резца измеряются во вспомогательной секущей плоскости  $P_{x1}$  (см. сечение  $N_1-N_1$ , на рис. 3).

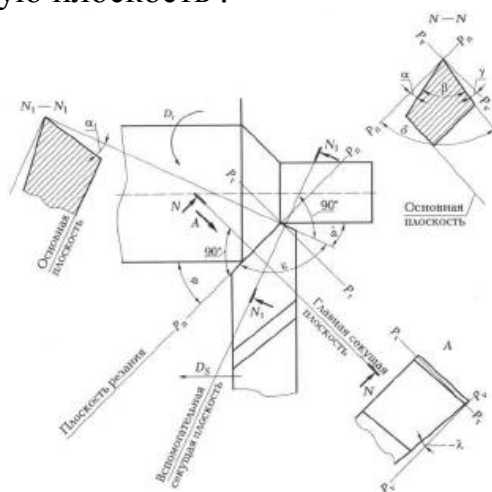
**Вспомогательный задний угол  $\alpha_1$** , — это угол, заключенный между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку резца перпендикулярно основной плоскости.

Углы в плане рассматриваются в основной плоскости  $P_v$ . К ним относятся главный угол в плане, вспомогательный угол в плане и угол при вершине в плане.

**Главный угол в плане  $\phi$**  — это угол, заключенный между проекцией главной режущей кромки резца на основную плоскость и направлением подачи.

**Вспомогательный угол в плане  $\phi_1$**  — это угол, заключенный между проекцией вспомогательной режущей кромки резца и направлением, противоположным подаче.

**Угол при вершине в плане  $\epsilon$**  — это угол, заключенный между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок резца на основную плоскость.



#### Рисунок 4 Геометрия режущей части резца

##### *Методика измерения углов резца*

Площадь сечения тела резца определяют с помощью штангенциркуля или измерительной линейкой.

*Настольный угломер конструкции МИЗ.* Данный прибор применяется для измерения переднего, главного и вспомогательного задних углов, а также угла наклона главной режущей кромки.

Такой угломер (рис.5) состоит из плиты (или основания) **1**, служащей основной плоскостью, вертикальной стойки **4**, по которой перемещается шкальное устройство **2** с поворотной измерительной линейкой **6**. Измерительная линейка снабжена указателем и двумя измерительными ножами. Шкальное устройство **2** направляется шпонкой по шпоночному пазу и при необходимости с помощью фиксатора **3** устанавливается в любое положение по высоте.

Положение одного из ножей измерительной линейки по отношению к измеряемой поверхности фиксируется с помощью винта **5**. При измерении переднего и задних углов режущие лезвия резца устанавливаются параллельно поперечным рискам плиты **1** (в этом случае секущая плоскость проходит через ножи измерительной линейки), а нож измерительной линейки совмещается с передней или с задней поверхностью резца. Отсчет производится по шкале угломера с использованием риски измерительной линейки **6**. Если при измерении переднего угла риска измерительной линейки отклоняется влево, а при измерении задних углов — вправо, то измеренные углы имеют отрицательные значения.

При измерении углау главное режущее лезвие резца устанавливается параллельно продольным рискам плиты, а нож измерительной линейки совмещается с главным режущим лезвием. Если риска измерительной линейки отклоняется вправо от нуля, то угол считается отрицательным, а если влево — положительным.

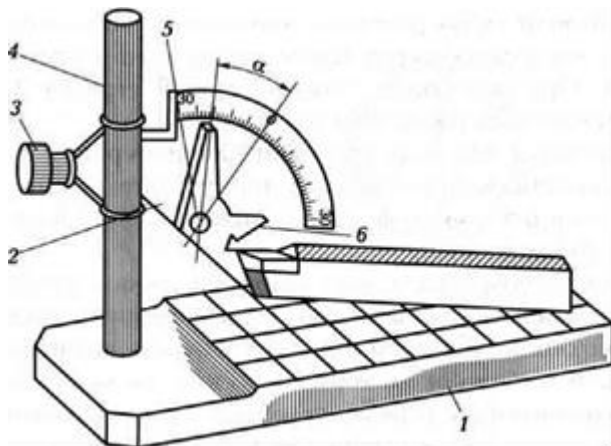




Рисунок 5 Настольный угломер конструкции МИЗ: 7 — плита (основание); 2 — шкальное устройство; 3 — фиксатор; 4 — стойка; 5 — винт; 6 — измерительная линейка

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Выполнить эскизы токарных резцов с указанием всех конструктивных и геометрических параметров.
3. Результаты измерений всех конструктивных и геометрических параметров занести в таблицу

Номер резца	Тип резца	Материал резца	Твердость резца	Размеры державки резца, мм	Углы резца								Примечание	
					Главные				Вспомогательный зад-	В плане				Угол наклона главной ре- жущей грани
					$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\delta$		$\alpha_1$	$\varphi$	$\varphi_1$		
1				$B \times H$										
2														

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 5, 12].

### Практическая работа №3

*Расчет режимов резания при точении, растачивании.*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку – 2 часа

*Цель:* Изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания аналитическим способом.

*Задание:*

1. Исходные данные согласно варианту
2. Выполнить расчет режимов резания

Варианты заданий для выполнения работы

№ варианта	$D$ , мм	$d$ , мм	$C_v$	$m$	$x$	$y$	$T$ , мин	$S$ , мм/об	$L$ , мм	$i$ , шт
1	68	62	340	0,2	0,15	0,45	60	0,8	283	1

2	80	72	360	0,2	0,15	0,45	58	0,8	240	2
3	86	80	380	0,25	0,2	0,5	52	0,6	200	2
4	62	60	310	0,18	0,15	0,4	62	0,9	260	1
5	62	56	320	0,16	0,2	0,4	56	0,7	230	1
6	62	54	380	0,25	0,18	0,5	50	0,6	180	2

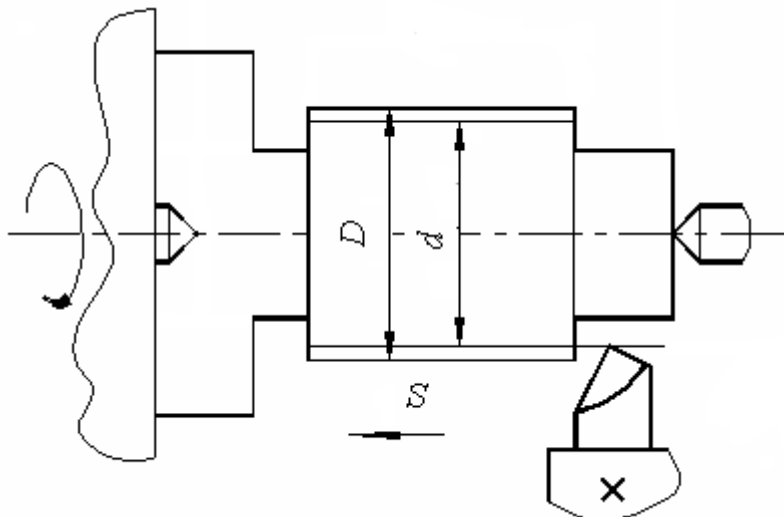


Рисунок 6. Эскиз обработки

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Обработка заготовки точением осуществляется при сочетании двух движений: равномерного вращательного движения детали - движения резания (или главное движение) и равномерного поступательного движения резца вдоль или поперек оси детали - движение подачи. К элементам режима резания относятся: глубина резания  $t$ , подача  $S$ , скорость резания  $V$ .

Глубина резания - величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном обработанной поверхности, т.е. перпендикулярном направлению подачи. При черновой обработке, как правило, глубину резания назначают равной всему припуску, т.е. припуск

$$t = h = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$$

срезают за один проход:

где  $h$  - припуск, мм;

$D$  - диаметр заготовки, мм;

$d$  - диаметр детали, мм.

При чистовой обработке припуск зависит от требований точности и шероховатости обработанной поверхности.

Подача - величина перемещения режущей кромки инструмента относительно обработанной поверхности в направлении подачи за единицу времени (минутная подача  $S_m$ ) или за один оборот заготовки. При черно-

вой обработке назначают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы, прочности, мощности привода станка; при чистовой обработке - в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

Скорость резания - величина перемещения точки режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в направлении движения резания за единицу времени. Скорость резания зависит от режущих свойств инструмента и может быть определена при точении по таблицам нормативов или по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \text{ м/мин}$$

где  $C_v$  - коэффициент, учитывающий условия обработки;

$m, x, y$  - показатели степени;

$T$  - период стойкости инструмента, мин;

$t$  - глубина резания, мм;

$S$  - подача, мм/об;

$K_v$  - обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки,  $K_v=0,5$ .

При настройке станка необходимо установить частоту вращения шпинделя, обеспечивающую расчетную скорость резания:

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

где  $V$  - скорость резания, м/мин;

$D$  - диаметр заготовки, мм.

Действительная скорость резания определяется по следующей формуле:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин}$$

где  $D$  - диаметр заготовки, мм;

$n$  - частота вращения шпинделя, об/мин.

Основное технологическое (машинное) время - время, в течение которого происходит снятие стружки без непосредственного участия рабочего:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \text{ мин}$$

где  $L$  - путь инструмента в направлении рабочей подачи, мм;

$n$  - частота вращения шпинделя, об/мин;

$i$  - количество проходов, шт.

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчеты режимов резания

3. Результаты расчетов занести в таблицу.

№ вариан- та	$t$ , мм	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$V_D$ , м/мин	$T_0$ , мин

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7, 11, 12, 13, 15].

#### Практическая работа №4

*Определение режимов резания с нахождением поправочных коэффициентов по справочным таблицам*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку – 2 часа

**Цель:** Получить навыки производить расчет элементов режимов резания аналитическим методом. Самостоятельно работать со справочной и методической литературой; пользоваться инженерными калькуляторами.

**Задание:** Произвести расчет элементов режимов резания

Варианты заданий для выполнения работы

Станок 16К20. Жёсткость системы СПИД – средняя. Резец проходной прямой  $\varphi=45^\circ$ , радиус при вершине  $r=1$  мм.

Вариант	Размеры заготовки и детали, мм			Шероховатость поверхности, мкм	Заготовка	
	Dз	Dд	L		Материал	Вид заготовки и состояние поверхности
1	138	130h7	550	Ra=3.2	Сталь 50	Поковка с коркой
	120	112h8	390	Ra=2.5	30X13	Прокат без корки
	140	135h7	550	Ra=1.25	СЧ15	Отливка с коркой
	85	70h8	490	Ra=2.5	Д16Т	Прокат без корки
2	120	112h8	290	Ra=2.5	ШХ15	Прокат без корки
	110	90h9	120	Rz=20	12X18H9Т	Прокат с коркой
	500	455h11	1100	Rz=80	Бр АЖН-11-6-6	Отливка с коркой
	110	100h9	800	Rz=80	СЧ15	Отливка без корки
3	120	112h8	390	Ra=2.5	У8А	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ХН35ВТЮ	Прокат без корки
	140	136h8	470	Rz=20	ЛАЖ 60-1	Отливка без корки
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
4	80	70f9	390	Ra=3.2	Ст5	Прокат без корки
	300	280h11	1000	Rz=80	14X17H2	Поковка с коркой
	138	130h7	550	Ra=1.25	Бр АЖ9-4	Отливка без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
5	140	135h7	550	Ra=1.25	ШХ15	Поковка с коркой
	53	50f9	390	Ra=3.2	12X18H9Т	Прокат без корки
	140	136h8	470	Rz=20	Д16Т	Прокат без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
6	810	800h9	1200	Rz=20	Сталь 40	Поковка с коркой
	52	50h7	500	Ra=1.25	12X18H9Т	Прокат с коркой
	400	375h11	1100	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	35	32d8	350	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
7	150	146h8	450	Rz=80	Сталь 45	Прокат без корки
	138	130h7	550	Ra=1.25	20X13	Поковка без корки

	400	355h11	1100	Rz=80	СЧ15	Отливка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	Д16Т	Поковка с коркой
8	130	125h7	540	Rz=20	Ст5	Прокат с коркой
	140	136h8	470	Rz=20	12X18H9Т	Прокат без корки
	110	106h10	500	Rz=80	Бр АЖН-11-6-6	Отливка с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой
9	800	780h11	900	Rz=80	Сталь 40ХН	Поковка с коркой
	400	355h11	1100	Rz=80	14X17H2	Поковка с коркой
	900	885h11	1100	Rz=80	ЛМЦОС-38-2	Отливка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	СЧ15	Отливка с коркой
10	65	60h7	500	Ra=1.25	Ст5	Прокат без корки
	110	106h10	500	Rz=80	30X13	Прокат без корки
	620	610h9	800	Rz=80	Бр АЖ9-4	Отливка без корки
	110	100h9	800	Rz=80	СЧ15	Отливка без корки
11	75	70h8	490	Ra=3.2	Сталь 45	Прокат без корки
	140	135h7	550	Ra=1.25	ХН60ВТ	Поковка с коркой
	210	200h9	620	Rz=20	ДТ16	Прокат с коркой
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
12	138	130h7	550	Ra=1.25	Г13	Прокат с коркой
	120	112h8	390	Ra=2.5	20X13	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ЛС 59-1Т	Отливка без корки
	105	100h7	500	Ra=2.5	СЧ15	Отливка без корки
13	35	32d8	350	Ra=2.5	ШХ 15	Прокат с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	12X18H9Т	Поковка с коркой
	140	135h7	550	Ra=1.25	Бр АЖ9-4	Отливка с коркой
	35	32d8	350	Ra=2.5	СЧ28	Отливка без корки
14	53	50f9	390	Ra=3.2	Сталь 45	Прокат без корки
	120	112h8	390	Ra=2.5	14X17H2	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	ЛС 59-1Т	Отливка без корки
	210	200h9	620	Rz=20	СЧ28	Отливка с коркой
15	85	70h8	490	Ra=2.5	Ст3	Прокат без корки
	75	70h8	490	Ra=3.2	14X17H2	Прокат без корки
	52	50h7	500	Ra=1.25	Д16Т	Прокат с коркой
	138	130h7	550	Ra=3.2	ВЧ50-7	Отливка с коркой

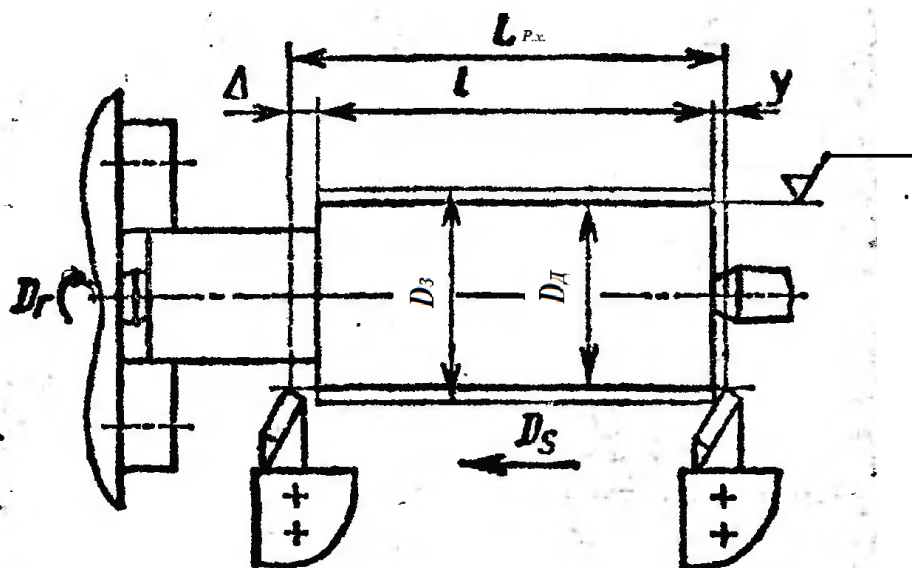


Схема обработки.

Классы шероховатости	Параметры шероховатости, мкм		
	Ra		Rz
1	50	80	320
2	25	40	160
3	12,5	20	80
4	6,3	10	40
5	3,2	5	20
6	1,6	2,5	10
7	0,8	1,25	6,3
8	0,4	0,63	3,2
9	0,2	0,32	1,6
10	0,1	0,16	0,8
11	0,05	0,08	0,4
12	0,025	0,04	0,2
13	0,012	0,02	0,1
14	-	0,01	0,05

**Методика выполнения задания:**

**Общие теоретические сведения**

Точение является наиболее распространенным методом обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических, сферических и фасонных поверхностей).

Точение выполняется на токарных станках токарными резцами различных типов. Заготовку крепят в шпинделе станка, и она вращается, а резец, закрепленный в резцедержателе, совершает продольное или поперечное поступательное движение.

Порядок выполнения работы

1. Определение и запись исходных данных. Условие задачи.
2. Выбор элементов режимов резания.
  - 2.1. Определение глубины резания.

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{ мкм}$$

где D-диаметр заготовки, мм

d - диаметр детали, мм

2.2. Определение скорости движения подачи по справочнику.

$$S_{op} = S_{табл.} \cdot K_s$$

Корректируем значение подачи по паспорту станка:

$$S_{ост} \leq S_{op}$$

2.3. Определение скорости резания.

$$v = \frac{C_v}{T^{m_t} S^{y_s}} K_v$$

Где,  $C_v$  и показатели степени  $m_t$  и  $y_s$  принять по таблице 17.

$T$  принять 60 минут.

Коэффициент  $K_v = K_{mv} \times K_{пв} \times K_{ив} \times K_{ф} \times K_{г}$

2.4. Определение частоты вращения шпинделя.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}$$

2.5. Определение основного машинного времени,

$$T_o = \frac{L_{рх}}{n_p \cdot S_{од}}, \text{ мин}$$

2.6. Определение длины рабочего хода.

$$L_{рх} = l_{рез} + y + \Delta$$

Лрез –длина резания, мм.

У - величина врезания, мм;  $\Delta$  - величина перебега, мм;

### **Требования к оформлению отчетного материала:**

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Начертить схему обработки.
3. Выбрать материал режущей части резца.
4. Разбить общий припуск на 2 прохода: Чистовой, глубина 0,5-2мм, Черновой – остаток припуска.
5. Произвести расчеты режимов резания для чернового и чистового прохода отдельно.
6. Рассчитать основное время обработки на черновой и чистовой проходы и суммарное основное машинное время на обработку поверхности.

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4 сдать преподавателю на проверку

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7, 10].



## Практическая работа №5

*Расчет составляющих сил резания по эмпирическим формулам.*

*Расчет мощности, затрачиваемой на резание (През).*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку – 2 часов

*Цель:* Научиться производить расчет составляющих силы резания и мощности резания табличным и аналитическим методом. Самостоятельно работать со справочной и методической литературой; пользоваться инженерными калькуляторами.

*Задание:* 1. Определить и записать исходные данные. Условия задачи.

2. Определение силы резания.

Варианты заданий для выполнения работы

№ варианта	Материал заготовки	Режим резания				Геометрические элементы реза						
		t, мм	S <sub>0</sub> , мм	v		φ	φ <sub>1</sub>	α	γ	λ	r, мм	Форма передней поверхности резца
				м/мин	м/с							
1	Сталь 20, σ <sub>B</sub> = 500 МПа (≈ 50 кгс/мм <sup>2</sup> )	4	0,7	140	2,33	45	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
2	Серый чугун, 160 НВ	5	0,78	60	1	60	10	8	+5	+10	1	Плоская
3	Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т, 180 НВ	1	0,21	265	4,42	90	10	12	+10	0	2	Радиусная с фаской
4	Серый чугун, 220 НВ	1,5	0,26	150	2,5	45	10	10	+5	-5	2	Плоская
5	Сталь 38ХА, σ <sub>B</sub> = 680 МПа (≈ 68 кгс/мм <sup>2</sup> )	3	0,61	120	2	60	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
6	Серый чугун, 170 НВ	4,5	0,7	65	1,08	90	10	8	+5	0	1	Плоская
7	Сталь 40ХН, σ <sub>B</sub> = 700 МПа (≈ 70 кгс/мм <sup>2</sup> )	1,5	0,3	240	4	60	10	12	+10	-5	2	Радиусная с фаской
8	Серый чугун, 210 НВ	1	0,23	180	3	45	10	10	+5	-5	2	Плоская
9	Сталь Ст5, σ <sub>B</sub> = 600 МПа (≈ 60 кгс/мм <sup>2</sup> )	3,5	0,52	130	2,17	45	10	8	+10	+5	1	Радиусная с фаской
10	Серый чугун, 180 НВ	4	0,87	75	1,25	60	10	8	+5	+10	1	Плоская

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Срезая стружку, резец преодолевает сопротивление обрабатываемого металла резанию и силы трения стружки о переднюю поверхность инструмента и задней поверхности инструмента о заготовку.

Равнодействующая сила резания  $R$  – равнодействующая сил, действующих на резец, со стороны заготовки. Условно считают, что точка приложения  $R$  находится на рабочей части главного режущего лезвия. В процессе обработки величина, направление и точка приложения равнодействующей изменяются, поэтому для практических расчетов используют не равнодействующую, а ее составляющие  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$ , действующие по трем взаимно – перпендикулярным направлениям – осям X, Y и Z. Ось X – ли-

ния центров станка, т.е. она совпадает с осью вращения заготовки и параллельна направлению продольной подачи  $S$ ; ось  $Z$  лежит в плоскости резания, она параллельна направлению главного движения; ось  $Y$  перпендикулярна осям  $X$  и  $Z$ .

$P_z$  – вертикальная (касательная) составляющая силы резания. По силе  $P_z$  определяют крутящий момент на шпинделе станка, мощность расходуемую на резание, производят динамический расчет коробки скоростей. Иногда  $P_z$  называют главной составляющей силы резания или просто силой резания. Составляющая  $P_z$  определяет изгибающий момент  $M_x$ , действующий на стержень резца.

$P_y$  – радиальная составляющая силы резания. По силе  $P_y$  определяют изгиб заготовки в плоскости  $XY$ .

$P_x$  – осевая составляющая силы резания (сила подачи). По силе  $P_x$  рассчитывают механизмы подач станка и момент  $M_x$ , изгибающий стержень резца в плоскости  $XY$ .

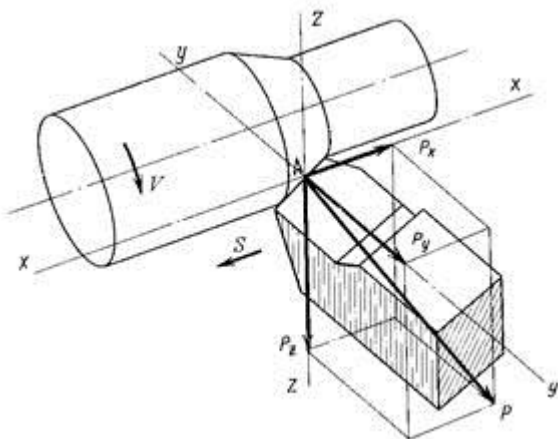


Рисунок 6. Силы, действующие на резец со стороны заготовки при резании.

Определение силы резания аналитическим методом.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Значение коэффициента  $C_p$  и показатели степени  $x, y, n$ . Таблица 22 [13, с.273..274].

Поправочные коэффициенты.

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

$K_{mp}$  – для стали и чугуна. Таблица 9 [13, с.264]

$K_{\phi p}$  – для цветных сплавов. Таблица 10 [13, с.275]

$$K_{\eta p}, K_{\lambda p}, K_{rp}, K_{rp}$$

Таблица 23 [13, с.275].

Определение силы резания табличным методом. Карта Т-5 [13, с.35..36].

$$P_z = P_{z_{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ кгс}$$

Определение мощности резания

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 10^2}, \text{кВт}$$

Принимают  $P_z$  — кгс,  $V$  — в  $\frac{м}{мин}$ .

Проверка полученной мощности резания по мощности привода станка.

$$N_{рез} \leq N_{шт}$$

$N_{шт}$  — мощность шпинделя, кВт

$$N_{шт} = N_{дв} \cdot \eta, \text{кВт}$$

Если условие выполняется — обработка возможна.

Момент сопротивления резанию.

$$M_{с.р.} = P_z \cdot \frac{D}{2}, \text{Н} \cdot \text{м}$$

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчеты силы резания

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7, 11, 13, 14].

## Практическая работа №6

*Определение поправочных коэффициентов, формулы скорости резания*

*по справочным таблицам*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку — 2 часа

*Цель:* научиться производить расчет скорости резания табличным и аналитическим методом. Самостоятельно работать со справочной и методической литературой; пользоваться инженерными калькуляторами.

*Задание:*

1. Определить и записать исходные данные. Условие задачи.
2. Определить скорость резания.

Варианты заданий для выполнения работы

№ вари-анта	Материал заготовки	Заготовка	t, мм	S <sub>ф</sub> , мм/об	T, мин	Марка ин-струмен-тального материала	Сечение державки реза, мм	Форма передней поверхности	Геометрические элементы реза *		
									φ	φ <sub>1</sub>	r, мм
1	Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т, 141НВ	Поковка, предварительно обработанная	1,5	0,34	60	ВК8	16×25	Радиусная с фаской	45	10	2
2	Серый чугун, 160 НВ	Отливка с коркой	4	0,84	45	ВК8	20×30	Плоская	60	10	1
3	Сталь 20, σ <sub>в</sub> = 500 МПа (≈ 50 кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат, предварительно обработанный	3	0,52	90	T15K6	16×25	Радиусная с фаской	90	10	1,5
4	Серый чугун, 180 НВ	Отливка без корки	1,5	0,28	60	ВК6	12×20	Плоская	45	10	1
5	Бронза Бр.АЖ 9-4, 120 НВ	Отливка с коркой	3,5	0,61	60	P18	16×25	»	60	15	1
6	Сталь 40Х, σ <sub>в</sub> = 700 МПа (≈ 70 кгс/мм <sup>2</sup> )	Поковка	3	0,57	45	T5K10	25×25	Радиусная с фаской	90	10	1
7	Серый чугун, 200 НВ	Отливка с коркой	5	0,75	90	ВК8	20×30	Плоская	60	10	1
8	Сталь 45ХН, σ <sub>в</sub> = 750 МПа (≈ 75 кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная, предварительно обработанная	0,75	0,17	60	T30K4	16×25	Радиусная с фаской	45	10	2
9	Латунь ЛМцОС 58-2-2-2 90 НВ	Отливка без корки	1	0,25	90	P18	12×20	Плоская	45	15	1
10	Серый чугун, 220 НВ	То же	1	0,23	60	ВК3	16×25	»	60	10	2

\* Для определения допускаемой резцом скорости резания по используемым нормативам другие геометрические элементы реза не требуются.

### Методика выполнения задания:

#### Общие теоретические сведения

Скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструмента ( $V_{доп}$ ), это скорость, которая выбирается исходя из режущих свойств инструмента для обеспечения заданного периода стойкости при принятом критерии износа.

Рассмотрим влияние различных факторов на допускаемую скорость резания. Независимо от вида механической обработки все факторы, повышающие температуру резания и износ инструмента, будут вызывать снижение допускаемой скорости резания.

*Влияние различных факторов на допускаемую скорость при токарной обработке.* Влияние обрабатываемого и инструментального материала на скорость  $V_{доп}$  проявляется через их механические и теплофизические свойства. Так повышение прочности и твердости обрабатываемого материала заставляет снижать допускаемую скорость, а повышение коэффициента теплопроводности наоборот позволяет ее повысить. Применение инструментального материала, обеспечивающего меньший коэффициент трения на контактных площадках инструмента, также позволит повысить допускаемую скорость резания.

С ростом подачи и глубины резания увеличивается количество выделяемой при резании теплоты, что вызывает повышение износа инструмента, и допускаемая скорость резания будет уменьшаться.

Влияние переднего угла, главного заднего угла и главного угла в плане на допускаемую скорость резания аналогично их влиянию на износ инструмента. Так с увеличением угла  $\gamma$  уменьшаются силы резания и количество, образующейся теплоты при резании, что позволяет повысить до-

пускаемую скорость, дальнейший рост переднего угла ведет к повышению температуры из-за ухудшения теплоотвода в тело инструмента и допускаемую скорость следует снижать. Повышение главного угла в плане вызывает рост температуры резания и, следовательно, допускаемая скорость резания должна уменьшаться.

Применение смазывающей охлаждающей жидкости повышает период стойкости инструмента, следовательно, скорость  $V_{дон}$  можно увеличить.

На допускаемую скорость резания оказывает влияние вид токарной обработки (рисунок 9). Условия работы отрезного резца (резец № 1) и расточного (резец № 3) с точки зрения тепловой напряженности хуже, чем проходного резца (резец № 2). Поэтому значение допускаемой скорости для них должно быть меньше. Условия работы подрезного резца (резец № 4) по сравнению с проходным резцом лучше, поэтому допускаемую скорость резания для него будет выше.

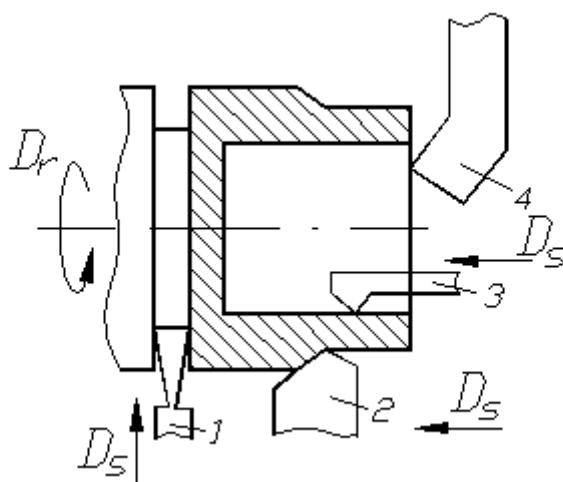


Рисунок 7 Влияние вида токарной обработки на допускаемую скорость

Определение скорости резания.

Определение скорости резания аналитическим методом.

$$V_p = \frac{C_v}{T^M \cdot t^x \cdot S_v^y} \cdot K_v, \frac{M}{мин}$$

Коэффициент  $C_v$  и показатели степени  $x$ ,  $y$ ,  $t$ . Таблица 17 [13, с.269..270].

Поправочный коэффициент.

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

$K_{mv}$  - Таблица. 1-4 [13, с.261..263];

$K_{nv}$  - Таблица.5 [13, с.263];

$K_{uv}$  - Таблица.6 [13, с.263].

Определение скорости резания табличным методом. Карта Т-4 [13, с.29..34].

$$V = V_{табл.} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \frac{M}{мин}$$

Требования к оформлению отчетного материала:

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчеты по определению допускаемой скорости резания

Форма контроля: выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7, 11, 12, 13].

### Практическая работа №7

*Расчет режимов резания при сверлении и рассверливании*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку – 2 часа

Цель: изучение методики и приобретение навыков расчета режима резания при сверлении и рассверливании аналитическим способом.

Задание:

1. Исходные данные согласно варианту

2. Выполнить расчет режимов резания

Варианты заданий для выполнения работы

№ вари-анта	Материал заготовки	D	l	Отвер-стие	Обра-ботка	Мо-дель стани-на
		мм				
1	Сталь Ст3, $\sigma_B = 460$ МПа ( $\approx 46$ кгс/мм <sup>2</sup> )	15Н12	60	Глухое	С охлаж-дением	2Н125
2	Серый чугун, 160 НВ	16Н12	65	Сквоз-ное	Без охлаж-дения	2Н135
3	Сталь 40, $\sigma_B = 660$ МПа ( $\approx 66$ кгс/мм <sup>2</sup> )	18Н12	70	Глухое	С охлаж-дением	2Н125
4	Серый чугун, 180 НВ	20Н12	45	Сквоз-ное	Без охлаж-дения	2Н135
5	Серый чугун, 190 НВ	22Н12	30	»	То же	2Н135
6	Бронза БрАЖН 11-6-6, 200 НВ	24Н12	40	»	»	2Н135
7	Серый чугун, 210НВ	25Н12	90	Глухое	»	2Н135
8	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 780$ МПа ( $\approx 78$ кгс/мм <sup>2</sup> )	26Н12	50	»	С охлаж-дением	2Н135
9	Сталь 12Х18Н9Т в состоянии постав-ки, 143 НВ	28Н12	35	Сквоз-ное	То же	2Н135
10	Латунь ЛМцЖ52-4-1 100 НВ	30Н12	40	»	Без охлаж-дения	2Н135

Методика выполнения задания:

Общие теоретические сведения

Наиболее широкое распространение при обработке отверстий получили операции сверление и рассверливание.

Сверление применяют для получения сквозных и глухих отверстий в сплошном материале. Рассверливание для получения отверстий большего диаметра. Обработанные отверстия имеют параметр шероховатости  $Ra=12,5\text{мкм}$  и точность, соответствующую 12-14-му качеству.

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. Градация диаметров спиральных сверл должна соответствовать ГОСТ 885.

Порядок выполнения

1. Определение исходных данных.

2. Выбор типа инструмента.

сверла - Таблица 40..46 [7, с.137.152]

3. Выбор материала режущей части РИ.

Р6М5 - Таблица 2 [7, с.115].

Т5К10- Таблица 3 [7, с.116..118].

4. Выбор геометрических параметров Р.И.

сверла: форма заточки - Таблица 43 [7,с.151]

Под формой заточки - параметры лезвий и углы - Таблица 44..46 [7, с.151..152]

5. Назначение режимов резания.

5.1.Определение глубины резания.

при сверлении

$$t = \frac{D}{2}, \text{мм}$$

при рассверливании,

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{мм}$$

5.2.Определение подачи.

сверление - Таблица 25 [7, с.276..277].

5.2.1. Поправочные коэффициенты, учитывающие ограничивающие факторы.

$K_s$  - смотри в примечании под соответствующими таблицами.

для сверл:

$$S_p = S_m \cdot K_s$$

5.3.Корректировка подачи по паспорту станка [7, с.422].

5.4. Проверка принятой подачи по осевой составляющей силы резания, допускаемой прочностью прочности станка.

5.4.1. Для выбранной модели станка выписать  $P_{\max}$  из паспорта.

5.4.2. Определение осевой составляющей силы резания.

при сверлении:

$$P_o = C_p \cdot D^q \cdot S_o^y \cdot K_p, H$$

при рассверливании:

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

Значение коэффициента  $C_p$  и показатели степени - Таблица 32 [7, с.281]

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий материал заготовки.

$K_p = K_{mp}$  - Таблица 9 [1, с.264] для чугуна и стали.

Для медных и алюминиевых сплавов—Таблица 10 [7, с.265]

5.4.3. Должно соблюдаться условие.

$$P_o \leq P_{\max}$$

Когда  $P_o \geq P_{\max}$ , то уменьшаем подачу  $S_o$ , так чтобы  $P_o = P_{\max}$ ;

$$S_o = \sqrt{\frac{P_{\max}}{9,81 \cdot C_p \cdot D^q \cdot K_p}}, \text{ мм}$$

5.5. Определение периода стойкости РИ. Таблица 30 [7, с.279..280].

5.6. Определение скорости резания при сверлении,  $\frac{M}{\text{мин}}$ .

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

для рассверливания

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v, \frac{M}{\text{мин}}$$

показатель степени  $C_v$  и поправочные коэффициенты  $q, m, x, y$  – Таблица 28 [7, с.279]

Для всех остальных –Таблица 29 [7, с.279]

5.6.1. Поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия работы.

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

$K_{mv}$ - Таблица 1.4 [7, с.261];

$K_{iv}$ - Таблица 6 [7, с. 263];

$K_{lv}$ - Таблица 31 [7, с. 280].

При рассверливании и зенкерования литых и штампованных отверстий, вводится коэффициент  $K_{nv}$  - Таблица 5 [7, с.263].

5.7. Определение частоты вращения шпинделя.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}$$

5.7.1. Корректировка по паспорту станка [7, с.422].

5.8. Определение действительной скорости резания.



$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\partial}}{1000}, \frac{м}{мин}$$

### 5.9. Определение крутящего момента сил сопротивления

При сверлении:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S_{\partial}^y \cdot K_p, Н \cdot м$$

При рассверливании:

$$M_{кр} = 10 \cdot D^q \cdot t^x \cdot S_{\partial}^y \cdot K_p, Н \cdot м$$

C, x, y - Таблица 22 [13, с. 281], как для сверления и рассверливания тангенциальная составляющая силы Pz.

#### 5.9.1. Определение поправочного коэффициента.

Kp=Kmp --Таблица 9 [13, с. 264] - для стали и чугуна.

Таблица 10 [13, с.265] - для медных и алюминиевых сплавов.

### 6. Определение мощности затраченной на резание.

$$N_e = N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n_{\partial}}{9750}, кВт$$

#### 6.1. Проверка условия.

$$N_{рез} \leq N_{шт}$$

$$N_{шт} = N_{двиг} \cdot \eta$$

Если условие не выполняется, то необходимо уменьшить  $n_{\partial}, мин^{-1}$ .

#### 6.2. Определение основного машинного времени.

$$T_o = \frac{L_{рх}}{n_{\partial} \cdot S_{\partial}}, мин$$

у – величина врезания-- [7, С.303]

Δ - величина перебега-- [7, с.300]

В нормативах приведена суммарная величина врезания и перебега (у + Δ).

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчеты режимов резания
3. Результаты расчетов занести в таблицу .

№ варианта	$n_c,$ об/мин	$V_{фс},$ м/мин	$P_c,$ Н	$M,$ Н	$n_z,$ об/мин	$V_{фз},$ м/мин	$n_p,$ об/мин	$V_{фр},$ м/мин

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7, 13].

## Практическая работа №8

*Расчет режимов резания при зенкеровании и развертывании*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку – 2 часа

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

*Задание:* 1. Исходные данные согласно варианту 2. Выполнить расчет режимов резания

Варианты заданий для выполнения работы

№ варианта	Материал заготовки	D	d	l	Отверстие	Обработка
		мм				
1	Сталь 38ХМЮА, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	20Н11	18	30	Глухое	С охлаждением
2	Серый чугун, 160НВ	25Н11	22,6	40	Сквозное	Без охлаждения
3	Сталь 65Г, $\sigma_B = 850$ МПа ( $\approx 85$ кгс/мм <sup>2</sup> )	30Н11	27,6	15	»	С охлаждением
4	Серый чугун, 180 НВ	35Н11	32,5	50	Глухое	Без охлаждения
5	Бронза БрАМц 9-2, 100 НВ	45Н11	42	45	Сквозное	То же
6	Силумин АЛ4, 50 НВ	19,8Н11	18	70	Глухое	»
7	Сталь 35, $\sigma_B = 580$ МПа ( $\approx 58$ кгс/мм <sup>2</sup> )	24,8Н11	23	55	Сквозное	С охлаждением
8	Серый чугун, 220 НВ	29,8Н11	28	35	»	Без охлаждения
9	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	34,7Н11	33	60	Глухое	С охлаждением
10	Латунь ЛК80-3, 110 НВ	44,7Н11	43	25	Сквозное	Без охлаждения

Примечание. В вариантах № 6—10 предусматривается зенкерование под последующую обработку одной разверткой.

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Наиболее широкое распространение при обработке отверстий получили операции зенкерования, развертывания. Для получения более точных отверстий (8-9 квалитет) с шероховатостью поверхности Ra=6,3-3,2 мкм применяют зенкерование. Развертывание обеспечивает изготовление отверстий повышенной точности (5-7 квалитет) низкой шероховатости до Ra=0,4 мкм.

Зенкерование применяют при обработке сквозных и глухих отверстий, предварительно обработанных сверлом либо полученных литьем или ковкой (штамповкой). Обработка производится многолезвийным инструментом—зенкером (Z=3—8). Увеличенное число режущих зубьев, по сравнению со сверлом, позволяет получить более точное по форме и размеру отверстие. При этом обеспечивается параметр шероховатости обра-

ботанных поверхностей  $Ra=6,3\text{мкм}$ . Исполнительные диаметры стандартных зенкеров соответствуют ГОСТ1677.

Развертывание применяют после зенкерования или растачивания и является финишной обработкой точных отверстий. В среднем при развертывании достигается точность, соответствующая 6—9-му качеству, и  $Ra=0,32—1,25\text{мкм}$ . Исполнительные размеры диаметров разверток из инструментальных сталей приведены в ГОСТ 11174, с пластинками из твердого сплава в ГОСТ 1173.

Порядок выполнения

1. Определение исходных данных.

2. Выбор типа инструмента.

Параметры лезвий и углы. Таблица 44..46 [7,с.151..152]

зенкеры и зенковки: геометрические параметры. Таблица 48 [7, с.154..155]

развертки. Таблица 49 [7,с.156..157]; (с.157-текст)

3. Выбор материала режущей части РИ.

Р6М5 - Таблица 2 [7, с.115].

T5K10- Таблица 3 [7, с.116..118].

4. Выбор геометрических параметров Р.И.

Таблица 44..46 [7,с.151..152]

зенкеры и зенковки: геометрические параметры. Таблица 48 [7, с.154..155]

развертки. Таблица 49 [7,с.156..157]; (с.157-текст).

Назначение режимов резания.

5.1.Определение глубины резания.

при зенкеровании и развертывании,

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{мм}$$

5.2.Определение подачи.

при зенкеровании. Таблица 26 [13, с.277];

при развертывании. Таблица 27 [13, с.278]

$$S_{op} = S_{om} \cdot K_s, \text{мм}$$

$K_s$  -см. примечание под соответствующими таблицами.

Поправочные коэффициенты, учитывающие ограничивающие факторы.

5.3.Корректировка подачи по паспорту станка [13, с.422].

5.4.Проверка принятой подачи по осевой составляющей силы резания, допускаемой прочностью прочности станка.

5.4.1. Для выбранной модели станка выписать  $P_{\max}$  из паспорта.

5.4.2. Определение осевой составляющей силы резания.

при зенкеровании и развертывании:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot K_p, \text{Н}$$

Значение коэффициента  $C_p$  и показатели степени - Таблица 32 [13, с.281]

$K_p$  - поправочный коэффициент, учитывающий материал заготовки.

$K_p = K_{mp}$  - Таблица 9 [1, с.264] для чугуна и стали.

Для медных и алюминиевых сплавов—Таблица 10 [13, с.265]

5.4.3. Должно соблюдаться условие.

$$P_o \leq P_{\max}$$

Когда  $P_o \geq P_{\max}$ , то уменьшаем подачу  $S_o$ , так чтобы  $P_o = P_{\max}$ ;

$$S_o = \sqrt{\frac{P_{\max}}{9,81 \cdot C_p \cdot D^q \cdot K_p}}, \text{ мм}$$

5.5. Определение периода стойкости РИ. Таблица 30 [13, с.279..280].

5.6. Определение скорости резания,  $\frac{м}{мин}$ .

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

показатель степени  $C_v$  и поправочные коэффициенты  $q$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$  – Таблица 28 [13, с.279]

Для всех остальных –Таблица 29 [13, с.279]

5.6.1. Поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия работы.

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

$K_{mv}$ - Таблица 1.4 [13, с.261];

$K_{iv}$ - Таблица 6 [13, с. 263];

$K_{lv}$ - Таблица 31 [13, с. 280].

При рассверливании и зенкерования литых и штампованных отверстий, вводится коэффициент  $K_{nv}$  - Таблица 5 [13, с.263].

5.7. Определение частоты вращения шпинделя.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}$$

5.7.1. Корректировка по паспорту станка [7, с.422].

5.8. Определение действительной скорости резания.

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000}, \frac{м}{мин}$$

5.9. Определение крутящего момента сил сопротивления

$$M_{кр} = 10 \cdot D^q \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot K_p, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

$C$ ,  $x$ ,  $y$  - Таблица 22 [13, с. 281], как для сверления и рассверливания тангенциальная составляющая силы  $P_z$ .

5.9.1. Определение поправочного коэффициента.

$K_p = K_{mp}$  --Таблица 9 [13, с. 264] - для стали и чугуна.

Таблица 10 [13, с.265] - для медных и алюминиевых сплавов.

6. Определение мощности затраченной на резание.

$$N_e = N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n_{\delta}}{9750}, кВт$$

6.1. Проверка условия.

$$N_{рез} \leq N_{ин}$$

$$N_{ин} = N_{двиг} \cdot \eta$$

Если условие не выполняется, то необходимо уменьшить  $n_{\delta}, мин^{-1}$ .

6.2. Определение основного машинного времени.

$$T_o = \frac{L_{рх}}{n_{\delta} \cdot S_{\delta}}, мин$$

$u$  – величина врезания [13, с.303]

$\Delta$  - величина перебега [13, с.300]

В нормативах приведена суммарная величина врезания и перебега ( $u + \Delta$ ).

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчеты режимов резания
3. Результаты расчетов занести в таблицу .

№ варианта	$n_c,$ об/мин	$V_{фс},$ м/мин	$P_c,$ Н	$M,$ Н	$n_z,$ об/мин	$V_{фз},$ м/мин	$n_p,$ об/мин	$V_{фр},$ м/мин

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7, 13].

## Практическая работа № 9

### *Расчет и конструирование спирального сверла*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку – 2 часа

*Цель:* Ознакомится с классификацией, назначением и применением сверл. Ознакомится с последовательностью расчета и конструирования спирального сверла.

*Задание:* 1. Исходные данные согласно варианту , рассчитать спиральное сверло под последующую обработку

Варианты заданий для выполнения работы

№ варианта	Назначение сверления	Глубина сверления, мм
1	Под резьбу 1 1/2"	40
2	Под зенкер $d = 16$ мм	60
3	Под развертку $d = 35$ мм	70
4	Напроход под болт с резьбой M24	30
5	Под зенкер $d = 40$ мм	100
6	Под резьбу M16	25
7	Под зенкер $d = 16$ мм	30
8	Под развертку $d = 14$ мм	20
9	Напроход под заклепку с $d = 19$ мм	10
10	Под резьбу M20×1,5	25

Примечание. В вариантах № 1—5 материал заготовки — сталь 45ХН, 207 НВ; в вариантах № 6—10 — чугун СЧ 35, 243 НВ.

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

В основном, сверла делают из быстрорежущих сталей. Твердосплавные сверла делают для обработки конструкционных сталей высокой твердости (45...56HRC), обработке чугуна и пластмасс. Исходя из твердости обрабатываемого материала – 207 НВ, принимаем решение об изготовлении сверла из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 19265-73. Крепежную часть сверла изготовим из стали 40Х (ГОСТ 4543).

Обоснование выбора геометрических параметров сверла.

Задний угол  $\alpha$ . Величина заднего угла на сверле зависит от положения рассматриваемой точки режущего лезвия. Задний угол имеет наибольшую величину у сердцевины сверла и наименьшую величину - на наружном диаметре.

Рекомендуемые величины заднего угла на наружном диаметре от  $\alpha=8^{\circ}$  до  $12^{\circ}$

Передний угол. Также является величиной переменной вдоль режущего лезвия и зависит, кроме того, от угла наклона винтовых канавок  $\square\square$  и угла при вершине  $2\phi$ . Передняя поверхность на сверле не затачивается и величина переднего угла на чертеже не проставляется.

**Значения  $\omega$  и  $2\phi$ , рекомендуемые для различных обрабатываемых металлов для сверла из инструментальных сталей<sup>1</sup>**

Обрабатываемый материал	Угол наклона винтовой канавки $\omega$ в град	Угол при вершине $2\phi$ в град	Обрабатываемый материал	Угол наклона винтовой канавки $\omega$ в град	Угол при вершине $2\phi$ в град
Сталь, $\sigma_B$ до 70 кг/мм <sup>2</sup> . . . . .	30	116—118	Медное литье и латунь . . . . .	25—30	130
Сталь, $\sigma_B$ св. 70 до 100 кг/мм <sup>2</sup> . . . . .	25	120	Бронза <i>НВ</i> 100 и выше . . . . .	15—20	135
Сталь, $\sigma_B$ св. 100 до 140 кг/мм <sup>2</sup> . . . . .	20	125	Мягкая бронза, <i>НВ</i> < 100 . . . . .	8—12	125
Нержавеющая сталь . . . . .	25	120	Алюминиевые сплавы . . . . .	35—45	130—140
Чугун . . . . .	25—30	116—120	Пластмассы, эбонит, бакелит . . . . .	8—12	60—100
Красная медь . . . . .	34—45	125			

Угол при вершине сверла. Значение углов  $2\phi$  для свёрл, используемых для различных обрабатываемых материалов приведены в таблице 20

Материал заготовки	$\omega$	$2\phi$
	°	
Сталь с $\sigma_B = \text{МПа (кгс/мм}^2\text{)}$ :		
до 500 (до 50)	35	116
500—700 ( $\approx 50—70$ )	30	116—118
700—1000 ( $\approx 70—100$ )	25	120
1000—1400 ( $\approx 100—140$ )	20	125
коррозионно-стойкая	25	120
Чугун серый	25—30	116—120
Медь красная	35—45	125
Медные отливки и латунь	25—30	130
Бронза с <i>НВ</i> :		
100 и выше	15—20	135
до 100	8—12	125
Алюминиевые сплавы литейные	35—45	130—140
Алюминиевые сплавы деформируемые	45	140
Пластмассы, эбоит, бакелит	8—12	60—100

Угол наклона винтовых канавок. Угол наклона винтовых канавок определяет жесткость сверла, величину переднего угла, свободу выхода стружки и др. Он выбирается в зависимости от обрабатываемого материала и диаметра сверла.

Угол наклона поперечной кромки. При одном и том же угле  $\phi$  определенному положению задних поверхностей соответствует вполне опреде-

ленная величина угла  $\lambda$  и длина поперечной кромки и поэтому угол  $\lambda$  служит до известной степени критерием правильности заточки сверла.

#### Расчет, назначение конструктивных размеров сверла.

Спиральные сверла одного и того же диаметра в зависимости от серии бывают различной длины. Длина сверла характеризуется его серией. В связи с тем, что длина рабочей части сверла определяет его стойкость, жесткость, прочность и виброустойчивость, желательно во всех случаях выбирать сверло минимальной длины. Серия сверла должна быть выбрана таким образом, чтобы

$$l_{0 \text{ ГОСТ}} \geq l_{0 \text{ расч.}}$$

Расчетная длина рабочей части сверла  $l_0$ , равна расстоянию от вершины сверла до конца стружечной канавки, может быть определена по формуле:

$$l_0 = l_p + l_{\text{вых}} + l_d + l_b + l_n + l_k + l_f,$$

где

$$l_p - \text{длина режущей части сверла } l_p = 0.3 \times d_{\text{св}};$$

$l_{\text{вых}}$  - величина выхода сверла из отверстия  $l_{\text{вых}} = 0$  (т.к. отверстие глухое);

$l_d$  - толщина детали или глубина сверления, если отверстие глухое  $l_d = 65$  мм;

$$l_b - \text{толщина кондукторной втулки } l_b = 0;$$

$$l_n - \text{запас на переточку } l_n = \square \times (i + 1), \text{ где}$$

$\square$  - величина, срезаемая за одну переточку, измеренная в направлении оси,  $i$  - число переточек

$l_k$  - величина, характеризующая увеличение длины сверла для возможности свободного выхода стружки при полностью сточенном сверле;

$l_f$  - величина, характеризующая уменьшение глубины канавки, полученной при работе канавочной фрезы

$$l_k + l_f = 1.5 \times d_{\text{св}},$$

тогда

В соответствии с ГОСТ 12121 (Сверла спиральные из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком ") уточняем значения  $l_0$  и общей длины  $L$ :

$$l_{0 \text{ ГОСТ}} = 140 \text{ мм}; L = 220 \text{ мм.}$$

$$\text{Положение сварного шва на сверле: } l_c = l_0 + (2...3)$$

Диаметр сердцевины сверла  $d_c$  выбирается в зависимости от диаметра сверла и инструментального материала (6, стр.12):

$$d_c = 0.15 \times d_{\text{св}}$$

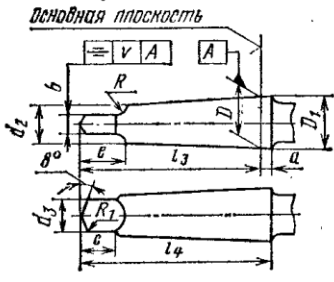
$$\text{Ширина ленточки } f_d = (0.45...0.32) \times ctq(d_c)$$

$$\text{Высота ленточки } h_d = (0.05...0.025) \times d_c$$

Хвостовик сверла выполняется коническим - конус Морзе № выбирается по ГОСТ 2848 - 75

Таблица ГОСТ 2848 - 75 на хвостовик сверла





Обозначение величины конуса	Конусы Морзе						
	0	1	2	3	4	5	6*
	при конусности						
	1 : 19,212 = 0,05205	1 : 20,047 = 0,04988	1 : 20,020 = 0,04995	1 : 19,922 = 0,05020	1 : 19,254 = 0,05194	1 : 19,002 = 0,05263	1 : 19,180 = 0,05214
$D$	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348
$D_1$	9,2	12,2	18,0	24,1	31,6	44,7	63,8
$d_2$	6,1	9,0	14,0	19,1	25,2	36,5	52,4
$d_{3max}$	6,0	8,7	13,5	18,5	24,5	35,7	51,0
$l_{3max}$	56,5	62,0	75,0	94,0	117,5	149,5	210,0
$l_{4max}$	59,5	65,5	80,0	99,0	124,0	156,0	218,0
$a$	3,0	3,5	5,0	5,0	6,5	6,5	8,0
$bh13$	3,9	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19,0
$c$	6,5	8,5	10,0	13,0	16,0	19,0	27,0
$r_{max}$	10,5	13,5	16,0	20,0	24,0	29,0	40,0
$R$	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0	13,0
$R_1$	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
$v$	0,06	0,06	0,065	0,065	0,07	0,07	0,07

Примечания: 1. Размеры  $D_1$  и  $d_2$  являются теоретическими, вытекающими соответственно из диаметра  $D$  и номинальных размеров  $a$  и  $l_3$  (положения основной плоскости). 2. Допуски конусов Морзе — по АТ8 (ГОСТ 2848—75\*). 3. Центровое отверстие — форма В (ГОСТ 14034—74\*).

Центровые отверстия на сверлах изготавливаются в соответствии с ГОСТ 14034-74

ЦЕНТРОВЫЕ ОТВЕРСТИЯ С УГЛОМ КОНУСА 60°

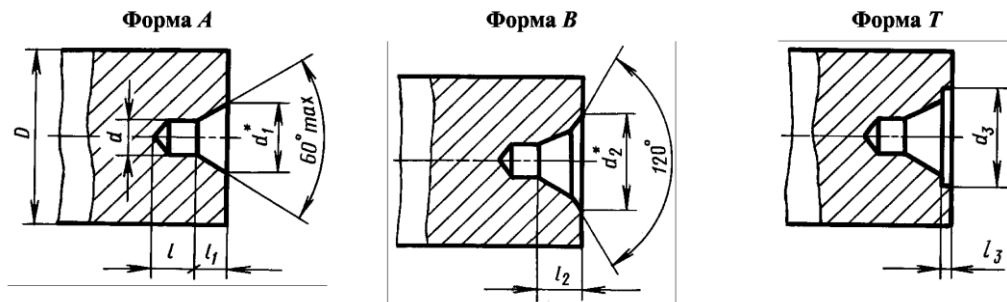


Рисунок 8

D	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub> (пред. откл. по Н14)	l, не менее	l <sub>1</sub>		l <sub>2</sub> (пред. откл. по Н12)	l <sub>3</sub> , не менее
						Номин.	Пред. откл.		
2,0	(0,5)	1,06	—	—	0,8	0,48	Н11	—	—
2,5	(0,63)	1,32	—	—	0,9	0,60		—	—
3	(0,8)	1,70	2,50	—	1,1	0,78		1,02	—
4	1,0	2,12	3,15	—	1,3	0,97		1,27	—
5	(1,25)	2,65	4,00	—	1,6	1,21	Н12	1,60	—
6	1,6	3,35	5,00	—	2,0	1,52		1,99	—
10	2,0	4,25	6,30	7,0	2,5	1,95	Н12	2,54	0,6
14	2,5	5,30	8,00	9,0	3,1	2,42		3,20	0,8
20	3,15	6,70	10,00	12,0	3,9	3,07		4,03	0,9
30	4	8,50	12,50	16,0	5,0	3,90		5,06	1,2
40	(5)	10,60	16,00	20,0	6,3	4,85		6,41	1,6
60	6,3	13,20	18,00	25,0	8,0	5,98		7,36	1,8
80	(8)	17,00	22,40	32,0	10,1	7,79		9,35	2,0
100	10	21,20	28,00	36,0	12,8	9,70		11,66	2,5
120	12	25,40	33,00	—	14,6	11,60		13,80	—
160	16	33,90	42,50	—	19,2	15,50		18,00	—
240	20	42,40	51,60	—	25,0	19,40		22,00	—
360	25	53,00	63,30	—	32,0	24,00	27,00	—	

Примечания: 1. Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.  
2. Размеры D рекомендуемые.

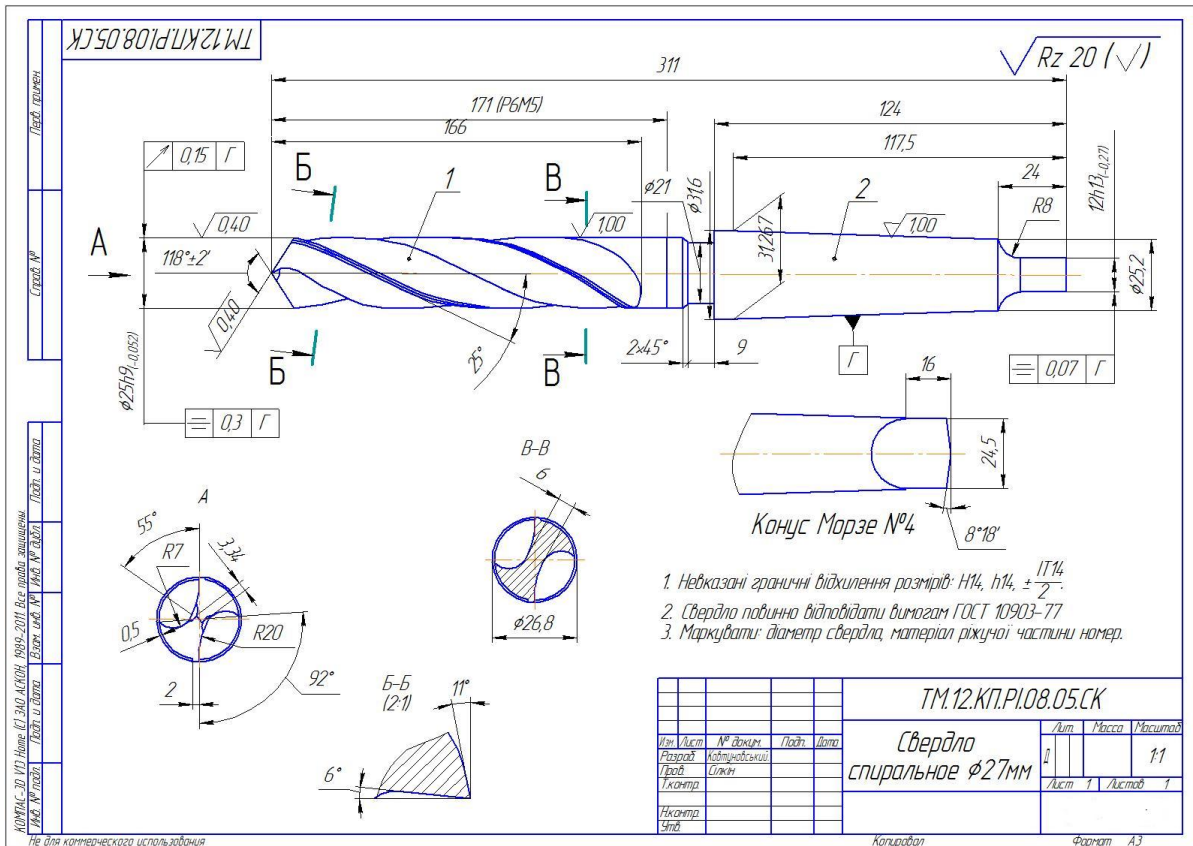
**Рекомендуемые ширина ленточки (вспомогательной задней поверхности)  $f_0$  и высота затылка по спинке K спиральных сверл, мм**

Диаметр сверла D	Ширина ленточки $f_0$	Высота затылка по спинке K
0,55—0,75 0,8—1,0 1,1—2,0	0,2 0,3 0,4	0,1
2—5 5—8 8—10	0,6 0,7 0,8	0,15 0,2 0,3
10—12 12—15	0,9 1,0	0,4
15—20 20—25 25—30	1,2 1,6 1,8	0,6 0,7 0,8
30—35 35—40	1,8 2,0	0,9
40—45 45—50 50—80	2,3 2,6 3,0	1,0 1,2 1,5

Примечание. Сверла диаметром до 0,5 мм изготавливают без ленточек.

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчет спирального сверла и выполнить чертеж



**Форма контролю:** виконаний і оформлений отчет на ф.А4 і робочий чертеж на ф.А3, сдать преподавателю на проверку.  
Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7, 11, 13, 15,16].

### Практическая работа №10

*Расчет режимов резания при различных видах фрезерования по эмпирическим формулам*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку –2 часа

**Цель:** закрепить теоретические знания о расчете режимов резания при фрезеровании аналитическим методом.

**Задание:** 1.Исходные данные согласно варианту 2.Выполнить расчет режимов резания

Варианты заданий для выполнения работы

№ вари-анта	Материал заготовки	Заго-товка	Обработка; параметр шероховатости поверхности, мкм	мм		
				B	l	h
1	Сталь Ст5, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поков-ка	Черновая с охлажде-нием	65	100	3
2	Серый чугун, 150 НВ	Отливка	Получистовая (окончательная) без охлаждения; $Ra = 2,0$	40	120	1,5
3	Сталь 35, $\sigma_B = 600$ МПа ( $\approx 60$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Прокат	Черновая с охлаждением	80	150	4
4	Алюминиевый сплав АЛ5, 65 НВ	Отливка	Получистовая (окончательная) без охлаждения; $Rz = 20$	50	200	1,5
5	Бронза БрАЖ9-4, 120 НВ	»	Черновая по корке без охлаждения	75	320	4
6	Сталь 45Х, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Поков-ка	Получистовая (окончательная) с охлаждением; $Rz = 20$	90	250	1,5
7	Серый чугун, 200 НВ	Отливка	Черновая по корке без охлаждения	60	300	4,5
8	Сталь 40ХНМА, $\sigma_B = 850$ МПа ( $\approx 85$ кгс/мм <sup>2</sup> )	Штампованная	Получистовая (окончательная) с охлаждением; $Ra = 2,0$	85	400	1,5
9	Латунь ЛК80-3, 110 НВ	Отливка	Получистовая (окончательная) без охлаждения; $Ra = 2,0$	45	130	1
10	Серый чугун, 220 НВ	»	Черновая по корке без охлаждения	70	350	5

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Фрезерование — один из самых распространенных методов обработки плоских и фасонных поверхностей, которое осуществляется фрезой -- многолезвийным инструментом на периферии которого или на торце расположены режущие элементы—зубья фрезы. Каждый зуб фрезы можно рассматривать как резец с присущими ему геометрическими и конструктивными параметрами: углами, поверхностями, плоскостями.

Особенностью фрезерования является прерывистость в отличие от формообразования поверхностей на токарных, сверлильных и некоторых других станках, где режущие кромки находятся в контакте с обрабатываемой поверхностью до окончания резания.

Наиболее распространенным является цилиндрическое и торцовое фрезерование. При цилиндрическом фрезеровании срезание припуска производится режущими элементами фрезы, расположенными по образующей тела вращения, и зуб фрезы снимает слой металла переменной толщины.

При торцовом фрезеровании лезвийным инструментом с торцовыми зубьями зуб фрезы снимает слой металла практически постоянной толщины.

Различают встречное и попутное фрезерование.

При встречном фрезеровании фреза и заготовка движутся навстречу друг другу. Нагрузка на каждый зуб фрезы увеличивается постепенно, т.к. толщина срезаемого слоя изменяется от нуля при входе зуба до максимума перед выходом зуба.

При попутном фрезеровании движения фрезы и заготовки совпадают. Вертикальная составляющая силы резания стремится прижать заготовку к столу. Это способствует отсутствию вибрации, более равномерному снятию припуска. Но при попутном фрезеровании существует «подрыв» заготовки. По этому попутное фрезерование применяется очень редко.

Порядок выполнения

1. Исходные данные

2. Выбор типа фрезы:

2.1. Выбор материала режущей части Таблица 2...3 [7, с.115..118].

2.2. Выбор конструкции фрезы, (смотри схемы фрезерования) [7, с.281..282].

Диаметр торцовой фрезы:

$$D_{\phi} = 1,6 \cdot B$$

B – ширина фрезерования, мм.

2.2.1. Корректировка диаметра торцовой фрезы. Таблица 91..96,100 [7, с.187].

Шпоночные фрезы. Таблица 73..76 [7, с.177].

Концевые фрезы. Таблица 65..72 [7, с.174..176].

Дисковые пазовые фрезы. Таблица 80..83 [7, с.180].

Дисковые 3-х сторонние фрезы. Таблица 84..85 [7, с.182].

Цилиндрические фрезы [16, с.380].

3. Определение режима резания:

3.1. Определение геометрических элементов фрезы

3.2. Характеристика фрезы в соответствии с классификацией.

3.3. Глубина резания.

При снятии припуска за 1 проход:  $t = h$

3.4. Назначение подачи:

при черновом фрезеровании:  $S_z$  (определяется). Таблица 33..36 [13, с.283..285].

при чистовом фрезеровании дано значение подачи на оборот. Таблица 37..38 [13, с.285..286], тогда

$$S_z = \frac{S_o}{Z}, \frac{мм}{зуб}$$

3.4.1. Поправочные коэффициенты смотри под соответствующими таблицами.

$$S_p = S_{om} \cdot K_s, мм$$

3.5. Назначение периода стойкости фрезы. Таблица 40 [13, с.290]

3.6. Определение скорости:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \frac{м}{мин}$$

3.6.1. Значение коэффициента  $C_v$  и показателей степеней  $m, x, y, q, u$ ,  $p$  смотри в таблице 39 [13, с.286..290].

3.6.2. Поправочный коэффициент  $K_v$ :

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

$K_{mv}$ —Таблица 1.4 [13, с.261..263];

$K_{pv}$ —Таблица 5 [13, с.263];

$K_{uv}$ —Таблица 6 [13, с.263].

3.7. Частота вращения шпинделя:

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_\phi}, \text{мин}^{-1}$$

3.8. Корректировка частоты вращения шпинделя по паспорту станка.

3.9. Определение действительной скорости резания:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \frac{м}{мин}$$

3.10. Определение скорости подачи:

$$V_s = S_m \cdot n_d \cdot Z, \frac{мм}{мин}$$

3.10.1. Корректировка  $V_{sd}$  по паспорту станка.

3.10.2. Уточнение подачи на зуб:

$$S_z = \frac{V_{sd}}{n_d \cdot Z}, \frac{мм}{зуб}$$

3.11. Определение главной составляющей силы резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n_d^o} \cdot K_{mp}, H$$

Значение коэффициента  $C_p$  и показателей степеней. Таблица 41 [13, с.291..292]. Свести в таблицу.

$C_p$	$x$	$Y$	$N$	$q$	$w$
-------	-----	-----	-----	-----	-----

3.11.1. Поправочный коэффициент  $K_{mp}$ :

$K_{mp}$ —для сталей и чугуна. Таблица 9 [13, с.264];

$K_{mp}$ —для цветных металлов. Таблица 10 [13, с.265].

3.11.2. Определение крутящего момента:

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D_\phi}{2 \cdot 100}, Hм$$

4. Определение мощности, затрачиваемой на резание:

$$N_{рез} = N_e = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60}, кВт$$

4.1. Проверка по мощности:

$$N_{рез} \leq N_{ит} \quad N_{ит} = N_{двиг} \cdot \eta$$

4.2. Определение основного (машинного) времени:

$$T_o = \frac{L_{px}}{V_{sd}}, \text{ мин}$$

4.2.1. Определение длины рабочего хода:

$$L_{px} = l_{рез} + y + \Delta, \text{ мм}$$

$y$ -величина врезания.

$\Delta$  - величина перебега. [7, с.301..302].

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчеты режимов резания
3. Результаты расчетов занести в таблицу .

№ варианта	$t$ , мм	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$V_D$ , м/мин	$T_o$ , мин

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7, 13, 16].

### Практическая работа № 11

#### *Расчет и конструирование цилиндрической фрезы*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку –2 часа

*Цель:* Ознакомится с классификацией, назначением и применением фрез.

Ознакомится с последовательностью расчета и выбора конструктивных размеров цилиндрической фрезы

Задание: 1.Исходные данные согласно варианту 2.Рассчитать конструктивные размеры цилиндрической фрезы

Варианты заданий для выполнения работы

№ варианта	Материал заготовки	<i>B</i>	<i>h</i>
		мм	
1	Сталь 40Х, $\sigma_B = 750$ МПа ( $\approx 75$ кгс/мм <sup>2</sup> )	130	12
2	Чугун СЧ 20, 170 НВ	140	8
3	Медь М4, 80 НВ	60	12
4	Бронза БрА7, 90 НВ	100	8
5	Сталь 35Х, $\sigma_B = 950$ МПа ( $\approx 95$ кгс/мм <sup>2</sup> )	80	12
6	Сталь 15Г, $\sigma_B = 400$ МПа ( $\approx 40$ кгс/мм <sup>2</sup> )	100	4
7	Сталь 40ХС, 225 НВ	120	5
8	Сталь 45ХН, $\sigma_B = 650$ МПа ( $\approx 65$ кгс/мм <sup>2</sup> )	50	4
9	Сталь 60, 225 НВ	60	5
10	Чугун СЧ 30, 220 НВ	70	8

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Фрезерование - один из самых производительных методов обработки. Главное движение (движение резания) при фрезеровании – вращательное; его совершает фреза, движение подачи обычно прямолинейное, его совершает фреза.

Фрезерованием можно получить деталь точно по 6-12 качеству шероховатостью до  $Ra=0,8$  мкм. Фрезерование осуществляется при помощи многозубого инструмента - фрезы. Фрезой называется лезвийный инструмент для обработки с вращательным движением резания инструмента ( $D_f$ ) без возможного изменения радиуса траектории этого движения и хотя бы с одним движением подачи ( $D_s$ ), направление которого не совпадает с осью вращения. Название фрез устанавливается исходя из какого-либо наиболее определяющего признака или области применения, или конструктивной особенности

Фрезы по виду различают: цилиндрические, торцевые, дисковые, прорезные и отрезные, концевые, фасонные; по конструкции – цельные, составные и сборные.

При торцевом фрезеровании (обработка торцевой фрезой) диаметр фрезы  $D$  должен быть больше ширины фрезерования  $B$ , т.е:

$$D = 1,5 \cdot B, \text{ мм}$$

где  $B$  - ширина фрезерования, мм.

При цилиндрическом фрезеровании различают встречное фрезерование, когда вектор скорости (направление вращения фрезы) направлен навстречу направлению подачи; и попутное фрезерование, когда вектор скорости и направление подачи направлены в одну сторону.

Встречное фрезерование применяют для черновой обработки заготовок с литейной коркой, с большими припусками.



Попутное фрезерование применяют для чистовой обработки нежестких, предварительно обработанных заготовок с незначительными припусками.

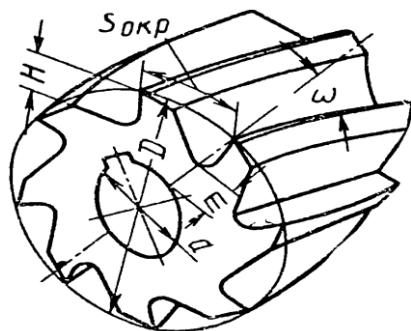


Рисунок основные конструктивные размеры цилиндрической фрезы  
Обоснование выбора материала фрезы.

Исходя из твердости обрабатываемого материала - 207НВ, принимаем решение об изготовлении фрезы из быстрорежущей стали Р6М5 ГОСТ 19265.

Расчет, назначение конструктивных размеров фрезы.

Длина фрезы  $L_{\phi}$  и диаметр фрезы  $D_{\phi}$  : выбираем по ГОСТ 3752

Диаметр посадочного отверстия:

$$d = 0,33 \times D_{\phi}, \text{ принимаем по таблице}$$

Таблица 7 Размеры отверстия и шпоночного паза

$d$ (H7)		$a$ (C11)		$e_1$ (H12)		$R$ , мм
Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мкм	Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мкм	Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мкм	
8	+15 0	2	+120 +60	8,9	+150 0	0,3—0,4
10		3		11,5		
13	+18 0	3	-	14,6	+180 0	
16		4		17,7		0,4—0,6
19	+21 0	5	+145 +70	21,1	+210 0	
22		6		24,1		
27		7		29,8		
32	+25 0	8	+170 +80	34,8	+250 0	0,9—1,2
40		10		43,5		
50		12		53,5		
60	+30 0	14	+205 +95	64,2	+300 0	1,1—1,6
70		16		75,0		
80		18		85,5		1,5—2
100	+35 0	25	+240 +110	107,0	+350 0	

Число зубьев:

$$Z = 2,9 \times D_{\phi}^{0,42}, \text{ принимаем ГОСТ 3752}$$

Определение геометрических параметров фрезы:

Для обеспечения равномерности фрезерования применяются винтовые зубья с углом наклона  $\omega$ , который определяется из условий равномерности фрезерования и находится в пределах  $20^{\circ}$ – $60^{\circ}$ . Угол, образованный режущей кромкой и осью фрезы, называют углом наклона винтовой канавки, или углом наклона спирали, и обозначают  $\omega$  (омега).

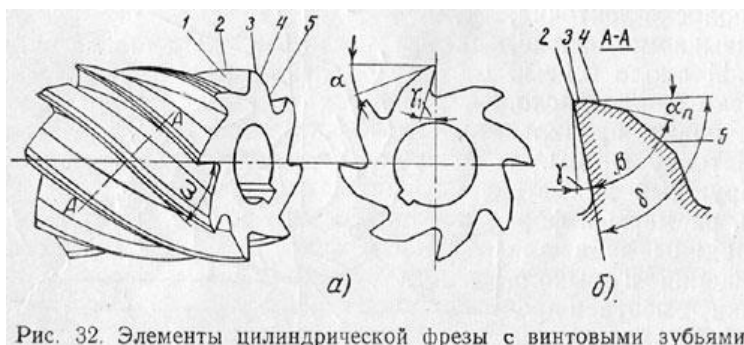


Рис. 32. Элементы цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями

Задний угол  $\alpha$  измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы, т. е. в плоскости торца фрезы. *Нормальный задний угол*  $\alpha_n$  измеряется в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке. От правильно выбранного заднего угла зависит величина трения задней поверхности зуба фрезы об обработанную поверхность и, следовательно, чистота обработанной поверхности. С увеличением заднего угла уменьшается трение и, следовательно, износ зуба по задней поверхности, т. е. затупление фрезы, что увеличивает срок работы фрезы без переточки и улучшает чистоту обработанной поверхности. Однако с увеличением заднего угла уменьшается угол заострения  $\beta$ , а это приводит к ослаблению зуба и может вызвать его поломку (выкрашивание). Обычно задний угол  $\alpha$  назначают в пределах от  $12^{\circ}$  до  $30^{\circ}$  в зависимости от типа фрезы.

Передний угол  $\gamma$  измеряется в плоскости, перпендикулярной к режущей кромке. *Поперечный передний угол*  $\gamma_1$  измеряется в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы, т. е. в плоскости торца фрезы. Передний угол

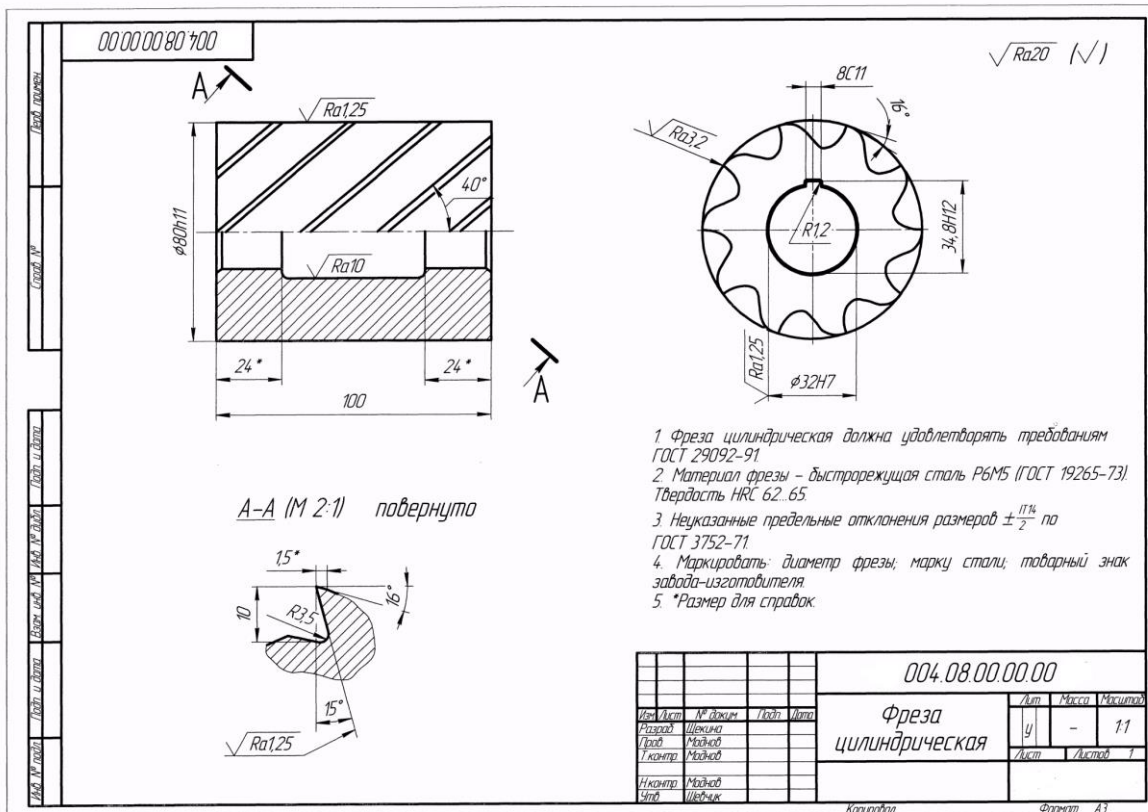
может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Правильно выбранный передний угол способствует лучшему отделению стружки; при этом износ зуба по передней поверхности получается меньшим, что позволяет фрезе работать дольше без переточки. Обычно передний угол  $\gamma$  у цилиндрических фрез назначают в пределах от  $-10$  до  $20^\circ$  в зависимости от твердости обрабатываемого материала и материала режущей части.

Угол заострения  $\beta$  образован передней и задней поверхностями и зависит от величины переднего и заднего углов. Так как прочность зуба фрезы тем больше, чем больше угол заострения  $\beta$ , то вполне понятно желание увеличить этот угол. Однако увеличение угла заострения  $\beta$  затрудняет врезание зуба в обрабатываемый материал, увеличивает потребную мощность на фрезерование и повышает температуру резания. При фрезеровании твердосплавными фрезами сталей повышенной твердости и твердых чугунов во избежание выкрашивания кромки зуба фрезы применяют большие углы заострения  $\beta$ . Увеличение угла заострения  $\beta$  вызывает необходимость уменьшения переднего угла  $\gamma$ , который в некоторых случаях бывает отрицательным. Так, при значениях угла  $\beta = 60^\circ$  угол  $\gamma = 15^\circ$  (рис. 33, а); при  $\beta = 75^\circ$  угол  $\gamma = 0$  (рис. 33, б); при  $\beta = 90^\circ$  передний угол  $\gamma$  приходится делать отрицательным, равным  $-15^\circ$  (рис. 33, в). Задний угол  $\alpha$  принят равным  $15^\circ$ .



*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести выбор конструктивных параметров цилиндрической фрезы и выполнить чертеж



**Форма контроля:** выполненный и оформленный отчет на ф.А4 и рабочий чертеж на ф.А3, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 7,13, 16,18].

## Практическая работа №12

### Выбор режимов резания при зубофрезеровании червячными модульными фрезами и зубодолблении

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку –2 часа

**Цель:** закрепить теоретические знания о расчете режимов резания при зубофрезеровании или зубодолблении.

**Задание:** 1.Исходные данные согласно варианту 2.Выполнить расчет режимов резания

Варианты заданий для выполнения работы при зубофрезеровании

№ варианта	Материал заготовки	Обработка: параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	Число одновременно обрабатываемых заготовок	Зубчатое колесо	$m$	$z$	$b$	$\beta, ^\circ$
					мм			
1	Сталь 45, 190 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	10	Косозубое	3	30	20	15
2	Сталь 40Х, 200 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	6	Прямо-зубое	6	40	35	0
3	Серый чугун, 170 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	8	»	2,5	50	25	0
4	Сталь 12ХН3, 210 НВ	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу); 2,0	4	Косозубое	5	56	42	30
5	Сталь 20Х, 170 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	4	Прямо-зубое	4,5	42	50	0
6	Серый чугун, 190 НВ	Чистовая (по предварительно прорезанному зубу); 2,0	3	Косозубое	6	48	65	30
7	Сталь 35Х, 185 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	6	Прямо-зубое	8	36	30	0
8	Серый чугун, 200 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	4	»	8	44	45	0
9	Сталь 30ХГТ, 200 НВ	Чистовая (по сплошному металлу); 2,0	10	Косозубое	2	48	20	15
10	Серый чугун, 210 НВ	Черновая (под последующее зубодолбление)	3	»	6	64	60	30

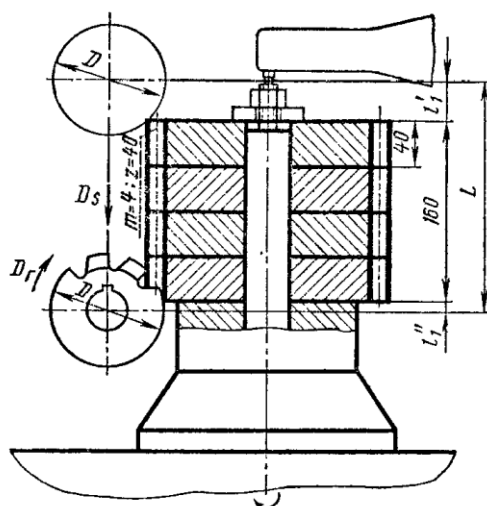


Рисунок 9 Схема обработки при зубофрезеровании  
Варианты заданий для выполнения работы при зубодолблении

№ вари- анта	Материал заготовки	Обработка; параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	$m$ , мм	$z$	$b$ , мм
1	Сталь 40X, 205 HB	Чистовая (по сплош- ному металлу); 2,0	2	46	20
2	Серый чугун, 190 HB	Черновая (под ше- вингование)	4	42	40
3	Сталь 30ХГТ, 200 HB	Чистовая (по пред- варительно проре- занному зубу); 2,0	4,5	40	45
4	Сталь 20X, 170 HB	Черновая (под ше- вингование)	3,5	35	35
5	Серый чугун, 210 HB	Чистовая (по сплош- ному металлу); 2,0	2,5	40	25
6	Сталь 45, 215 HB	Чистовая (по пред- варительно проре- занному зубу); 2,0	5	36	50
7	Сталь 12ХНЗА, 210 HB	Черновая (под ше- вингование)	5	38	35
8	Серый чугун, 180 HB	Чистовая (по пред- варительно проре- занному зубу); 2,0	4	40	55
9	Сталь 35X, 185 HB	Чистовая (по сплош- ному металлу); 2,0	3	32	30
10	Серый чугун, 175 HB	Чистовая (по сплош- ному металлу); 2,0	2	50	24

Примечания: 1. В вариантах чистовой обработки по предварительно прорезанному зубу принять величину припуска на зубодолбление по межцентровому расстоянию  $h = 1,0 \dots 1,4$  мм.

2. При черновом нарезании под шевингование высота зуба колеса при обработке за один рабочий ход составит  $h = 2,2m$  мм. Для этого вида обработки применяются долбяки с модифицированным профилем зубьев. Зубья колеса нарезаются такими долбяками на полную высоту, но с несколько большей толщиной, т. е. с оставлением припуска на шевингование лишь по боковым сторонам зуба.

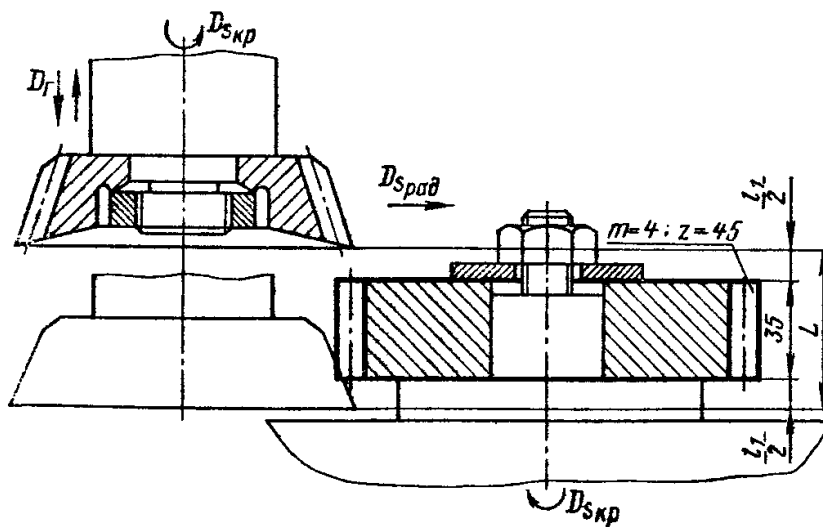


Рисунок 10 Схема обработки при зубодолблении

### *Методика выполнения задания:*

#### *Общие теоретические сведения*

Существует два метода нарезания зубьев зубчатых колес (ЗК): метод копирования и метод обката.

Метод копирования используется в мелкосерийном и единичном типах производства. Режущий инструмент — дисковые и пальцевые модульные фрезы, головки для контурного зубодолбления, протяжки. Режущий контур этих инструментов копирует себя в межзубных впадинах обрабатываемой детали. При этом фрезами и часто протяжками выполняют обработку зубьев методом деления, т.е. обрабатывается одна межзубья впадина, затем поворот заготовки на угловой шаг зубьев для обработки второй впадины и т.д. Обработка малопроизводительная, точность обработки низкая.

По методу обката профиль боковой поверхности зуба изделия образуется постепенно и представляет собой огибающую мгновенных положений в работе режущего контура зубообрабатывающего режущий инструмент. Режущий инструмент — червячные модульные фрезы, долбяки, зубострогальные резцы, резцовые головки, рейки. Режущий инструмент — для чистовой обработки — шевер, хон, притир.

Наиболее высокая точность достигается долбяками и зубострогальными резцами. Однако следует помнить, что такие операции, как зубофрезерование с последующим шевингованием, обеспечивают и производительность и точность более высокую, чем зубодолбление.

К геометрическим параметрам зуборезных РИ относятся форма передней и задней поверхностей зуба, а также передний  $\gamma$ , задний  $\alpha$  углы и угол наклона стружечных канавок  $\omega$  фрез.

#### Порядок выполнения

##### 1. Исходные данные

##### 2. Выбор типа конструкции зуборезного РИ:

2.1. Выбор РИ. Таблица 117 [19, с.296], Таблица 105 [19, с.293], Таблица 15 [19, с.184].

2.2. Класс точности РИ. Таблица 3 [19, с.11].

2.3. Угол заточки передней поверхности инструмента. Таблица 2 [19, с.160].

2.4. Геометрические параметры фрезы. Таблица 15 [19, с.184].

##### 3. Назначение режимов резания.

##### 3.1. Определение глубины резания:

Если нарезание происходит за 1 режущий ход, то  $t = h$ , где  $h$  — высота зуба.

Обычно черновые червячные фрезы, такие, что можно нарезать зубья на полную глубину, но оставляют припуск на чистовую механическую обработку лишь по боковым сторонам зуба. В этом случае  $t = h = 2,2m$

Если мощности станка не достаточно, тогда обработка ведется за 2 прохода.

$$t_{\text{чист}}=0,6\text{h}$$

$$t_{\text{черн}}=1,4\text{h}$$

Назначение подачи:

$$S_p = S_T \cdot K_{MS} \cdot K_{\beta S}$$

3.2.1. Определение классификационной группы станка. Карта 1 [19, с.25].

3.2.2. Назначение подачи. [19, с.26..27].

3.2.3. Корректировка подачи по паспорту. [19, с.426].

4. Период стойкости фрезы. Приложение 3 [19, с.161].

5. Определение скорости главного движения.

5.1. Определение табличного значения скорости резания  $V_m$ ; Карта 4 [19, с.28..35].

5.2. Определение допустимого числа осевых перемещений фрезы, за время ее работы. Карта 11 [19, с.36..37];

5.3. Поправочный коэффициент на скорость.

В этой же таблице (Карта 4 [19, с.28..35]).. поправочный коэффициент для мощности.

$$V_p = V_m \cdot K_{MV} \cdot K_{\omega V} \cdot K_{\beta V} \cdot K_V \cdot \Delta_V$$

6. Частота вращения фрезы:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_\phi}, \text{мин}^{-1}$$

7. Корректировка по паспорту станка. [19, с.426].

8. Действительная скорость резания:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n_\delta}{1000}, \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

9. Мощность, затрачиваемая на резание. Карта 4 [19, с.28...35].

$$N_p = N_m \cdot K_{MN} \cdot K_{\omega N} \cdot K_{\beta N} \cdot K_N$$

10. Проверка мощности привода станка:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{уп}}$$

$$N_{\text{уп}} = N_{\text{двиг}} \cdot \eta$$

11. Определение основного машинного времени:

$$T_o = \frac{L_{px} \cdot Z}{n \cdot S \cdot K}, \text{мин}$$

$L_{px}$  — длина рабочего хода, мм

$$L_{px} = B \cdot n \cdot l_i, \text{мм}$$

где  $n$  - число заходов фрезы;

$Z$  - число зубьев фрезы;

$B$  - ширина венца, мм;



$n_3$  - число одновременно обрабатываемых заготовок, шт.

Смотри примечание 2 [19, с.169], т.к. табличная величина  $l_i$  может быть изменена.

$$l_i = l_i + l_i''', \text{ мм}$$

12. Определение времени, затрачиваемого на обработку одной заготовки:

$$T_{oi} = \frac{T_o}{n_3}, \text{ мин}$$

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчеты режимов резания
3. Результаты расчетов занести в таблицу .

№ варианта	$t$ , мм	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$V_D$ , м/мин	$T_o$ , мин

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 19].

### Практическая работа №13

*Выбор режимов резания при протягивании*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку –2 часа

*Цель:* закрепить теоретические знания о расчете режимов резания при протягивании аналитическим методом.

*Задание:* 1.Исходные данные согласно варианту

2.Выполнить расчет режимов резания

Варианты заданий для выполнения работы

№ вари- анта	Материал заготовки	Размеры отверстия		Конструктивные элементы протяжки							Модель станка
		$D$	$t$	$S_0$	$L$	$l_1$	$t_0$	$z_c$	$\gamma, ^\circ$	Схема резания	
1	Сталь 20, 155 НВ	32Н9	45	0,025	510	265	8	—	18	Профильная	7523
2	Серый чугун, 190 НВ	50Н9	75	0,10	490	285	13	2	8	Переменного резания	
3	Сталь 40Х, 210 НВ	45Н7	58	0,025	580	278	10	—		Профильная	
4	Сталь 12ХН3, 215 НВ	65Н7	110	0,08	780	320	18	2	15	Переменного резания	7534
5	Серый чугун, 170 НВ	60Н9	100	0,05	650	320	16	—	5	Профильная	
6	Сталь 30ХГС, 240 НВ	35Н7	44	0,025	510	265	8	—	12	»	7523
7	Сталь 38ХА, 200 НВ	40Н7	52	0,10	445	272	9	2	15	Переменного резания	
8	Серый чугун, 220 НВ	55Н7	65	0,10	450	285	12	2	5	То же	
9	Сталь 45, 198 НВ	28Н9	40	0,02	510	265	8	—	15	Профильная	7534
10	Сталь 20ХН3А, 232 НВ	70Н7	125	0,07	820	335	20	3	12	Переменного резания	

Примечание.  $\alpha = 3^\circ$ .

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Протягивание — механическая обработка внутренних и наружных поверхностей с прямолинейной образующей с помощью многолезвийного режущего инструмента — протяжки. Заготовка при прямолинейном протягивании неподвижна. Особенно эффективно протягивание сложных и фасонных профилей заготовок. Находит широкое применение в массовом и серийном производствах. В мелкосерийном и единичном производствах обрабатывают поверхности, к которым предъявляются высокие требования к точности и параметрам шероховатости.

Основное отличие протягивания от других методов обработки — отсутствует движение подачи  $D_s$ . Значение подачи заключено в конструкции самого режущего инструмента. Размер каждого последующего зуба протяжки, больше предыдущего на величину, численно равную подаче на зуб  $S_z$ . Каждый зуб только один раз участвует в процессе резания.

Протягиванием обрабатывают различные внутренние и наружные, а также полуоткрытые поверхности.

Существует два варианта протягивания: свободное и координатное.

Все протяжки работают на растяжение, т.к. сила  $P$  прикладывается к замковой части.

Если сила прикладывается к задней части протяжки, то такой метод обработки называют прошиванием, а режущий инструмент — прошивкой. Прошивка работает на сжатие и продольный изгиб. Прошивки чаще всего применяют для калибровки внутренних отверстий высокой точности. Иногда последние секции прошивки или протяжки выполняют полукруглыми

для развальцовки — сглаживания шероховатости и придания поверхности высоких эксплуатационных свойств.

При протягивании применяют профильную, генераторную и прогрессивную схемы срезания припуска.

При профильной схеме срезания припуска геометрическая форма всех зубьев подобна профилю окончательно обработанной поверхности заготовки. Эта схема резания имеет ограниченное применение вследствие трудности изготовления профильных протяжек.

При генераторной схеме срезания припуска первый зуб протяжки имеет круглую форму, все последующие зубья имеют также круглую форму в виде частей окружности — дуг. Они более просты в изготовлении, их проще затачивать повторно и себестоимость их изготовления ниже, чем у протяжек, работающих по профильной схеме. Квадратные, многогранные, координатные протяжки для срезания припуска изготавливают по генераторной схеме.

Прогрессивную схему резания используют, когда профильное и генераторное протягивание невозможно.

В качестве СОТС (СОЖ) при протягивании используют эмульсии, сульфозфрезол, а так же смесь керосина и масла. Обработка чугунных заготовок производится без охлаждения.

Порядок выполнения

1. Выбор исходных данных:
2. Выбор СОЖ [ 20, с.282..283].
3. Выбор оборудования. [20, с. 63..64].

Модель протяжного станка (тип)

Паспортные данные:

Скорость рабочего хода протяжки

$$\frac{M}{V_{р.х.}, мин};$$

Скорость обратного хода

$$\frac{M}{V_{о.х.}, мин};$$

Тяговое усилие станка  $P_c$ , кН. Таблица 8

Мощность э/двигателя, кВт. Таблица 9

КПД станка  $\eta = 0,85$ .

3. Выбор протяжки:

Тип протяжки. Таблица 56 [20, с.163..173]

Размер протяжки.

$L$  -общая длина, мм

$L_1$  -длина до первого зуба, мм

$L_2 = l_p$  - рабочая часть, мм

$i$  - количество проходов

$Z_c$  - число зубьев в секции, шт.

Для не прогрессивных схем (профильной, генераторной)

$$Z_c = 1.$$

Для прогрессивной- см. конструкцию протяжки в соотв. ГОСТ

Наибольшее число одновременно режущих зубьев:

$$Z_i = Z_c = \frac{L_{рез}}{t} = \frac{\text{длина}}{\text{шаг}}$$

$P_o$  - осевая сила протягивания для выбранной протяжки и условий работы.

Геометрия зубьев протяжки. Таблица 59..62 [20, с.170]

Передний угол  $\gamma$

Задний угол  $\alpha$

4. Определение группы обрабатываемости материала по скорости резания. Карта П-2 [2, с.132].

5. Назначение скорости резания  $V$ ,  $\frac{м}{мин}$ . Карта П-2 [20, с.132]. Знать:

Группы обрабатываемости

Вид протягиваемой поверхности

Шероховатость ( $R_a$ )

Точность (кавалитет—старое обозначение—класс).

6. Стойкость протяжки  $T$ , мин. Карта П-5 [20, с.137..138].

7. Число заготовок, протянутых между повторными заточками инструмента:

$$n_{ум} = \frac{1000 \cdot T_p}{L_{рез}}, \text{шт}$$

8. Определение силы резания.

$$P_p = F \cdot \sum B, \text{кгс (перевести в Н)}.$$

$F$  — сила резания на единицу длины режущей кромки. Карта П-3 [20, с.135].

Для круглых отверстий:

$$\sum B = \pi \cdot D \cdot \frac{Z_i}{Z_c}$$

где,  $D$  - наибольший диаметр зубьев –  $D = D_{отв}$ .

$Z_c$  - число зубьев в секции

$Z_i$  - наибольшее число одновременно режущих зубьев (округлить до большего числа)

$$Z_i = Z_e = Z_c = \frac{L_{рез}}{t} + 1$$

Для шпоночных пазов и шлицевых отверстий:

$$\sum B = \frac{b_n \cdot n}{Z_c} \cdot i$$

где  $b_n$  - ширина паза (плоскости или уступа);

$n$  - число шпонок.

9. Сравнение рассчитанного значения силы резания с ориентировочным значением усилия  $P_o$  - осевой силы протягивания (для конструкции протяжки и условий работы) и с  $P_{доп}$  -тяговым усилием станка.

$$P_{расч} < P_o < P_{доп}$$

$P_o$  – осевая сила протягивания (приложение к методическим указаниям).

$P_{доп}$  — допускаемая сила протягивания. (Смотри в исходных данных по паспорту станка.

10. Мощность резания  $N_{рез}$  (кВт). Карта П-4 [20, с.136].

Обработка возможна при условии:

$$N_{рез} < N_{шт}, кВт$$

$N_{шт}$  - мощность шпинделя.

$$N_{шт} = N_{двиг} \cdot \eta, кВт$$

11. Допустимая скорость по мощности станка:

$$V_{доп} = \frac{60 \cdot 102 \cdot N_{шт}}{P}, \frac{м}{мин}$$

Должно выполняться условие:

$$V < V_{доп}$$

12. Определение основного машинного времени

$$T_o = \frac{L_{рх}}{1000 \cdot V \cdot q} \cdot K_1 \cdot i, мин$$

где  $q$  - число одновременно обработанных заготовок.

12.1 Определение длины рабочего хода протяжки:

$$L_{рх} = L_n + L_{рез} + L_{доп}, мм$$

Длина рабочей части протяжки:

$$L_n = L - L_1, мм$$

$L$  - общая длина протяжки;

$L_1$  - длина протяжки до 1-го зуба;

$L_{доп}$  - перебег;

$$L_{доп} = 30...50 \text{ мм}$$

$K_1$  -коэффициент;

$$K_1 = 1 + \frac{V}{V_{ох}}$$

$V_{ох}$  - скорость обратного хода;

$i$  –число проходов.

Таблица 8 — протяжки круглые ГОСТ 20365-74

D отверстия, мм	Длина протягивания, мм		Усилие протягивания $P_o$ , Н при переднем угле $\gamma$		
	Сталь и алюминиевые сплавы	Чугуны, бронза, Латунь	20	15	10

10 - 13	10,5 - 34	10,5 - 34	6650 - 8140	7450 - 9300	8820 - 11150
14 - 15	15 - 53	15 - 53	10000 - 11100	11200 - 12300	13420 - 14400
15 - 20	22 - 90	30 - 100	930 - 21300	10600 - 24100	12850 - 28700
20 - 25	30 - 53	31 - 63	21300 - 34900	24100 - 38700	28700 - 43700
25 - 30	40 - 110	40 - 135	40000 - 55200	44300 - 61300	50700 - 68800
30 - 35	21 - 46	21 - 63	51000-	68800	75000
35 - 40	24 - 58	24 - 85	73200	79000	88500
40 - 45	40 - 118	40 - 160	110000	120000	135000
45 - 50	40 - 118	40 - 160	127000	138000	155000
50 - 55	24 - 58	24 - 85	101000	109000	122000
55 - 60	24 - 58	24 - 85	110000	119000	133000
60 - 65	40 - 130	40 - 185	186500	197000	227000
65 - 70	42 - 170	42 - 215	214000	231000	260000
70 - 75	42 - 150	42 - 215	224000	244000	274000
75 - 80	26 - 63	26 - 95	148000	159000	178000
80 - 85	42 - 190	42 - 230	274000	296000	333000
85 - 90	40 - 120	40 - 175	240900 288000	259000 313000	290200 350800

Таблица 9 - Размеры элементов круглой протяжки ГОСТ 20365-74 (выбор из ГОСТа)

D <sub>отв</sub> = D <sub>про-</sub> тяжки до	L Общая длина про- тяжки, мм	l <sub>1</sub> длина до пер- вого зуба, мм	l <sub>2</sub> длина черно- вых зубьев, мм	l <sub>3</sub> длина чисто- вых зубьев, мм	Зубья протяжек				Число выкру- жек
					Черновые и пере- ходные		Чистовые и калиб- рующие		
					чис- ло Z	t ша г мм	Z	t <sub>1</sub> , мм	N
14	460 - 590	255	84	99	12	7	18	5	4
15	580 - 655	270	162	113	18	9	16	6	4
20	550 - 625	270	144	113	16	9	16	6	6
25	800 -	320	262	161	20	13	16	9	6

	875								
30	775 - 875	345	208	161	16	13	16	9	6
36	600 - 700	295	140	129	10	7	16	7	8
40	850 - 950	370	252	177	18	14	16	10	8
45	650 - 750	320	176	129	16	11	16	7	10
50	650 - 750	320	176	129	16	11	16	7	10
55	650 - 750	320	176	129	16	11	16	7	10
60	690 - 790	350	176	129	16	11	16	7	12
65	690 - 790	350	176	129	16	11	16	7	12
70	1060- 1160	465	288	225	16	18	16	13	12
75	1060- 1160	485	288	225	18	18	16	13	12
80	825 - 925	400	324	225	18	18	16	13	14
85	875 - 975	425	224	177	16	14	10	7	14
90	1220- 1320	510	360	241	18	20	16	14	14
10-13	360 - 430	210	70 - 120	64 - 80,5	12 - 20	5 - 6	16 - 18	4 - 4,5	4

Таблица10 Усилие протягивания ГОСТ 18217-90

Для определения протягивания для закаленных сталей и других металлов величину $P_0$ следует умножить на коэффициент К		
Сталь I-У гр. обрабатываемости в закаленном состоянии	НВ	К
	<285	1,2
	285-335 336-375	1,3
Инструментальные легированные б/с стали марки X15	204-229	1,4
Чугуны У1-У11 гр. обрабатываемости	<229	0,5
	>229	0,7

Бронзы, латуни У111 и 1Х гр. обрабатываемости	<110	0,4
Алюминиевые сплавы Х гр. обрабатываемости	<110	0,4

Таблица 11 – краткая техническая характеристика протяжных горизонтальных станков

Станок	Номинальная тяговая сила $P_c$ , кН	Длина хода каретки, мм	Скорость раб. хода, м/мин	Скорость обратн. хода, м/мин	Мощность эл. двиг. главн. привода, кВт	Масса станка, т
7Б55У	98	1250	1,5-11,5	20-25	17	4,7
7Б56	196	1600	1,5-11,5	20-25	30	9,2
7Б55	98	1250	1,5-11,5	20-25	17	6,5
7Б57	32	2000	1,5-6,15	20-25	40	15,8
7Б54	49	1000	1,5-11,9	20-25	10	6,3
7Б58	74	2000	0,5-3,6	10	55	21,4
7А520	196	1600	1,5-11,0	25	20	9,0

Таблица 12 – краткая техническая характеристика вертикально-протяжных станков

Станок	Номинальная тяговая сила, кН	Длина хода каретки, мм	Скорость раб. хода, м/мин	Скорость обр. хода, м/мин	Мощность эл. двиг. гл. привода, кВт	Масса станка, т	Протяжение
7Б75Д	98	1250	1,5-11,4	—	30	15,8	-//-
7Б76Д	196	1260	1,5-11,4	—	22	12,6	-//-
7Б77	392	1600	1,0-7,9	14	40	27,0	наружн.
7Б75	98	1250	1,5-11,4	20	22	7,8	внутр.
7Б66	196	1250	1,5-13,0	20	30	11,4	-//-
7Б67	392	1600	1,0-7,9	14	40	18,5	-//-
7Б75	98	1260	1,5-11,4	20	22	8,5	наружн.
7Б74	49	1000	1,5-11,5	20	10	4,9	-//-



7Б64	49	1000	1,5-11,5	20	10	5,0	внутр.
7Б76	196	1250	1,5-13,0	20	30	10,6	наруж н.
7Б68	764	1600	1,0-8,0	—	40x2	22,8	внутр.
7А710 Д	98	1000	1,5-13,0	—	14	—	наруж н.
7А720 Д	196	1250	1,5-13,0	—	20	—	-//-

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести расчеты режимов резания
3. Результаты расчетов занести в таблицу .

№ вариан- та	$t$ , мм	$V$ , м/мин	$n$ , об/мин	$V_D$ , м/мин	$T_0$ , мин

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 20].

#### Практическая работа № 14

##### *Расчет и конструирование круглой протяжки*

Количество часов на выполнение: 2 часа, из них на практическую подготовку –2 часа

*Цель:* Ознакомится с классификацией, назначением и применением протяжки.

Ознакомится с последовательностью выбора конструктивных размеров и конструирования круглой протяжки.

Задание: 1.Исходные данные согласно варианту

Варианты заданий для выполнения работы

№ варианта	$D$	$D_0$	$l_n$	Модель станка
1	30H8	28,9	50	7523
2	27H9	25,9	45	
3	25H9	23,9	40	
4	22H8	20,9	35	
5	20H7	19,1	30	
6	32H7	30,8	70	7534
7	36H7	34,8	75	
8	45H8	43,7	90	
9	55H8	53,6	100	7A540
10	65H9	63,6	120	

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Протяжки предназначены для обработки внутренних отверстий различной формы (рис. 13) и для обработки наружных поверхностей. Резание этими многозубыми инструментами осуществляется за счёт увеличения высоты или диаметра каждого последующего зуба по отношению к предыдущему.

Протяжки получили широкое распространение из-за следующих достоинств:

- высокая точность обработки (6-7 квалитет) и качество поверхности ( $R_a=0,5 - 1,0$  мкм);
- высокая стойкость;
- большая производительность.

В то же время протяжки имеют недостатки:

- сложность в изготовлении и эксплуатации;
- специализированность.

По способу приложения силы к инструменту – растягивающая или сжимающая – различают протяжки (рис.14) и прошивки.

В зависимости от характера работы различают протяжки: режущие, калибрующие и выглаживающие.

Протяжки могут работать как одиночные, так и в комплекте из 2 – 3 и более штук.

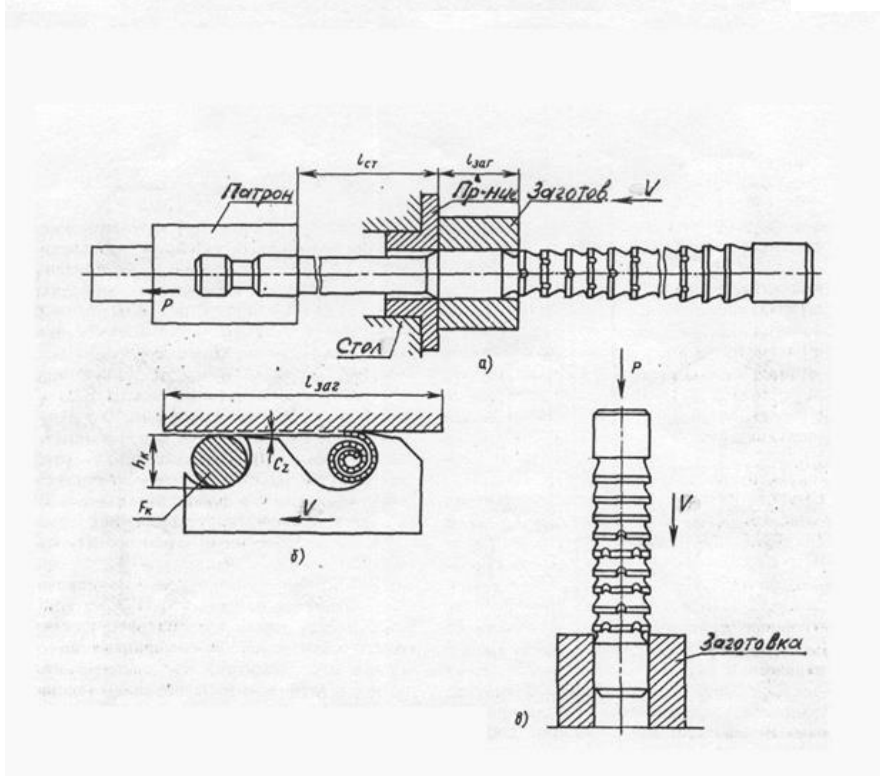
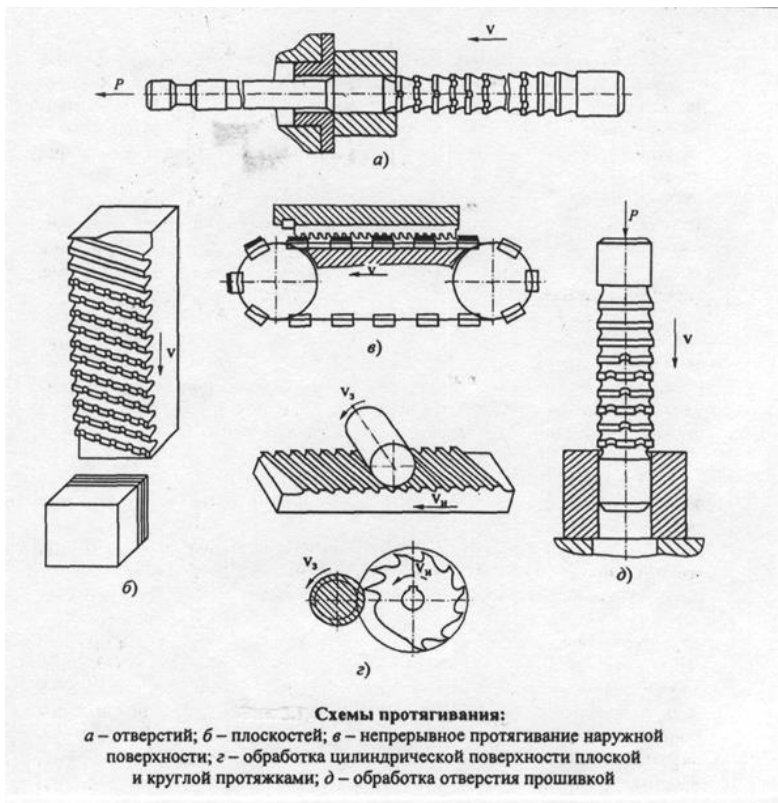
Диаметры протягиваемых отверстий обычно 6 – 100 мм.

*Конструктивные элементы протяжки для отверстия*

Протяжка для отверстия состоит из присоединительной части, рабочей части и задней направляющей и включает в себя: хвостовик ( $l_1$ ), шейку ( $l_2$ ), переходный конус ( $l_3$ ), переднюю направляющую ( $l_4$ ), режущую часть ( $l_5$ ), калибрующую часть ( $l_6$ ), заднюю направляющую ( $l_7$ ) и цапфу ( $l_8$ ), которая может отсутствовать.

Отверстие под протяжку выполняется сверлом, зенкером или черновой развёрткой, а также – растачиванием.

Диаметра хвостовика должен быть меньше диаметра отверстия на 2-5мм.



Длина шейки должна компенсировать толщину стола станка и приспособления с тем, чтобы хвостовик можно было закрепить в патроне станка.

Передняя направляющая служит для центрирования оси заготовки относительно оси протяжки.

Режущие зубья протяжки предназначены для снятия основного припуска. Толщина слоя металла, срезаемого одним зубом, зависит от обрабатываемого материала и конструкции протяжки:

$$S_z = 0,02 - 0,15 \text{ мм.}$$

Калибрующая часть протяжки предназначена для окончательного оформления протянутой поверхности по точности обработки и шероховатости.

Расстояние между лезвиями режущих зубьев – шаг – является одним из основных параметров протяжки. В стружечных канавках должна размещаться стружка, поэтому существует разная форма канавок и размеры. Геометрические параметры зубьев – передний угол ( $\gamma = 5^0 - 20^0$ ) и задний угол ( $\alpha = 2^0 - 3^0$ ) – выбираются в зависимости от обрабатываемого материала и назначения протяжки.

Для облегчения схода стружки на режущих зубьях выполняются стружкоразделительные канавки.

Число зубьев режущей части определяется по формуле:

$$Z_p = A/2S_z + (2-3) \text{ зуба,}$$

где: А припуск на диаметр в мм;

$S_z$  – толщина слоя, срезаемого одним зубом (подъём на зуб) в мм.

При протягивании отверстий из-за неточности изготовления протяжки или тонкостенности заготовки наблюдается явление «разбивания» отверстия, что есть его увеличение или уменьшение по отношению к теоретически правильному. Величина «разбивания» установлена опытным путём и находится в пределах:

$$\delta = \pm 0,01 \div 0,03 \text{ мм.}$$

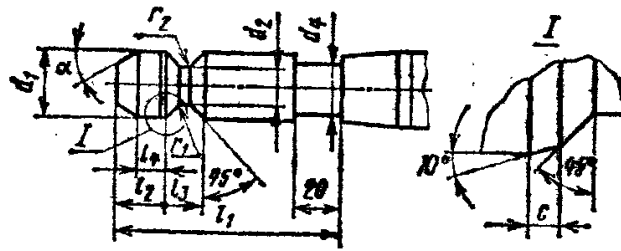
Калибрующая часть протяжки содержит 4 ÷ 8 зубьев, которые имеют одинаковую высоту и меньшую стружечную канавку. Задний угол их  $\alpha = 0^{\circ}30' - 1^{\circ}$ .

Проверка протяжки на прочность проводится в двух опасных сечениях – по впадине хвостовика и по впадине перед первым режущим зубом. Для этого определяется сила резания и находится напряжение растяжения, которое сравнивается с допустимым:

$$\sigma_{\text{раст.}} = P_p/F \leq [\sigma_{\text{раст.}}],$$

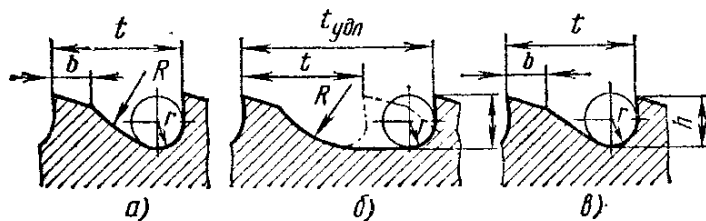
где:  $P_p$  – осевая сила резания в МПа;  $F$  – площадь опасного сечения в  $\text{мм}^2$ .

101. Размеры круглых восточников протяжек (ГОСТ 4044—70\*)



$d_1$ сб.	$d$ (с11)	$d_4$ (0,5— 1)	$c$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$r_1$	$r_2$	$\alpha, ^\circ$						
											мм					
12	8	12	0,5	120	20	20	12	0,2	0,6	10						
14	9,5	14						0,3		140	25	25	16	1,0	20	
16	11	16														
18	13	18														
20	15	20	1	160	32	32	20	0,4	1,6	30						
22	17	22						0,5			180	40	40	25	0,6	4,0
25	19	25														
28	22	28														
32	25	32	1,5	210	50	50	32	0,8	6,0	30						
36	28	36						2			240	70	70	40	1,0	
40	32	40														
45	34	45														
50	38	50	2	270	80	80	40	1,2	5,0	30						
56	42	56														
63	48	63														
70	53	70	2	300	90	90	40	1,5	6,0	30						
80	60	80														
90	70	90														
100	75	100	2	330	100	100	40	1,8	7,0	30						
110	80	110														
120	85	120														

### 106. Размеры профилей зубьев протяжек

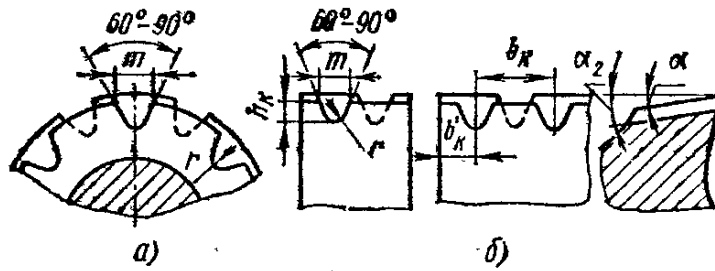


Шаг прот- яж- ки	Криволинейная форма стружечной канавки (эскиз а и б)					Прямолинейная форма стружечной канавки (эскиз в)			
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	<i>R</i>	$F_{\text{к}}$ мм <sup>2</sup>	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>r</i>	$F_{\text{к}}$ мм <sup>2</sup>
	мм					мм			
4	1,6	1,5	0,8	2,5	1,91	—	—	—	—
5	2,0		1,0	3,5	3,14	—	—	—	—
6	2,5	2	1,25	4	4,91	2,0	2,5	1,0	3,0
7	3	2,5	1,5		7,06	2,3	3,0	1,25	5,8
8		3	5	7,06	2,7	3,5	1,5	7,0	
10	4	3	2,0	7	12,56	3,6	4,0	2,0	12,5
12	5		2,5	8	19,62	4,5	4,5	2,5	19,3
14	6	4	3,0	10	28,25	5,4	5,0	3,0	27,9
16	7	4	3,5	12	38,46	6,3	5,5	3,5	38,0
18	8				50,0	7,2	6,0	4,0	49,6
20	9	5	4,5	14	63,58	8,1	6,5	4,5	62,7
22	10		5,0	16	78,5	9,0	7,0	5,0	78,0

Примечания: 1. Для каждой глубины стружечной канавки  $h$  разрешается применять профиль с удлинённым шагом  $t_{удл}$  при сохранении остальных элементов. Профиль выполняется тем же резцом путем его продольного перемещения.

2. Криволинейная форма стружечной канавки (см. эскизы а и б) обеспечивает хорошие условия стружкообразования и применяется в первую очередь на протяжках переменного и других сложных схем резания.

108. Число и размеры, мм, стружкообразительных канавок на режущих зубьях протяжек



Цилиндрические протяжки (эскиз а)

Диаметр протяжки $D$	Число канавок $n$	$m$	$h_k$	$r$
10—18	6	0,6—0,8	0,4—0,6	
13—16	8			
16—20	10			
20—25	12			
25—30	14	0,8—1,0	0,5—0,7	0,2—0,3
30—35	16			
35—40	18			
40—45	20			
45—50	22			
50—55	24			
55—60	28			
60—65	30	1,0—1,2	0,7—0,8	0,3—0,4
65—70	32			
70—75	34			
75—80	36			

Шпоночные, шлицевые и плоские протяжки (эскиз б)

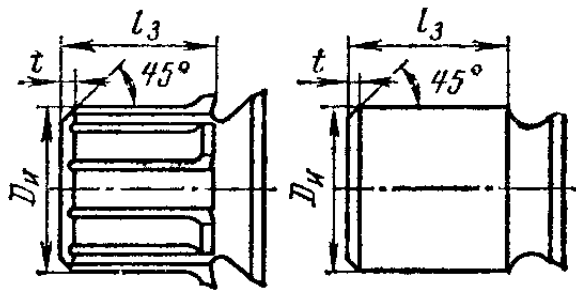
Ширина зуба протяжки $B$	Число канавок $n$	$m$	$h_k$	$r$
6—8	1	0,8—1,0		
8—10	1			
10—20	2		0,5—0,7	0,2—0,3
20—30	3			
30—45	4			
45—60	6			
65—75	8	1,0—1,2		
75—100	10			
100—125	12		0,7—0,8	0,3—0,4
125—150	14			

Примечания: 1. Расстояние между канавками  $b_H = \frac{\pi D}{n}$  или  $b_H = \frac{B}{n}$ .

2. Расстояние от боковой стороны протяжки до первой канавки  $b'_k = 0,4b_k$ .

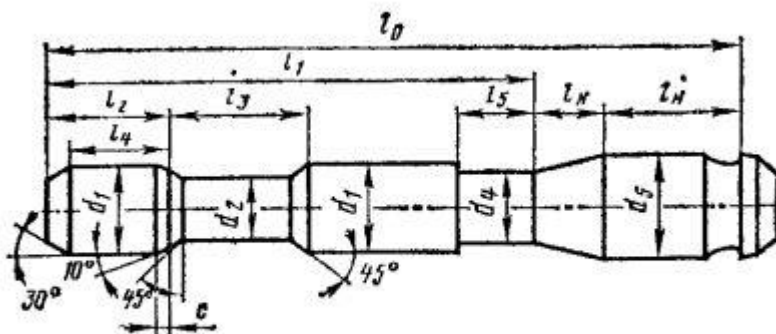
3. Дно канавки параллельно задней поверхности,  $\alpha_2 = \alpha$ .

### 111. Размеры, мм, задней направляющей протяжек



Диаметр задней направляющей $D_H$	Длина задней направляющей $l_3$	Размер фаски $t$
До 13	20	0,5
13—23	20	1,0
23—30	25	1,5
30—35	30	1,5
35—40	35	1,5
45—50	40	2,0
55—60	45	2,0
60—70	50	2,0
70—90	60	2,5
90—100	70	2,5
Св. 100	80	3,0

Примечания: 1. Для круглой протяжки  $D_H$  равен наименьшему диаметру протянутого отверстия. Предельное отклонение диаметра задней направляющей — по  $f7$ . 2. Для шлицевой протяжки  $D_H$  должен быть меньше внутреннего диаметра шлицевого отверстия на 0,5—0,8 мм.



Хвостовик протяжки под быстросменный автоматический патрон

Требования к оформлению отчетного материала:



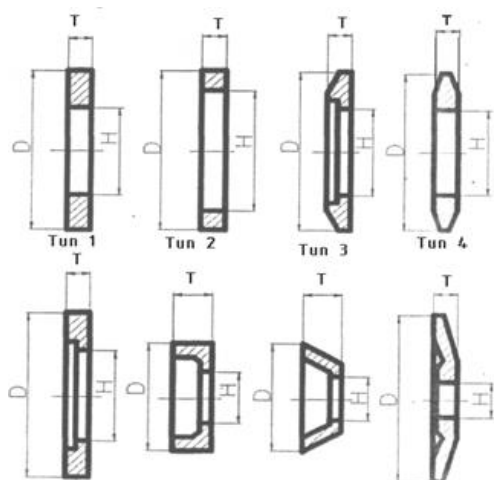


№ варианта	Материал заготовки	Шлифование	Обработка: параметр шероховатости $R_a$ , мкм
1	Сталь 45ХН закаленная, 45 HRC <sub>9</sub>	Внутреннее	Чистовая; 0,5
2	Серый чугун, 220 НВ	»	Предварительная; 2,0
3	Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т	»	Чистовая; 1,0
4	Сталь У7А закаленная, 61 HRC <sub>9</sub>	Плоское, торцом круга	Чистовая; 1,0
5	Серый чугун, 190 НВ	То же	Предварительная; 2,0
6	Сталь Ст5 незакаленная	Плоское, периферией круга	То же
7	Сталь 40 закаленная, 37 HRC <sub>9</sub>	То же	Чистовая; 1,0
8	Сталь 45Х незакаленная	Наружное круглое в центрах с продольной подачей	Предварительная; 2,0
9	Серый чугун, 200 НВ	То же	Чистовая; 1,0
10	Сталь 40Х закаленная, 53 HRC <sub>9</sub>	Наружное круглое в центрах с радиальной подачей	Чистовая; 0,5

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Точность и качество обработанной поверхности формируется в основном на операциях обработки с использованием абразивного инструмента, который представляет собой пористую структуру, включающую абразивные (режущие) зерна, соединенные связкой, и поры. Форма, размеры и характеристика шлифовальных кругов нормируются ГОСТ 2424-83. На рисунке 19 приведены формы сечений шлифовальных кругов, наиболее применяемых в машиностроении.



Рисунке 10 Формы сечений шлифовальных кругов (D - наружный диаметр, T - высота, H - диаметр посадочного отверстия)

Форму абразивного инструмента выбирают в зависимости от конструкции станка, крепежных приспособлений и характера выполняемой работы.

Таблица 13 Применение основных типов шлифовальных кругов

Тип шлифовально-	Назначение
Плоские, прямого профиля (тип 1)	Универсальное применение. Наиболее распространенные виды шлифования в зависимости от диаметра круга, мм: до 150 - внутреннее шлифование; 150 - 500 - заточка инструментов; 250 - 1100 - круглое наружное шлифование; 250 - 600 - бесцентровое шлифование; 200 - 450 - плоское шлифование периферией круга; 150 - 600 - ручное обдирочное шлифование;
Плоские с коническим профилем	Резьбошлифование; шлицшлифование; зубошлифование (тип 4); заточка некоторых видов многолезвийного инструмента (тип 3); одновременная обработка наружного диаметра и прилегающего к нему торца детали за счет разворота круга под определенным
Кольцевые (тип 2)	Плоское шлифование торцом круга
Чашечные цилиндрические (тип 6)	Заточка и доводка режущего лезвийного инструмента; внутреннее и плоское шлифование (например, шлифование направляющих станин и корпусных деталей).

При выборе размеров шлифовального круга следует выбирать, возможно, большие диаметр и ширину, так как это улучшает условия шлифования и снижает стоимость обработки.

Характеристика абразивного инструмента включает вид абразивного материала, размер режущих зерен, содержание основной фракции, твердость круга, номер структуры и вид связки.

В качестве абразивного материала используются: электрокорунд (условное обозначение: 14А, 15А - электрокорунд нормальный, 23А, 24А - электрокорунд белый, 32А, 33А - электрокорунд хромистый и т. д.), карбид кремния (55С, 63С) алмаз (АСО, АСК, АСВ), эльбор (Л, ЛО, ЛС).

Размер зерна, или зернистость, указывается цифрой. Содержание основной фракции указывается при помощи индексов: В - высокое, П - повышенное, Н - нормальное, Д - допустимое Твердость круга характеризует способность связки удерживать зерна под нагрузкой и обозначается буквами М1, М2, М3 (мягкие круги), СМ1, СМ2 - (средне мягкие), С1, С2, С3 -

(средние) и т. д. Номер структуры характеризует объемное соотношение между зернами, связкой и порами и обозначается цифрами 0...3 (плотные), 4...9 (нормальные структуры), 10...12 (открытые). Наибольшее применение получили 6... 10 номера структур. В качестве связки используются вулканитовая (условное обозначение - В1, В2), бакелитовая (Б1, Б2, Б15) и керамическая (К5, К516 и т. д.).

Размер зерен основной фракции в мкм можно определить, умножив значение зернистости инструмента на 10. Например, зернистость шлифовального круга 40. Следовательно, размер зерен основной фракции 400 мкм.

На одной из сторон шлифовального круга водостойкой краской наносят условное обозначение, называемое маркировкой круга. Для инструментов диаметром менее 40 мм характеристика наносится на этикетке, наклеиваемой на коробку.

Маркировка круга должна содержать: код круга по классификатору продукции (ОКП); сокращенное наименование завода - изготовителя или его товарный знак (марку); типоразмер круга по ГОСТ 2424-83 (на кругах диаметром 250 мм и более); марку шлифовального материала; зернистость и ее индекс; степень твердости; номер структуры; марку связки (на кругах диаметром 50 мм и более); рабочую окружную скорость (для кругов диаметром 150 мм и более); класс точности инструмента; класс неуравновешенности (на кругах диаметром 250 мм и более и высотой 6 мм и более); номер маршрутного листа.

Иногда делают сокращенную маркировку шлифовальных кругов.

Например:

**44А 40 С2 6 К5** - монокорунд 44А, зернистость 40, твердость С2, структура 6, связка керамическая К5;

**63С 16 СМ1 5 К3** - карбид кремния зеленый 63С, зернистость 16, твердость СМ1, структура 5, связка керамическая К3;

**24А 72 С В-** электрокорунд белый 24А, зернистость 72, твердость С, связка вулканитовая В;

**54 С 80 СТ2 Б** - карбид кремния черный 54С, зернистость 80, твердость СТ2, связка бакелитовая Б.

При выборе шлифовального круга приходится учитывать большое количество различных факторов, в частности вид шлифования, конструкцию и габариты шлифуемой детали и используемого оборудования, марку и физико-механические свойства обрабатываемого материала, величину припуска и требования к шероховатости и точности обрабатываемых поверхностей, размеры зоны контакта и т. п.

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести выбор шлифовального круга от вида обрабатываемого материала. Обосновать маркировку.

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 13, 16, 20].

*Цель:* закрепить теоретические знания по теме при выборе режимов резания при шлифовании.

*Задание:* 1. Исходные данные согласно варианту 2. Выполнить расчет режимов резания

Варианты заданий для выполнения работы

№ варианта	Материал заготовки — сталь	Обработка; параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм	$d_3$	$l$	$l_1$	$\dot{a}$	Движение подачи
			мм				
1	У7А закаленная, 61 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 1,0	60	350	410	0,22	Продольное, напроход
2	40X закаленная, 53 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 0,5	55	20	140	0,15	Радиальное
3	Ст5 незакаленная	Предварительная; 2,0	90	400	600	0,25	Продольное, напроход
4	45X закаленная, 46,5 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 1,0	75	50	350	0,18	Радиальное
5	40 закаленная, 36,5 HRC <sub>9</sub>	То же	100	380	700	0,25	Продольное, напроход
6	35 незакаленная	Предварительная; 2,0	80	300	550	0,25	То же
7	45XН закаленная, 43,5 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 0,5	50	35	285	0,15	Радиальное
8	40 незакаленная	Чистовая; 1,0	45	270	320	0,2	Продольное, напроход
9	То же	Предварительная; 2,0	120	500	750	0,25	То же
10	40XНМА, закаленная, 56 HRC <sub>9</sub>	Чистовая; 0,5	65	240	300	0,2	»

*Методика выполнения задания:*

*Общие теоретические сведения*

Шлифование является одним из производительных методов обработки различных поверхностей. Обработка осуществляется абразивным инструментом (АИ), абразивные зерна которых являются режущими элементами. Абразивные зерна в АИ закреплены связующим компонентом — связкой с обязательным наличием пор. Особенностью шлифования является одновременное микрорезание несколькими зернами, каждое из которых имеет два-три режущих лезвия и более, у каждого режущего лезвия свои угловые параметры  $\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \lambda$ . Абразивные зерна находятся на различной высоте.

Схемы шлифования:

- наружное круглое шлифование в центрах (глубинное, врезное, шлифование двух взаимно перпендикулярных поверхностей);
- плоское шлифование периферией и торцом круга;
- внутреннее шлифование;
- внутреннее шлифование с планетарной подачей;
- бесцентровое шлифование;
- профильное шлифование.

Различают два вида шлифования: обычное ( $V_{кр}=35\text{м/с}$ ) и скоростное ( $V_{кр}=50\text{м/с}$ ).

Порядок выполнения

Характеристика ШК согласно ГОСТ 2424-83 включает в себя элементы:

тип круга;

основные размеры. Таблица 169..172 [20, с.252..253];

- марка абразивного материала / а/м /. Таблица 160 [20, с.242];

зернистость. Таблица 161 [20, с.245];

индекс зернистости;

твердость. [20, с.248..249];

номер структуры круга. Таблица 167 [20, с.249];

класс шлифовального круга [20, с.250];

допустимая окружная скорость круга — это такая скорость, при которой обеспечивается безопасная работа. Различают два вида шлифования: обычное —  $V=35\text{м/с}$ , и скоростное —  $V=50\text{ м/с}$

связка [20, с.247];

Пример обозначения:

шлифовального круга ПП 400 х 40 х 305

I5A, 25Н, С1, 7, К1, А, 35 м/с

ПП - плоский прямой профиль

400 -диаметр круга

40 - ширина круга

305 – посадочный диаметр круга

I5A - нормальный электрокорунд на керамической связке, класс А

25Н - для зернистости Н, содержание фракции 25%

С1 - средняя твердость

7 - номер структуры круга

К1 - обычное шлифование электрокорундом на керамике

А - класс точности

35 м/с – окружная скорость.

2. Назначение режимов резания

Частота вращения шлифовального круга:

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{кр}}{\pi \cdot D_{кр}}, \text{ мин}^{-1}$$

Определение частоты вращения изделия  $n_{изд.}, мин^{-1}$ . Таблица 6.15 [20, с.272].

Определение продольной минутной подачи,  $S_{np}, \frac{мм}{мин}$  Таблица 6.15 [20, с.272]

Определение поперечной подачи на ход стола,  $S_{non}, \frac{мм}{ход}$ . Таблица 6.16 [20, с.273].

Определение поправочных коэффициентов. Таблица 6.17 [20, с.275..276].

Определение рабочей поперечной подачи на ход стола:

$$S_{non.p.} = S_{non} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \frac{мм}{ход}$$

Определение основного времени на шлифование

$$T_o = \frac{L_D \cdot Z}{S_{np} \cdot S_{non.p.}}, мин$$

*Требования к оформлению отчетного материала:*

1. Записать условие задания и данные согласно варианту.
2. Произвести выбор шлифовального круга от вида обрабатываемого материала. Обосновать маркировку.
3. Рассчитать режимы резания

*Форма контроля:* выполненный и оформленный отчет на ф.А4, сдать преподавателю на проверку.

Ссылки на источники: [1, 2, 3, 13, 16, 20].