

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИнЭО  
\_\_\_\_\_ С.И. Качин

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

## **РЕЗАНИЕ МАТЕРИАЛОВ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ**

Методические указания и индивидуальные задания  
для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению  
150700 «Машиностроение»,  
профиль «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных  
производств»

*Составитель А.Б. Ким*

<b>Семестр</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Кредиты		2	4	3
Лекции, часов	2	8	6	
Лабораторные занятия, часов		4	6	
Практические занятия, часов				4
Консультации по выполнению курсового проекта, часов			2	6
Индивидуальные задания		№ 1	№ 2	
Самостоятельная работа, часов		54	40	78
Формы контроля		зачет	экзамен	диф. зачет

Издательство  
Томского политехнического университета  
2014

УДК 621.96; 621.9.02

Резание материалов и режущий инструмент: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИнЭО, обучающихся по напр. 150700 «Машиностроение», профиль «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» / сост. А.Б. Ким; Томский политехнический университет.— Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013.— 72 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры технологии автоматизированного машиностроительного производства «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 года, протокол № \_\_\_\_.

Зав. кафедрой ТАМП,  
доцент, кандидат техн. наук \_\_\_\_\_ А.Ю. Арляпов

#### **Аннотация**

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Резание материалов и режущий инструмент» предназначены для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 150700 «Машиностроение», профиль «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств». Данная дисциплина изучается в трех семестрах.

Программа предусматривает изучение студентами физических основ процесса резания, закономерностей изнашивания и разрушения режущих инструментов, вопросов конструирования и эксплуатации режущих инструментов.

Приведен перечень основных тем дисциплины, указаны темы курсового проекта и варианты индивидуальных домашних работ, а также темы лабораторных работ и практических занятий.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ ....	7
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ ....	34
3.1 Перечень лабораторных работ .....	34
3.2 Тематика практических занятий .....	34
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ .....	35
4.1 Общие методические указания .....	35
4.2 Методические указания к ИДЗ №1 .....	36
4.3 Методические указания к ИДЗ №2 .....	45
5. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ .....	50
5.1 Методические указания по выполнению курсового проекта .....	50
6. Промежуточный контроль.....	53
6.1 Вопросы для подготовки к зачету (8 семестр) .....	53
6.2 Образец зачетного билета.....	66
6.3 Вопросы для подготовки к экзамену (9 семестр) .....	66
6.4 Образец экзаменационного билета .....	69
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	70
7.1 Литература обязательная .....	70
7.2 Литература дополнительная .....	70

## **1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Целью изучения дисциплины является приобретение знаний о физической сущности и основных теоретических закономерностях процесса обработки материалов резанием и освоения принципов проектирования современных конструкций режущих инструментов.

Дисциплина «Резание материалов и режущий инструмент» относится к вариативной части профессионального цикла. Изучению дисциплины «Резание материалов и режущий инструмент» предшествует изучение дисциплин (пререквизиты) «Технология конструкционных материалов», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Материаловедение» и «Основы технологии машиностроения».

Из дисциплины «Технология конструкционных материалов» студент должен знать:

- методы получения исходных заготовок;
- методы обработки резанием заготовок, конструкции основных видов металлорежущих инструментов и типов металлорежущих станков;
- методы электрофизической и электрохимической обработки заготовок;
- основные способы сварки.

Из дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» студент должен знать:

- принципы построения единой системы допусков и посадок для типовых соединений деталей машин;
- правила обозначения на машиностроительных чертежах допусков размеров, формы и расположения поверхностей деталей и посадок в их соединениях;
- инструменты и приборы для измерения и контроля размеров, погрешности формы, расположения поверхностей, шероховатости поверхности, их метрологические характеристики, особенности настройки и поверки;
- основные методы и средства определения геометрической точности деталей.

Из дисциплины «Материаловедение» студент должен знать:

- механические свойства и технологические показатели конструкционных материалов;
- методы термической и химико-термической обработки металлов и их сплавов.

Из дисциплины «Основы технологии машиностроения» студент должен знать:

- принципы проектирования технологических процессов;

- последовательность обработки поверхностей в зависимости от требований к качеству и точности поверхностей деталей;
- принципы назначения видов оборудования в зависимости от точности и серийности производства;
- состав и расчет штучно-калькуляционного времени выполнения операции.

Параллельно с дисциплиной «Резание материалов и режущий инструмент» в разных семестрах изучаются следующие дисциплины (коррективы): «Металлообрабатывающие станки» (8 и 9 семестры), «Технологическая оснастка» (8 семестр), «Технология машиностроения» (8 и 9 семестры), «Технические измерения в машиностроении» (10 семестр).

В результате освоения дисциплины «Резание материалов и режущий инструмент» студент должен:

**Знать:**

- физическую сущность явлений при резании материалов;
- виды стружки и способы их изменения;
- влияние процессов стружкообразования на остаточные напряжения, глубину и степень наклепа обработанной поверхности;
- виды режущих инструментов и особенность их использования;
- особенности износа режущих инструментов, оптимальную стойкость и способы восстановления работоспособности;
- особенности основных видов обработки резанием;
- особенности работы и проектирования режущих инструментов;

**Уметь:**

- выбирать рациональные виды обработки в зависимости от вида обрабатываемых поверхностей заготовки, обрабатываемого материала и требований к качеству обработанных поверхностей;
- производить выбор режущих инструментов, марки инструментального материала, оптимальные геометрические параметры и параметров режимов резания;
- выбирать вид и марку смазочно-охлаждающего технологического средства в зависимости от требований к качеству обработанных поверхностей и экономических показателей;
- рассчитывать силы резания и требуемую мощность металлорежущего оборудования;
- затачивать резцы, сверла, зенкеры и фрезы;
- рассчитывать геометрические параметры режущих инструментов;

**Владеть методами:**

- расчета режимов резания;
- проектирования фасонных резцов и протяжек.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции.

**1. Универсальные (общекультурные):**

- готовность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.

**2. Профессиональные:**

- готовность использовать основные законы естественно-научных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции;

- готовность обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества образцов, изделий, их узлов и деталей;

- готовность применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, готовность применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8 СЕМЕСТР**

#### **Введение**

Предмет теории резания материалов и проектирования инструментов. Основные понятия и термины. Этапы развития науки о резании. Русские основоположники науки о резании материалов. Вклад в развитие науки о резании томских ученых. Классификация режущих инструментов.

**Рекомендуемая литература:** [1, 2, 3].

#### **Методические указания**

Освоить основные понятия и термины. Ознакомиться с основными этапами развития науки о резании.

#### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. В чем заслуги русских основоположников науки о резании материалов: И. А. Тиме, К. А. Зворыкина, А. А. Брикса, Я. Г. Усачева?
2. Каковы основные результаты исследований Тейлора и как они отразились на последующем развитии науки о резании материалов?
3. Каковы содержание и значение комплексных экспериментальных исследований, выполненных под руководством Комиссии по резанию металлов?
4. Какие основные этапы в развитии науки о резании принято выделять и с какими стадиями технического прогресса в области механической обработки эти этапы связаны?
5. В чем заключается вклад в развитие науки о резании томских ученых?

#### **Тема 1. Основы лезвийной обработки**

Основные направления развития машиностроения. Свободное и несвободное резание. Кинематика резания и геометрия элементарного лезвия. Элементы режима резания. Припуск на обработку. Требования к инструментальным материалам. Материалы режущих инструментов и их свойства. Покрытия. Условные обозначения инструментальных материалов, область применения.

Геометрия токарного резца. Особенность геометрии строгальных резцов. Оптимальные геометрические параметры токарного резца в зависимости от инструментального и обрабатываемого материала, условий резания и состояния поверхности заготовки, требований к точности обработки. Особенности определения геометрических параметров лезвийных (резцов, сверл, фрез, протяжек) и абразивных инструментов.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5, 9, 10, 13].

### **Методические указания**

Требуется усвоить понятия свободного и несвободного резания. Ознакомиться с кинематикой резания, геометрией элементарного лезвия и оптимальными геометрическими параметрами.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Дайте определение скорости резания, подачи и проиллюстрировать их примерами:
  - а) строгания,
  - б) концевого фрезерования,
  - в) нарезания резьбы метчиком.
2. Какие рабочие углы инструмента измеряются в главной секущей плоскости и как они зависят от установки инструмента на станке?
3. Как оценить передний угол резца в случае криволинейной режущей кромки?
4. Какие формы передней поверхности используются при заточке резцов? Как эта форма влияет на процесс резания?
5. Может ли соотношение между скоростью резания и подачей влиять на рабочие углы инструмента? Если может, то как именно?
6. Дайте определение угла наклона главной режущей кромки инструмента. Как этот угол влияет на процесс резания?
7. Какие геометрические параметры инструмента называются кинематическими? Чем они отличаются от параметров заточки?
8. Какие срезы называются прямыми, равнобокими, обратными? При какой заточке резца реализуются обратные срезы?

## **Тема 2. Деформационные процессы при резании**

Деформационные процессы при резании. Методы исследования. Средняя деформация в стружке. Схема стружкообразования с единственной плоскостью сдвига. Распределение деформаций и напряжений в зоне резания. Силы на передней и задней поверхностях. Работа, мощность и удельная работа при резании.



**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5, 9, 10, 13].

### **Методические указания**

Ознакомиться со схемой стружкообразования с единственной плоскостью сдвига. Изучить распределение деформаций и напряжений в зоне резания. Освоить методы измерения и расчета составляющих силы резания.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Как влияют на процесс резания свойства формирующейся при резании новой (ювенильной) поверхности? Каковы энергетические затраты на ее формирование?

2. Какие встречаются виды стружек? При каких условиях резания формируется каждый из них?

3. Каковы особенности деформированного состояния при резании? При каких условиях можно его приближенно считать плоским?

4. Усадка стружки как приближенная мера деформации при резании. При каких условиях резания погрешность оценки деформации величиной усадки будет наибольшей?

5. Как изменяется деформация выделенного в срезаемом слое элементарного объема на пути его следования через зону резания? Как при этом изменяется скорость деформации?

6. Какой вид деформации называется простым сдвигом? Чем обосновывается правомерность его использования для оценки деформации в зоне резания?

7. Каков механизм формирования текстуры в стружке и в ее контактном слое? От каких факторов зависит угол текстуры?

8. Схема с единственной плоскостью сдвига, ее обоснование и использование для анализа процесса сливного стружкообразования.

9. Относительный сдвиг как мера деформации при сливном стружкообразовании. Как он связан с усадкой стружки?

10. Какова форма поперечного сечения стружки, образующейся при равнобоких и обратных срезах? Какими особенностями деформации такая форма объясняется?

11. Какие методы используют для исследования напряженного состояния в зоне резания? В чем преимущества и недостатки каждого из них?

12. В чем заключается способ «разрезного резца» для определения контактных нагрузок на передней поверхности инструмента? Каковы его преимущества и недостатки?

13. Каковы особенности трения на пластическом и упругом участках контакта стружки с инструментом? Как изменяется коэффициент трения вдоль длины контакта и в чем физический смысл среднего коэффициента трения на передней поверхности?

14. Каково распределение нормальных и касательных нагрузок на передней поверхности инструмента и как оно связано с деформацией контактного слоя стружки?

15. Каков характер взаимодействия задней поверхности инструмента с поверхностью резания? Чем определяются контактные нагрузки на различных ее участках?

16. От каких факторов зависят силы на задней поверхности инструмента? Как они изменяются по мере затупления резца?

17. Изобразите схему разложения силы резания на ее физические и технологические составляющие. Покажите графически, как изменение соотношения между силами на передней и задней поверхностями влияет на каждую из технологических составляющих силы резания.

18. Определите технологические составляющие эффективной мощности при резании и дайте их сравнительную оценку для различных видов обработки резанием (точения, строгания, сверления, фрезерования, шлифования).

19. Что такое сила сдвига при резании? Как она связана с напряжениями, действующими в условной плоскости сдвига? Что нужно знать, чтобы ее вычислить по заданной силе резания?

20. Удельная работа при резании как мера удельных энергетических затрат. Из каких составляющих она состоит? Объясните физическую сущность ее зависимости от толщины среза.

21. Как определяются физические составляющие удельной работы для схемы стружкообразования с единственной плоскостью сдвига? От каких факторов резания они зависят?

22. Почему удельная работа зависит от толщины среза? Объясните физическую сущность этой зависимости и покажите, как она реализуется при работе различных инструментов: резцов, фрез, разверток.

### **Тема 3. Тепловые процессы при резании**

Источники тепла и тепловые потоки в зоне резания. Температурные поля, их теоретическое и экспериментальное определение. Температура резания и ее измерение. Температурные зависимости при резании.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5, 9, 10, 13].

**Методические указания**

Ознакомиться с тепловыми процессами при резании, источниками тепла и тепловыми потоками в зоне резания. Изучить методы экспериментального и теоретического определения температурных полей.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Как связана интенсивность тепловыделения на различных участках зоны резания с физическими составляющими удельной работы?

2. Тепловой баланс при резании. Какие факторы определяют соотношение его приходных и расходных статей?

3. Как скорость резания влияет на распределение тепла между инструментом, изделием и стружкой? Как это влияние обнаружить экспериментально?

4. Какая температура называется температурой резания, как ее измеряют и от каких факторов она зависит?

5. От каких геометрических параметров инструмента и как зависит температура резания? Поясните физический смысл этой зависимости.

6. Какие экспериментальные методы используются для исследования температурных полей в зоне резания? Покажите кривую изменения температуры по длине контакта стружки с резцом и объясните ее физическую сущность.

7. Как влияют на температуру резания отношение глубины резания к подаче, угол в плане и радиус при вершине инструмента? Объясните физическую сущность этого влияния и покажите, как его используют при конструировании режущих инструментов

8. Объясните физический смысл влияния на стружкообразование температурно-скоростного фактора:

- а) при низких скоростях резания;
- б) при высоких скоростях;
- в) в условиях наростообразования.

9. Почему при изменении подачи экстремальные точки кривой «Скорость резания - усадка» сдвигаются по скорости? Как это явление отражается на выборе режима резания?

10. Объясните физическую сущность связи между усадкой стружки и длиной ее контакта с резцом. Как изменяется усадка при искусственном уменьшении длины контакта путем заточки фаски на передней поверхности?

11. Объясните физический смысл влияния толщины среза на деформацию при резании в различных условиях:

- а) при очень низких скоростях;
- б) при высоких скоростях резания.

12. Как температурно-скоростной фактор влияет на шероховатость обработанной поверхности? Объясните физическую сущность его влияния.

13. Как связана шероховатость обработанной поверхности с процессом наростообразования? Каков механизм формирования шероховатости при наростообразовании и как он зависит от режима резания?

#### **Тема 4. Закономерности стружкообразование**

Общие закономерности и связи в процессе стружкообразования. Температурно-скоростной фактор и его влияние на стружкообразование. Влияние геометрических параметров лезвия и элементов поперечного сечения среза. Особенности несвободного резания. Косоугольное резание. Закономерности элементного стружкообразования.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5, 9, 10, 13].

#### **Методические указания**

Требуется усвоить понятия свободного и несвободного резания. Ознакомиться с кинематикой резания, геометрией элементарного лезвия и оптимальными геометрическими параметрами. Изучить методы исследования деформационных процессов при резании.

#### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Какой процесс резания называется свободным? Чем различается форма поперечного сечения среза при свободном и несвободном резании?

2. Какой процесс резания называется косоугольным? Как знак угла наклона главной режущей кромки влияет на деформацию при косоугольном свободном и несвободном резании?

3. Чем отличается деформация в случаях прямоугольного и косоугольного резания? При работе каких инструментов реализуются косоугольное резание?

4. При каких условиях на резце образуется нарост? От каких факторов зависят его геометрические параметры и как он сам влияет на процесс стружкообразования?

5. Объясните физический смысл влияния на стружкообразование переднего угла инструмента. Почему с увеличением этого угла растет средний коэффициент трения и уменьшается высота нароста, а при переднем угле, превышающем  $40^\circ$ , нарост вовсе не образуется?

6. Как влияют угол в плане и радиус при вершине резца на деформацию и составляющие силы резания? Объясните физический смысл их влияния.

7. Как связаны между собой угол действия и угол плоскости сдвига? Какие гипотезы используются для теоретического обоснования этой связи?

8. Как экспериментально доказать существование при высоких скоростях однозначной зависимости параметров стружкообразования от температуры резания? Какова природа этой зависимости?

9. При каких условиях скорость резания влияет на стружкообразование как скорость деформации? От каких свойств обрабатываемого материала зависит степень этого влияния?

10. Какова зависимость усадки стружки от скорости резания и температуры? Какие условия влияют на форму этой зависимости и чем объясняется наличие у нее экстремальных точек?

11. На какие характеристики стружкообразования и как влияет температурно-скоростной фактор? Как зависит характер этого влияния от свойств обрабатываемого материала?

12. Как влияет на стружкообразование глубина резания и соотношение между глубиной и подачей? Зависит ли характер этого влияния от угла в плане?

13. Как влияет на стружкообразование и, в частности, на напряженно-деформированное состояние в зоне резания угол наклона главной режущей кромки инструмента?

14. Как экспериментально доказать, что при производственных скоростях резания элементы режима резания влияют на стружкообразование через изменения средней температуры контакта? Объясните физическую сущность этого влияния.

15. При каких условиях образуется нарост на резце? Какова его природа и как наростообразование влияет на процессы образования стружки, а также износа и разрушения инструмента?

16. Как скорость резания влияет на контактные условия на передней поверхности инструмента? Какова природа этого влияния и как оно связано с наростообразованием?

17. Объясните влияние переднего угла резца на деформацию и составляющие силы резания при точении, используя уравнение К. Зворыкина. Как это влияние реализуется в условиях наростообразования?

## **Тема 5. Технологические аспекты стружкообразования**

Технологические аспекты процесса стружкообразования. Определенные силы резания. Шероховатость обработанной поверхности. Упрочнение поверхностного слоя. Управление сходом стружки.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5, 9, 10, 13].

### **Методические указания**

Ознакомиться с влиянием шероховатости, остаточных напряжений и наклепа обработанной поверхности на надежность и долговечность работы детали.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Каков механизм формирования упрочненного поверхностного слоя при резании? От каких факторов зависит толщина этого слоя? Объясните физический смысл этого влияния.

2. От каких факторов и как зависит шероховатость образуемой при резании поверхности детали? Как связаны параметры шероховатости (высота, шаг и др.) с характеристиками стружкообразования?

3. Вследствие каких причин происходит завивание стружки? От каких факторов зависит его интенсивность?

4. Опишите известные Вам способы управления сходом стружки и дайте их сравнительную характеристику.

5. Как на завивание и дробление стружки влияет форма передней поверхности инструмента и его геометрические параметры? Как это влияние используют в практике?

6. Какие Вы знаете средства дробления и завивания стружки при резании? Чем руководствуются при их выборе?

7. Дайте сравнительную характеристику способов экспериментального определения силы резания и применяемых для этой цели динамометров.

8. Какие условия положены в основу уравнения А. М. Розенберга для силы резания? Что нужно знать, чтобы выполнить с его помощью практические расчеты?

9. Чем объясняются неодинаковые значения показателя степени при глубине резания в эмпирических формулах для разных составляющих действующей на резец силы?

10. Чем объясняются неодинаковые значения показателя степени при подаче в эмпирических формулах для разных составляющих действующей на резец силы?

11. От каких факторов зависит коэффициент в эмпирической формуле для силы резания? Как влияют на этот коэффициент свойства обрабатываемого материала?

12. Почему влияние скорости резания на силу эмпирическими формулами учитывается для твердосплавных и не учитывается для быстрорежущих резцов? Почему показатель степени при скорости неодинаков для разных составляющих силы?

13. Как влияют геометрические параметры резца в плане на составляющие силы резания? Объясните физическую сущность их влияния.

14. Почему температурно-скоростной фактор существенно неодинаково влияет на разные составляющие силы резания? Дайте исчерпывающее физическое объяснение этого явления.

15. Почему передний угол резца неодинаково влияет на разные составляющие силы резания? Какое влияние на силу оказывает заточка фаски на передней поверхности?

16. Вследствие каких причин реальная шероховатость обработанной поверхности отличается от номинальной? Как эта шероховатость связана с процессом стружкообразования?

## **Тема 6. Стойкость и износ инструмента**

Закономерности изнашиваний и разрушения инструментов. Виды разрушения. Природа износа. Влияние температурно-скоростного фактора. Стойкостные зависимости. Оптимальная геометрия лезвия.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5, 9, 10, 13].

### **Методические указания**

Изучить причины потери работоспособности инструмента. Изучить виды изнашивания инструмента. Научиться выбирать способы замены инструмента.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Какие предъявляются требования к материалу режущей части инструмента? Насколько удовлетворяют этим требованиям современные инструментальные материалы?

2. Дайте характеристику современных быстрорежущих сталей с указанием видов режущих инструментов, где их применение целесообразно.

3. Дайте характеристику и классификацию свойств, а также укажите конкретные области применения современных металлокерамических твердых сплавов для режущих инструментов.

4. Каковы преимущества, недостатки и области применения неметаллических материалов для режущих инструментов: керамики, алмазов, композитов?

5. Как влияют передний и задний углы инструмента на сопротивление его режущей части хрупкому разрушению? Какой способ заточки позволяет повысить это сопротивление?

6. Какова физическая природа прочности режущей части инструмента? Как эта прочность зависит от характера нагружения, в частности, от толщины среза (подачи)?

7. Какие существуют виды износа режущего инструмента, каков вклад каждого из них в процесс изнашивания и как этот вклад зависит от температуры резания?

8. Каков механизм адгезионно-усталостного износа инструмента, от каких факторов зависит его интенсивность и какими средствами можно ее снизить?

9. В чем заключается пластическое (вязкое) разрушение режущей части инструмента, какими физическими причинами оно вызывается и какими средствами можно его предотвратить?

10. В чем заключается хрупкое разрушение режущей части инструмента? Какими причинами оно вызывается и как его избежать?

11. В чем заключается и в каких условиях возникает химический износ инструмента? Какими средствами можно его уменьшить?

12. Какой вид износа характерен для быстрорежущих инструментов? Какие существуют способы повышения сопротивляемости изнашиванию их рабочих поверхностей?

13. Какие виды износа характерны для твердосплавных инструментов? Какие существуют способы повышения износостойкости их рабочих поверхностей?

14. Как изменяется форма режущей части инструмента в процессе изнашивания? От каких причин зависит местоположение участка наиболее интенсивного износа?

15. Когда преобладает износ на задней, а когда на передней поверхности? Как влияет на местоположение износа процесс наростообразования?

16. Как наростообразование влияет на износ инструмента? От каких свойств инструментального и обрабатываемого материала зависят характер и интенсивность этого влияния?

17. Как количественно оценивается износ и как он зависит от времени? Дайте физическое объяснение характера типичных кривых «время-износ».



18. Как влияет температура резания на интенсивность изнашивания быстрорежущих и твердосплавных инструментов? Дайте физическое объяснение особенностей этого влияния.

19. Почему элементы режима резания (скорость резания, глубина, подача) неодинаково влияют на стойкость инструмента. Объясните физическую природу влияния каждого из них.

20. Какова типичная зависимость относительного износа от температуры резания? Объясните физическую природу ее экстремальных точек.

21. Объясните физический смысл влияния на стойкость инструмента его переднего угла. От каких факторов зависит величина оптимального переднего угла?

22. Как влияет на стойкость задний угол инструмента? Объясните физическую сущность этого влияния. Что такое оптимальный задний угол и от каких факторов он зависит?

23. Как влияют на стойкость резца его геометрические параметры в плане: углы, радиус при вершине? Объясните физическую сущность их влияния и принципы выбора их оптимальных значений.

24. Что понимают под оптимальной геометрией режущей части инструмента? Каковы принципы назначения оптимальных геометрических параметров?

25. Что называется критерием затупления режущего инструмента и чем определяется его выбор при черновой и чистовой обработке?

26. Что называют суммарной стойкостью режущего инструмента? Как определить критерий затупления инструмента, исходя из его суммарной стойкости?

27. Что называется показателем относительной стойкости инструмента? От каких физических факторов он зависит и почему для различных видов режущих инструментов принимает различные значения?

28. Как и почему на величину оптимальной стойкости инструмента влияют его размеры, форма, материал, а также число одновременно работающих инструментов?

29. Какие свойства обрабатываемого материала и как определяют интенсивность изнашивания режущего инструмента?

30. Объясните механизм влияния механических свойств обрабатываемого материала на интенсивность изнашивания и разрушения инструмента. Почему со снижением пластичности обрабатываемого материала интенсивность изнашивания, как правило, снижается, а сила резания растет?

## **Тема 7. Режимы резания**

Принципы выбора режима резания. Критерии оптимальности режима. Режим наибольшей производительности. Режим наименьшей себестоимости операции. Ограничивающие функции. Режим заданной стойкости инструмента.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5].

### **Методические указания**

Освоить принципы выбора режима резания. Изучить критерии оптимальности режима. Научиться определять режим наибольшей производительности, режим наименьшей себестоимости операции. Ознакомиться с ограничивающими функциями.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Какие существуют критерии оптимальности режима резания и какова область применения каждого из них?
2. В каких случаях за критерий оптимальности режима резания принимают наименьшую интенсивность износа? От каких факторов зависит выбранная по этому критерию оптимальная скорость резания?
3. Что понимается под скоростью и стойкостью наибольшей производительности? Как их рассчитать? От каких факторов они зависят?
4. Что понимают под экономической скоростью резания и экономической стойкостью резания и экономической стойкостью инструмента? Как эти величины рассчитать и от каких факторов они зависят?
5. Каковы принципы выбора подачи при точении? Чем ограничиваются ее предельные значения?
6. Чем обусловлена обычная последовательность выбора элементов режима резания: сначала глубина резания, затем подача и лишь потом скорость резания? В каких случаях приходится эту последовательность нарушать?

## **Тема 8. Обрабатываемость материалов резанием**

Обрабатываемость материалов резанием. Критерии обрабатываемости. Допускаемая скорость резания. Влияние свойств обрабатываемого материала. Способы улучшения обрабатываемости. Применение СОТС. Методы определения обрабатываемости и испытаний инструментов.

**Рекомендуемая литература:** [1, 2, 6], [3, 5].

### **Методические указания**

Освоить методы определения обрабатываемости и испытаний инструментов. Изучить критерии обрабатываемости материалов резанием. Освоить методы определения обрабатываемости и испытаний инструментов. Изучить способы улучшения обрабатываемости. Ознакомиться с видами СОТС.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Что понимают под допускаемой скоростью резания? От каких факторов и как она зависит?
2. Что понимается под обрабатываемостью материалов резанием? Какие существуют критерии обрабатываемости и чем определяется их выбор?
3. Как влияют свойства обрабатываемого материала на характер стружкообразования, деформацию, силу резания, шероховатость обработанной поверхности?
4. Какие существуют способы улучшения обрабатываемости за счет изменения свойств срезаемого слоя перед его удалением инструментом? Какова область применения каждого из них?
5. В чем заключается метод улучшения обрабатываемости путем предварительного подогрева заготовки? Каковы его преимущества, недостатки, область применения? Как предварительный подогрев влияет на характеристики процесса резания?
6. Какие основные группы смазочно-охлаждающих технологических средств применяются при резании? Чем различается характер их воздействия на процесс резания?
7. Какие существуют способы доставки смазочно-охлаждающих технологических средств в зону резания? Дайте характеристику особенностей, эффективности и области применения каждого из них.
8. Какие физические эффекты реализуются при попадании смазочно-охлаждающих жидкостей в зону резания? Объясните с их помощью механизм воздействия СОЖ на процесс резания при различных режимах обработки.
9. Дайте классификацию используемых при резании смазочно-охлаждающих средств. Каковы принципы их выбора для конкретных случаев обработки?
10. Какие микролегирующие добавки вводятся в сталь для улучшения ее обрабатываемости? Каков механизм влияния этих добавок на процесс резания?
11. Какие существуют способы экспериментального определения обрабатываемости резанием? Дайте их сравнительную характеристику.

## Тема 9. Сверление

Закономерности процесса сверления. Геометрия режущей части сверла. Особенности стружкообразования при сверлении. Действующие силы и момент. Износ и стойкость сверл.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5, 9, 10, 13].

### Методические указания

Изучить закономерности процесса сверления. Изучить геометрию режущей части сверла. Ознакомиться с особенностями стружкообразования при сверлении. Ознакомиться с действующими силами и моментом при сверлении. Изучить вопросы износа и стойкости сверл.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Каковы особенности стружкообразования при сверлении и как они связаны с геометрическими параметрами спирального сверла?
2. Чем отличается геометрия режущей части спирального сверла от геометрии токарного резца и к каким особенностям стружкообразования при сверлении приводят эти различия?
3. Как распределяются механические и тепловые нагрузки вдоль режущих кромок сверла? Какими способами можно сделать это распределение более равномерным?
4. Как геометрические параметры спирального сверла влияют на характеристики стружкообразования и на стойкость инструмента? От каких факторов зависят оптимальные значения этих параметров?
5. Проанализируйте значения показателей степени в эмпирических формулах для крутящего момента и силы подачи при сверлении и объясните физический смысл влияния на эти характеристики элементов режима резания.
6. Каковы особенности износа и разрушения спиральных сверл при их работе в различных условиях и, в частности, при сверлении разных материалов? Что принимается за критерий затупления сверла?
7. От каких факторов зависит допустимая скорость резания при сверлении? Объясните физический и технологический смысл этих зависимостей.
8. Каковы принципы назначения режима резания при сверлении? Как зависит выбор этого режима от прочности сверла?
9. Объясните, какие существуют различия в методике выбора режима резания на сверлильном и токарном станках и чем эти различия вызваны.

10. Каковы должны быть различия в номограммах использования токарного и сверлильного станков? Какими причинами обусловлены эти различия?

### **Тема 10. Фрезерование**

Закономерности фрезерования. Кинематика периферийного фрезерования. Случаи равномерного фрезерования. Силы, действующие на зуб периферийной фрезы. Суммарные силы и момент, действующие на фрезу. Удельная работа при периферийном фрезеровании. Анализ процесса торцевого фрезерования.

**Рекомендуемая литература:** [2, 4, 5, 9, 10, 12, 13].

#### **Методические указания**

Изучить закономерности фрезерования. Ознакомиться со случаями равномерного фрезерования. Изучить силы, действующие на зуб периферийной фрезы, суммарные силы и момент, действующие на фрезу. Изучить вопросы расчета удельной работы при периферийном фрезеровании. Изучить процесс торцевого фрезерования.

#### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Каковы особенности процесса стружкообразования при работе фрез различных типов: цилиндрических, торцевых, концевых? Как влияет на этот процесс угол наклона зуба фрезы?

2. От каких факторов зависит и как изменяется во времени суммарная площадь поперечного сечения среза, снимаемой цилиндрической фрезой?

3. Какой процесс цилиндрического фрезерования называется равномерным? Докажите, что в случае равномерного фрезерования суммарная площадь поперечного сечения среза остается постоянной во времени.

4. В чем различия между встречным и попутным фрезерованием? Покажите, как элементы встречного и попутного фрезерования реализуются при работе фрез различных типов и какие требования к технологическому оборудованию это обуславливает.

5. Какие существуют способы построения формул для расчета сил и моментов, действующих на фрезу? Как используются для этой цели закономерность изменения во времени удельной работы одного зуба фрезы?

6. Как изменяются во времени составляющие силы и момент при цилиндрическом фрезеровании? Как определить их значения при равномерном фрезеровании?

7. Как количественно оценить неравномерность процесса цилиндрического фрезерования? Какие существуют способы уменьшения этой неравномерности?

8. Как рассчитать мощность при фрезеровании? Чем отличаются формулы для расчета мощности при цилиндрическом и торцевом фрезеровании и в чем причины этих различий?

9. Каков физический смысл влияния на мощность цилиндрического фрезерования элементов режима резания, ширины и глубины фрезерования, подачи и числа оборотов фрезы? Что понимается под срединной толщиной среза и как использовать это понятие для ответа на поставленный вопрос?

10. Каков физический смысл влияния на мощность цилиндрического фрезерования параметров фрезы: диаметра, числа зубьев, геометрии их заточки? Что такое средняя толщина среза и как использовать это понятие для ответа на поставленный вопрос?

11. Объясните физический смысл однозначной зависимости средней удельной работы при цилиндрическом фрезеровании от срединной толщины среза. Как эта зависимость используется для объяснения влияния различных факторов на мощность процесса фрезерования? Как учитывается эта неравномерность при эксплуатации торцевых фрез?

12. Как численно оценить неравномерность торцевого фрезерования? Как учитывается эта неравномерность при эксплуатации торцевых фрез?

13. Каковы особенности износа и разрушения инструментов при прерывистом резании? Как эти особенности реализуются при фрезеровании и как влияют на режим эксплуатации фрез?

14. От каких факторов зависит стойкость торцевой фрезы при лобовом фрезеровании? Как влияет на нее расположение оси фрезы относительно заготовки и в чем физический смысл этого влияния?

15. От каких параметров и как зависит допускаемая скорость резания при фрезеровании? Объясните физический смысл влияния каждого фактора на эту скорость.

16. Что понимают под средней удельной работой при фрезеровании, от каких факторов она зависит и в чем физический смысл этих зависимостей?

17. Как влияют геометрические параметры фрезы на составляющие силы, крутящий момент и мощность при цилиндрическом фрезеровании? Объясните смысл их влияния.

18. Как влияют геометрические параметры торцевой фрезы на действующие на фрезу силы, а также на мощность процесса фрезерования и стойкость фрезы? Объясните физический смысл их влияния.

## Тема 11. Шлифование

Шлифование. Особенности шлифовального круга как режущего инструмента. Работа единичного зерна. Явление самозатачивания. Принципы выбора шлифовального круга. Стойкость круга. Принципы назначения режима шлифования.

**Рекомендуемая литература:** [2, 5].

### Методические указания

Изучить особенности шлифовального круга как режущего инструмента. Ознакомиться с явлением самозатачивания. Освоить принципы выбора шлифовального круга и назначения режима шлифования.

### Вопросы и задания для самопроверки

1. Дайте сравнительную характеристику современных абразивных материалов, указав области их рационального применения и пути дальнейшего совершенствования.

2. Какими параметрами характеризуется шлифовальный круг и как эти параметры учитываются при выборе круга?

3. В чем заключается сходство и каковы различия процессов резания закрепленным абразивным зерном и лезвийным инструментом? Как связаны эти различия с характеристиками шлифовального круга?

4. В чем сущность процесса самозатачивания шлифовального круга? Как связан эффект самозатачивания со средней нагрузкой на одно зерно и как эта связь используется для оптимизации режима шлифования?

5. Каковы особенности теплообразования и теплораспределения при шлифовании кругом? Чем эти особенности обусловлены и как они влияют на качество изделий, обработанных кругом?

6. Почему при одинаковой кинематике соотношение между компонентами силы, действующей на инструмент, при круглом шлифовании и точении существенно неодинаково? На какие характеристики процесса шлифования влияет это различие?

7. Сопоставьте по удельным энергетическим затратам различные виды обработки резанием: точение, сверление, торцевое и цилиндрическое фрезерование, шлифование; укажите различия и поясните их физические причины.

8. Что такое зернистость шлифовального круга, как ее измеряют? Как зернистость влияет на стружкообразование и износ круга?

9. Что понимают под структурой шлифовального круга? Как ее оценивают? Как влияет структура на процесс шлифования и каковы принципы подбора круга по структуре?

10. Какие связки применяются в шлифовальных кругах? Что такое твердость круга и как ее измеряют? Принципы выбора круга по твердости и их обоснование.

11. От каких факторов зависит скорость резания при шлифовании? Каковы пути и перспективы применения скоростного шлифования?

12. Что понимают под стойкостью шлифовального круга? От каких факторов и как она зависит?

13. Каковы принципы выбора режима резания при шлифовании и как они связаны с условиями самозатачивания круга?

14. Каковы принципы выбора шлифовального круга по зернистости, структуре, твердости и как они связаны с условиями его самозатачивания?

## 9 СЕМЕСТР

### Тема 1. Режущие инструменты

Определения, назначение и классификация режущих инструментов. Роль и значение режущих инструментов в процессе обработки резанием. Условия работы инструмента. Основные направления совершенствования режущих инструментов. Развитие и современное состояние инструментальной промышленности, ее значение в решении основных задач развития машиностроения.

**Рекомендуемая литература:** [1, 7, 14, 15].

#### Методические указания

Ознакомиться с типами и назначением режущих инструментов. Изучить условия работы инструмента и основные направления совершенствования режущих инструментов.

#### Вопросы и задания для самопроверки

1. Какие основные типы режущего инструмента?
2. Назовите особенности работы режущего инструмента.
3. Тенденции развития инструмента.



## **Тема 2. Основные сведения о режущих инструментах**

Требования к режущим инструментам с точки зрения производительности, точности и качества обработанных деталей. Дополнительные требования к инструментам, применяемым на станках с ЧПУ. Стандартизация и нормализация режущих инструментов. Основные технические требования, устанавливаемые стандартами.

**Рекомендуемая литература:** [1, 7].

### **Методические указания**

Ознакомиться с требованиями, предъявляемыми к режущим инструментам, а также к инструментам, применяемым на станках с ЧПУ. Ознакомиться со стандартизацией и нормализацией режущих инструментов.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Какие требования предъявляются к инструментальным материалам?
2. Какие инструментальные материалы вы знаете?
3. Какие дополнительные требования предъявляются к инструменту, применяемому на станках с ЧПУ?

## **Тема 3. Конструкция режущих инструментов**

Основные части инструмента: режущая, корпусная, присоединительная. Способы крепления режущих инструментов на станке. Материалы режущей части инструментов, их состав и физико-механические характеристики. Геометрические параметры режущей части, углы  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\lambda$ ,  $\phi$ ,  $\phi_1$ . Материалы остальных частей инструментов. Формы режущих элементов и способы их соединения с корпусной частью. Расчет присоединительных элементов на прочность и жесткость соединения.

**Рекомендуемая литература:** [1, 7].

### **Методические указания**

Изучить конструкцию режущих инструментов. Изучить инструментальные материалы, их состав и физико-механические характеристики. Изучить геометрические параметры режущей части, формы режущих элементов и способы их соединения с корпусной частью. Освоить расчет присоединительных элементов на прочность и жесткость соединения.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите основные части токарного резца, сверла, фрезы.

2. Какие типы хвостовиков бывают у осевых инструментов?
3. Каковы конструктивные особенности патронов для высокоскоростной обработки?
4. Дайте определения геометрических параметров резцов на примере токарных проходных резцов, а также координатных плоскостей и углов  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha_1$ ,  $\varphi$  и  $\varphi_1$ .

#### **Тема 4. Резцы**

Резцы. Типы и назначения резцов. Основные положения по их конструированию. Геометрические параметры. Формы передней и задней поверхностей. Стружколомающие и стружкозавивающие устройства.

**Рекомендуемая литература:** [1, 7].

##### **Методические указания**

Ознакомиться с типами и назначением резцов. Изучить конструирование резцов. Изучить формы передней и задней поверхностей. Изучить стружколомающие и стружкозавивающие устройства.

##### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите типы резцов и их основные геометрические параметры в связи с кинематикой процесса резания.
2. Какими способами осуществляется стружкозавивание и стружколомение при точении?

#### **Тема 5. Конструкции резцов**

Резцы твердосплавные, напайные, сборные, с твердосплавными сменными многогранными пластинами (СМП), алмазные и с искусственными сверхтвердыми материалами. Особенности конструкций токарных резцов, в том числе расточных, строгальных, долбежных, токарных и для силового точения.

**Рекомендуемая литература:** [1, 7].

##### **Методические указания**

Ознакомиться с конструкцией твердосплавных, напайных, сборных резцов, резцов с твердосплавными сменными многогранными пластинами (СМП), алмазными резцами и с искусственными сверхтвердыми материалами. Изучить особенности конструкций токарных резцов.

##### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Каковы особенности конструкций твердосплавных резцов, оснащенных сменными многогранными пластинами (СМП)? Перечислите их достоинства по сравнению с напайными пластинами, типы СМП и способы их крепления.

2. Каковы особенности конструкции и геометрические параметры резцов, оснащенных алмазами, керамикой и сверхтвердыми материалами?

### **Тема 6. Протяжки. Общие сведения**

Протяжки. Принципы работы протяжек, виды, назначение и экономическая эффективность их применения. Схемы резания и формообразования обрабатываемой поверхности при протягивании.

**Рекомендуемая литература:** [1, 6, 7, 14].

#### **Методические указания**

Ознакомиться с принципами работы протяжек, их видами, назначением и эффективностью применения. Изучить схемы резания и формообразования обрабатываемой поверхности при протягивании.

#### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите основные типы протяжек, их достоинства и недостатки.
2. Почему протяжки обеспечивают высокую производительность при сравнительно низких скоростях резания?

### **Тема 7. Круглые протяжки**

Протяжки для обработки цилиндрических отверстий, конструктивные элементы и геометрия режущей части. Шаг зубьев, форма и размеры зубьев и впадин, число режущих зубьев и длина режущей части. Проверка протяжек на прочность и помещаемость стружки в канавках. Особенности расчета протяжек, работающих по групповой схеме резания. Вопросы оптимизации конструкции с использованием ЭВМ.

**Рекомендуемая литература:** [1, 6, 7, 14].

#### **Методические указания**

Ознакомиться с конструкцией круглых протяжек. Изучить основы проектирования и назначения параметров протяжек в зависимости от схемы резания. Ознакомиться с вопросами автоматизации процесса проектирования протяжек.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите схемы удаления припуска при работе внутренних протяжек. Их достоинства и недостатки.
2. На что и как проверяют внутренние протяжки при проектировании?
3. В чем особенности расчета протяжек при групповой схеме резания?

### **Тема 8. Шлицевые и гранные протяжки**

Шлицевые и гранные протяжки. Схемы резания, особенности конструкции и расчета конструктивных элементов. Конструкции сборных протяжек, в том числе – оснащенных твердым сплавом.

**Рекомендуемая литература:** [1, 6, 7, 14].

#### **Методические указания**

Ознакомиться с конструкцией шлицевых и гранных протяжек. Изучить схемы резания, особенности конструкции и расчета конструктивных элементов. Изучить конструкции сборных протяжек, в том числе – оснащенных твердым сплавом.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите особенности работы и схемы резания при протягивании гранных отверстий.
2. Назовите схемы резания при протягивании шлицевых отверстий.

### **Тема 9. Наружные протяжки**

Протяжки наружные. Схемы резания и формообразования. Размещение секций, их крепление и регулировка. Особенности расчета протяжек.

**Рекомендуемая литература:** [1, 6, 7, 14].

#### **Методические указания**

Ознакомиться с типами протяжек для обработки наружных поверхностей. Изучить схемы резания и формообразования. Ознакомиться с особенностями расчета.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите особенности конструкций и методики расчета протяжек для обработки наружных поверхностей.
2. Когда и каким образом можно использовать твердые сплавы для оснащения протяжек?

### **Тема 10. Фрезы. Общие сведения**

Фрезы. Определение, назначение и типы фрез. Кинематика фрезерования. Фрезы с остrokонечным зубом. Общие положения по назначению и расчету конструктивных параметров. Формы остrokонечных зубьев, геометрические параметры фрез.

**Рекомендуемая литература:** [1, 5, 13, 14].

#### **Методические указания**

Ознакомиться с типами фрез и фрезерными операциями. Изучить конструкции фрез с остrokонечным зубом. Освоить расчет и назначение конструктивных параметров фрез. Изучить формы остrokонечных зубьев, геометрические параметры фрез.

#### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите основные типы фрез и их конструктивные отличия.
2. Перечислите типы зубьев фрез и назовите области их применения.

### **Тема 11. Сборные фрезы**

Фрезы сборной конструкции. Особенности крепления режущих элементов. Фрезы твердосплавные, в том числе оснащенные СМП.

**Рекомендуемая литература:** [1, 5, 13, 14].

#### **Методические указания**

Ознакомиться с типами сборных фрез и способами крепления СМП. Ознакомиться с современными конструкциями твердосплавных фрез.

#### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Каковы конструктивные особенности фрез, оснащенных СМП? Как осуществляется базирование и крепление СМП у фрез различных типов?

### **Тема 12. Фасонные фрезы**

Фрезы фасонные с затылованным зубом. Методы и направления затылования. Определение конструктивных размеров фрез. Коррекционный расчет профиля фрез с положительным передним углом.

**Рекомендуемая литература:** [1, 5, 13, 14].

### **Методические указания**

Изучить методы затылования фасонных фрез. Ознакомиться с расчетом фасонных фрез с положительным передним углом.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. В чем суть и назначение способа затылования зубьев фрез?
2. Как определить величину падения затылка у фрез, затылованных по архимедовой спирали - в том числе на участках режущих кромок, наклонных к оси инструмента?
3. Как рассчитывается профиль фасонной затылованной фрезы, имеющей положительный передний угол?
4. Укажите достоинства и недостатки фрез с затылованными зубьями, а также конструктивные параметры дисковых фрез с затылованными зубьями.
5. Почему фрезы с остроконечными зубьями, обеспечивают большую производительность, чем фрезы с затылованными зубьями?

## **Тема 13. Инструменты для обработки отверстий**

Инструменты для обработки отверстий. Типы инструментов. Особенности и условия работы. Влияние их на конструктивные и геометрические параметры. Принципы назначения допусков на диаметр.

**Рекомендуемая литература:** [1, 5, 13, 14].

### **Методические указания**

Ознакомиться с типами мерного инструмента. Изучить условия работы инструмента, его конструкцию и геометрические параметры. Изучить нормирование диаметральной точности мерного инструмента.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Перечислите инструменты для обработки отверстий.
2. Назовите особенности работы мерного инструмента.
3. Какие требования предъявляются к диаметральной точности мерного инструмента?

## **Тема 14. Сверла**

Сверла спиральные (винтовые) - конструкция, геометрия режущих кромок, ее недостатки и методы улучшения. Сверла перовые. Конструкции твердосплавных сверл. Сверла одностороннего резания для обработки глубоких отверстий.

**Рекомендуемая литература:** [1, 5, 13, 14].

### **Методические указания**

Ознакомиться с типами сверл. Изучить особенности передних и задних углов по длине режущих кромок сверла. Изучить недостатки геометрии спиральных сверл и методы ее улучшения. Освоить методы заточки спиральных сверл. Ознакомиться с современными конструкциями спиральных сверл.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Конструктивное исполнение перовых сверл. В чем их достоинства и недостатки? Где и в каких объемах они применяются?
2. Назовите основные конструктивные и геометрические параметры спиральных сверл.
3. Как изменяется передний угол у спиральных сверл? Приведите доказательство картины изменения углов  $\gamma$  и  $\lambda$  в разных точках главных режущих кромок сверла.
4. Каким образом движение подачи сверла влияет на задние углы в различных точках режущих кромок?
5. Покажите основные схемы заточки спиральных сверл. Как они влияют на геометрические параметры поперечной режущей кромки спирального сверла?
6. В чем заключаются недостатки геометрии спиральных сверл и как они устраняются при заточке?
7. Особенности сверления глубоких отверстий и применяемые типы сверл.
8. В чем заключается принцип одностороннего резания при сверлении глубоких отверстий? Назовите типы сверл, работающих по этому принципу.
9. Назовите устройство эжекторных сверл. Их достоинства и недостатки.

## **Тема 15. Зенкеры**

Зенкеры. Конструктивные особенности, геометрические параметры. Сборные конструкции, твердосплавные. Назначение допусков на диаметр калибрующей части.

**Рекомендуемая литература:** [1, 5, 13, 14].

### **Методические указания**

Ознакомиться с типами зенкеров и областью их применения. Изучить конструктивные и геометрические параметры зенкеров.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите основные типы зенкеров и области их применения.
2. Покажите конструктивные и геометрические параметры цилиндрических зенкеров. Как определить допуски на наружный диаметр зенкера?
3. Каковы особенности и разновидности сборных зенкеров?
4. Чем зенковки отличаются от цилиндрических зенкеров? Их разновидности и области применения.

## **Тема 16. Развертки**

Развертки, их типы, применение, конструктивные особенности. Режущая и калибрующая части, их назначение и определение конструктивных размеров, геометрические параметры. Погрешности обработки развертками и назначение допусков на исполнительный диаметр. Методы крепления разверток на станке. Развертки для обработки конических отверстий, котельные развертки. Расточные и комбинированные инструменты для обработки отверстий. Их преимущества.

**Рекомендуемая литература:** [1, 5, 13, 14].

### **Методические указания**

Ознакомиться с типами разверток, областью их применения, конструктивными особенностями. Научиться определять конструктивные размеры и геометрические параметры разверток. Изучить развертки для обработки конических отверстий, одностороннего резания, котельные.

### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Назовите основные конструктивные и геометрические параметры разверток. Как они назначаются?
2. Как определяют допуски на диаметр разверток?
3. В чем суть кольцевой заточки цилиндрических разверток? Ее достоинства.
4. Перечислите особенности конструкции котельной развертки. Где она применяется?
5. Каковы особенности конструкции разверток для обработки конических отверстий?



6. В чем состоят особенности конструкций разверток, оснащенных твердым сплавом?

7. Чем развертки одностороннего резания отличаются от обычных разверток? Их достоинства и недостатки.

### **Тема 17. Проектирование фасонных резцов**

Резцы фасонные, их типы, назначение. Коррекционный расчет профиля фасонного резца. Передние и задние углы, их изменение по длине режущей кромки, мероприятия по улучшению геометрии. Возможные искажения конических участков профиля детали при обработке фасонными резцами и способы их уменьшения путем заточки под углом  $\lambda$ .

**Рекомендуемая литература:** [1, 3, 5, 13, 14].

#### **Методические указания**

Изучить методы расчета и проектирования фасонного резца. Освоить методику коррекционного расчета профиля фасонного резца.

#### **Вопросы и задания для самопроверки**

1. Перечислите типы фасонных резцов, их назначение, способы крепления на станке и переточки.

2. Дайте определение передних и задних углов фасонных резцов.

3. Как влияет угол наклона главной режущей кромки фасонных резцов в основной плоскости на величину задних углов? Какими способами можно избежать нулевых задних углов?

4. Изложите аналитический способ профилирования круглых фасонных резцов.

5. Произведите расчет профиля призматических фасонных резцов по заданному профилю детали.

6. Назовите причины погрешностей профиля, обработанного фасонными резцами. Как их можно избежать или уменьшить?

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1 Перечень лабораторных работ**

##### **8 СЕМЕСТР**

1. Исследование силовых зависимостей процессов резания (2 часа).
2. Исследование влияния скорости резания на составляющие силы резания и шероховатость обработанной поверхности (2 часа).

##### **9 семестр**

1. Заточка токарных резцов (2 часа).
2. Заточка спиральных сверл (2 часа).
3. Исследование конструкции концевой фрезы (2 часа)

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в [8].

#### **3.2 Тематика практических занятий**

##### **10 СЕМЕСТР**

1. Расчёт специальных свёрл (1 час).
2. Расчёт зенкеров и развёрток (1 час).
3. Расчет профиля круглых и призматических фасонных резцов (2 часа).

## 4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

### 4.1 Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком в 8-м и 9-м семестрах предусмотрено выполнение индивидуального домашнего задания (ИДЗ) № 1 и № 2, соответственно. ИДЗ №1 содержит четыре теоретических вопроса и три задачи. ИДЗ №2 содержит три теоретических вопроса и две задачи.

На каждую задачу задание составлено в пятидесяти вариантах. Номер варианта задания, выполняемого студентом, определяется двумя последними цифрами в зачетной книжке (учебный шифр). Если последние две цифры превышают количество вариантов, то для установления номера варианта необходимо от учебного шифра отнять ближайшее меньшее число из ряда – 50, 100, 150. Например, при шифре 17 выполняется 17 вариант, при шифре 67 – также 17 вариант, при шифре 128 – 28 вариант.

Номера теоретических вопросов, согласно номеру выполняемого варианта, для ИДЗ № 1 и №2 приведены в табл. 1 и 2 соответственно. Нумерация теоретических вопросов соответствует их нумерации в подразделах 6.1 и 6.3 настоящего методического указания. Например, для двенадцатого варианта ИДЗ №1 эти вопросы будут следующими:

- |     |   |
|-----|---|
| 3   | Каковы содержание и значение комплексных экспериментальных исследований, выполненных под руководством Комиссии по резанию металлов?   |
| 17  | Как влияют на процесс резания свойства формирующейся при резании новой (ювенильной) поверхности. Каковы энергетические затраты на ее формирование?  |
| 92  | В чем заключается и в каких условиях возникает химический износ инструмента? Какими средствами можно его уменьшить?   |
| 141 | Какой процесс цилиндрического фрезерования называется равномерным? Докажите, что в случае равномерного фрезерования суммарная площадь поперечного сечения среза остается постоянной во времени. |

Ответы на теоретические вопросы следует излагать кратко и только по существу вопроса, сопровождая ответ, если в этом имеется необходимость, эскизом или рисунком. Номинальный размер ответа на каждый вопрос – в пределах 1...3 страниц рукописного текста.

Не следует переписывать ответы на теоретические вопросы из учебника – большинство теоретических вопросов сформированы таким образом, что переписать ответ из одного и того же места учебника невозможно. Переписывая же ответ из разных разделов учебника, вы попросту

не уложитесь в установленный объем ответа. Поэтому в ответе на теоретический вопрос желательно, чтобы вы изложили собственное понимание вопроса.

#### 4.2 Методические указания к ИДЗ №1

Все задачи ИДЗ составлены так, что для их решения достаточно использовать только один наиболее распространенный и доступный нормативный справочник [5]. Решение задач необходимо сопровождать схемой или рисунком, на котором должны быть показаны схема процесса обработки, сечение срезаемого слоя и схема действующих на инструмент сил резания. Рисунок выполняется в произвольной форме. При решении задач необходимо учитывать следующее:

- если для проведения обработки вы выбираете станок с числовым программным управлением, имеющим бесступенчатое регулирование чисел оборотов шпинделя  $n$  и подач  $s$  (например, станок модели 16К20Т1 для случая токарной обработки), то выбранное число оборотов шпинделя станка необходимо округлять до ближайшего целого числа. Найденное значение подачи  $s$  мм/об для случаев сверления, зенкерования и развертывания, необходимо округлять до сотых долей миллиметра на оборот, подачи  $s$  мм/мин для случая фрезерования округлять с точностью до ближайшего целого значения, например 327 мм/мин.

- если для проведения обработки вы выбираете универсальный станок со ступенчатым регулированием чисел оборотов и подач, то рассчитанные числа оборотов шпинделя станка  $n$  и подачи  $s$  необходимо скорректировать по паспорту станка, подбирая из числа имеющихся на станке ближайшие меньшие числа оборотов и подачи. Если паспорт станка отсутствует, действительные значения чисел оборотов  $n$  и подачи  $s$  следует выбирать из ряда:

$$n(s) = (1; 1,25; 1,6; 2; 3,15; 4; 5; 6,3; 8) \cdot k,$$

где  $k$  может принимать значения:

$$k = 0,01; 0,1; 1,0; 10; 100; 1000.$$

После проведения коррекции  $n$  и  $s$  необходимо определить действительные величины скорости резания  $v$  и только после этого приступить к определению мощности  $N$ , затрачиваемой на резание, крутящего момента на шпинделе станка  $M_{кр}$  и сил резания, действующих на инструмент.

Таблица 1

Теоретические вопросы, соответствующие номеру варианта

№	I	II	III	IV	№	I	II	III	IV
1	6	39	71	135	26	30	84	105	145
2	7	40	63	136	27	31	85	106	147
3	8	41	64	154	28	32	86	107	148
4	9	42	65	155	29	33	87	108	149
5	10	43	66	156	30	34	88	109	150
6	44	67	85	157	31	35	89	110	151
7	24	45	80	158	32	36	90	111	130
8	25	46	87	159	33	37	71	112	131
9	26	70	88	160	34	38	72	113	132
10	13	68	89	161	35	39	73	114	133
11	14	67	90	162	36	40	74	115	134
12	3	17	92	141	37	42	76	117	158
13	1	48	93	165	38	43	77	118	159
14	4	50	94	166	39	44	78	119	160
15	6	51	95	167	40	10	78	120	161
16	15	44	91	163	41	41	75	116	157
17	7	21	75	168	42	11	45	121	162
18	22	76	97	169	43	12	46	122	163
19	23	77	98	170	44	13	47	123	164
20	24	78	99	139	45	14	48	124	137
21	25	79	100	140	46	15	49	125	138
22	26	80	101	141	47	16	50	126	167
23	27	81	102	142	48	17	52	127	168
24	28	82	103	143	49	18	53	128	169
25	29	83	104	144	50	19	54	129	170

Номер теоретического вопроса соответствует его номеру в подразделе 6.1 данного методического указания.

### Задача № 1

Для заданных условий течения (рис. 1, *a*) необходимо определить:

1. Допустимую скорость резания  $v$ , м/мин.
2. Число оборотов шпинделя станка  $n$ , об/мин.
3. Технологические составляющие силы резания  $P_x, P_z, P_y$ .
4. Мощность, затрачиваемую на резание  $N$  в Вт.
5. Модель станка для проведения обработки.

Исходные данные к задаче № 1, согласно номеру выполняемого варианта, приведены в табл. 2. Во втором столбце табл. 2 указан номер обрабатываемого материала. Вид обрабатываемого материала приведен в табл. 3. Например, для семнадцатого варианта выполняемого задания, согласно табл. 2 обработке подлежит материал № 13. Согласно табл. 3, этим

материалом является отливка из ковкого чугуна с поверхностью, сильно загрязненной шлаковыми включениями, и твердостью по Бринеллю 220 единиц.

### Задача № 2

Для заданных условий торцевого фрезерования (рис. 1, б) необходимо:

1. Подобрать материал режущей части фрезы (инструментальный материал).
2. Подобрать стандартный типоразмер фрезы  $D_{фр}$ , мм.
3. Определить (подобрать) необходимое значение стойкости фрезы  $T$ , мин.
4. Подобрать, исходя из условий достижения требуемой высоты микронеровностей на обрабатываемой поверхности  $R_a$ , необходимое значение подачи на зуб фрезы  $s_z$ , мм/зуб.
5. Определить допустимую скорость резания  $V$ , м/мин.
6. Определить величину минутной подачи стола станка  $s_m$ , мм/мин.
7. Определить технологические составляющие силы резания.
8. Определить крутящий момент на шпинделе станка  $M_{кр}$ , Нм.
9. Определить мощность, затрачиваемую на резание  $N$ , кВт.
10. Подобрать модель фрезерного станка.

Исходные данные к задаче № 2, согласно номеру выполняемого варианта, приведены в табл. 4. Во втором столбце табл. 4 указан номер обрабатываемого материала. Вид обрабатываемого материала приведен в табл. 3.

### Задача № 3

Для заданных условий сверления (рис. 1, в) (рассверливания, зенкерования, развертывания – вид обработки зависит от номера выполняемого варианта) необходимо:

1. Подобрать оптимальную стойкость для заданного типоразмера инструмента  $T$ , мин.
2. Определить необходимое число рабочих ходов (для случая сверления).
3. Определить допустимую скорость резания  $V$ , м/мин.
4. Определить число оборотов шпинделя станка  $n$ , об/мин.
5. Определить допустимую подачу  $s$ , мм/об.
6. Определить величины крутящего момента  $M_{кр}$  Нм и осевой силы  $P_o$  Н на инструменте.
7. Определить мощность, затрачиваемую на резание.

8. Подобрать модель станка для проведения обработки.

Исходные данные к задаче № 3 согласно примеру выполняемого варианта приведены в табл. 5. В четвертом столбце табл. 5 приведен номер обрабатываемого материала. Вид обрабатываемого материала указан в табл. 3. При решении задачи № 3 влияние свойств обрабатываемой поверхности на режим резания не учитывать.

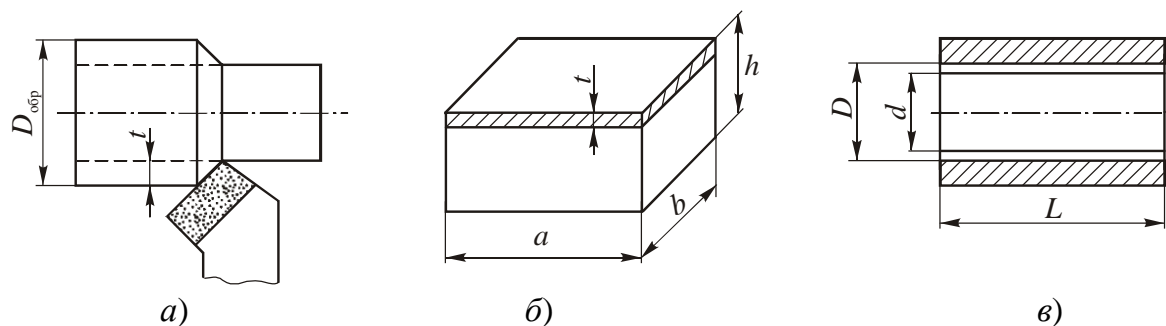


Рис. 1. Эскизы обработки к задачам

Таблица 2

Исходные данные к задаче № 1

№ вар.	Об- раб. ма- териал	D, обр.	Вид обра- ботки	Мате- риал	Инструмент					Режим резания		
					Геометрия					T, мин	t, мм	s, мм/об
					$\gamma$	$\varphi$	$\varphi_1$	$\eta$	$\tau$			
1	1	50	Продол. точение	T5K12B	10	30	15	0	2,0	120	4	0,21
2	5	60	Продол. точение	T5K10	10	45	10	-5	2,0	60	3	0,23
3	3	70	Продол. точение	T14K8	10	60	20	5	1,0	30	5	0,32
4	2	80	Продол. точение	T15K6	-15	90	15	15	2,0	45	0,5	0,07
5	17	120	Продол. точение	T30K4	0	45	15	0	1,0	60	2	0,1
6	23	100	Продол. точение	T30K4	0	65	10	-5	1,0	30	1	0,12
7	6	110	Продол. точение	BK8	10	75	20	5	2,0	90	4	0,7
8	7	140	Продол. точение	BK6	10	90	15	15	1,0	60	3	0,43
9	8	200	Продол. точение	BK4	0	20	10	0	1,0	30	2	0,23
10	9	120	Продол. точение	BK3	0	30	15	-5	2,0	60		0,21
11	15	120	Отрезка	T15K6	10	90	3	0	-	20	3	0,05
12	10	180	Отрезка	BK8	10	90	5	0	-	60	4	0,07

№ вар.	Об- раб. ма териал	D, обр.	Вид обра- ботки	Мате- риал	Инструмент					Режим резания		
					Геометрия					T, мин	t, мм	s, мм/об
					γ	φ	φ <sub>1</sub>	η	τ			
13	16	200	Отрезка	T5K10	10	90	3	0	-	30	4	0,1
14	11	195	Отрезка	BK6	10	90	5	0	-	15	3	0,1
15	18	185	Отрезка	T14K8	15	90	3	0	-	20	4,0	0,07
16	12	120	Растачи- вание	BK3	10	90	10	-5	-	30	2,0	0,23
17	13	100	Растачи- вание	BK4	0	60	15	0	1,0	60	1,0	0,15
18	14	30	Растачи- вание	BK6	10	45	10	5	-	90	0,5	0,21
19	6	120	Растачи- вание	BK8	10	90	10	15	1,0	30	2,0	0,23
20	17	40	Растачи- вание	T15K6	0	60	10	0	1,0	60	1,0	0,21
21	18	120	Продол. точение	T30K4	0	45	15	-5	1,0	90	5	0,15
22	19	180	Продол. точение	T15K6	10	60	10	5	2,0	60	4	0,42
23	19	120	Продол. точение	T15K6	10	90	15	5	2,0	60	5,0	0,21
24	2	200	Продол. точение	T30K4	0	60	15	0	1,0	30	1,0	0,12
25	3	130	Продол. точение	T5K12B	10	45	10	-5	1,0	60	3,0	0,23
26	20	150	Продол. точение	T15K6	0	60	10	0	1,0	60	1,0	0,12
27	21	140	Продол. точение	T5K10	0	60	10	15	2,0	30	6,0	0,43
28	6	180	Продол. точение	BK4	10	60	15	0	1,0	45	2	0,21
29	7	110	Продол. точение	BK8	10	90	10	0	2,0	60	6	0,49
30	8	80	Отрезка	BK8	10	90	3	0	-	30	4	0,1
31	9	200	Отрезка	BK8	10	90	3	0	-	30	6	0,12
32	15	180	Отрезка	BK4	0	90	3	0	-	30	3	0,07
33	16	120	Отрезка	T15K6	0	90	2	0	-	30	2	0,12
34	19	80	Отрезка	T5K10	10	90	2	0	-	30	3	0,1
35	20	50	Растачи- вание	BK3	0	90	10	0	1,0	30	1,0	0,07
36	21	70	Растачи- вание	BK4	10	90	15	0	1,0	30	2,0	0,21
37	13	60	Растачи- вание	BK6	10	45	10	15	1,0	60	2,0	0,23



№ вар.	Об- раб. ма- териал	D, обр.	Вид обра- ботки	Мате- риал	Инструмент					Режим резания		
					Геометрия					T, мин	t, мм	s, мм/об
					γ	φ	φ <sub>1</sub>	η	τ			
38	22	30	Растачи- вание	T15K6	10	60	15	0	1,0	30	2,0	0,21
39	1	40	Растачива- ние	T14K8	0	90	15	0	1,0	30	2,0	0,21
40	23	40	Продол. точение	BK3	0	45	10	0	1,0	30	1,0	0,07
41	24	30	Продол. точение	BK4	10	45	10	15	1,0	60	2,0	0,21
42	14	60	Продол. точение	BK6	10	60	15	5	1,0	30	4,0	0,23
43	12	80	Продол. точение	BK8	0	90	15	5	2,0	30	6,0	0,43
44	16	100	Продол. точение	T14K8	10	60	15	5	1,0	60	5,0	0,39
45	5	120	Продол. точение	T5K10	10	45	10	-5	2,0	60	6,0	0,49
46	24	140	Продол. то- чение	T5K12B	10	60	10	0	1,0	45	6,0	0,51
47	4	160	Продол. точение	T30K4	0	60	10	0	1,0	30	1,0	0,07
48	2	130	Продол. точение	T15K6	0	90	15	0	1,0	30	0,5	0,10
49	15	110	Продол. точение	T14KB	10	60	15	0	1,0	30	4	0,23
50	16	80	Продол. точение	T5K10	10	45	15	-5	2,0	30	2,0	0,23

Таблица 3

Обрабатываемые материалы

№	Марка	Состояние поверхно- сти	Механические свойства		
			HRC	HB	σ <sub>в</sub> , МПа
1	Сталь 20	Прокат			450
2	Сталь 25	отливка С.З.*	40		800
3	Сталь 65 Г	Поковка			850
4	Сталь 30	отливка Н**	35		700
5	Сталь 65	Прокат			870
6	Чугун серый	отливка Н		190	
7	Чугун серый	отливка С.З.		220	
8	Чугун серый	отливка С.З.		170	
9	Чугун серый	отливка Н		210	
10	Чугун ковкий	отливка Н		280	
11	Чугун ковкий	отливка Н		170	
12	Чугун ковкий	отливка С.З.		150	

№	Марка	Состояние поверхности	Механические свойства		
			HRC	HB	$\sigma_b$ , МПа
13	Чугун ковкий	отливка С.З.		220	
14	Чугун серый	отливка С.З.		210	
15	Сталь 20	отливка С.З.			550
16	Сталь 30	Прокат			600
17	Сталь 40Х	Поковка	40		850
18	Сталь 45	Поковка			750
19	Сталь 65	Прокат			900
20	Сталь 65 Г	Поковка	32		1100
21	Сталь 20	Поковка			500
22	Сталь 30	Прокат	32		750
23	Сталь 45	Поковка	40		850
24	Сталь 65	Поковка			800

\*С.З. – поверхность сильно загрязнена шлаковыми включениями

\*\*Н – поверхность нормальная

Таблица 4

Исходные данные к задаче № 2

№ вар.	Обработ. материал	Размер заготовки, мм			Припуск $t$ , мм	$R_a$ , мкм	Тип фрезы
		$a$ , мм	$b$ , мм	$h$ , мм			
1	1	180	70	50	3,0	0,4	Насадная со вставными ножами
2	3	400	80	80	4,0	0,8	-«-
3	5	300	120	100	2,0	1,6	-«-
4	6	500	340	120	1,0	3,2	-«-
5	7	300	120	60	6,0	3,2	-«-
6	8	200	90	75	3,0	1,6	-«-
7	9	200	180	80	4,0	0,8	-«-
8	10	400	150	100	5,0	0,4	-«-
9	11	500	200	120	6,0	1,6	-«-
10	12	400	300	40	4,0	0,8	-«-
11	13	200	160	60	3,0	0,4	-«-
12	14	300	300	80	2,0	0,4	-«-
13	15	400	300	100	1,0	0,8	-«-
14	16	300	230	120	2,0	1,6	-«-
15	18	120	50	150	3,0	0,8	С механическим креплением СМП
16	19	180	90	160	4,0	1,0	-«-
17	21	160	110	60	5,0	1,6	-«-
18	24	250	150		6,0	3,2	-«-
19	21	420	240	80	5,0	3,2	-«-
20	19	480	300	120	4,0	1,6	-«-
21	18	340	220	100	3,0	1,6	-«-
22	16	400	210	120	2,0	0,8	-«-
23	15	380	200	110	1,0	0,8	-«-

№ вар.	Обрабат. материал	Размер заготовки, мм			Припуск $t$ , мм	$R_a$ , мкм	Тип фрезы
		$a$ , мм	$b$ , мм	$h$ , мм			
24	3	210	80	80	2,0	0,4	Насадная со вставными ножами
25	5	280	120	100	3,0	0,8	-«-
26	6	260	140	120	3,0	1,6	-«-
27	7	400	180	170	2,0	3,2	-«-
28	8	320	170	160	4,0	1,6	-«-
29	9	370	200	180	2,0	0,8	-«-
30	10	300	210	170	1,0	0,4	-«-
31	11	280	210	120	2,0	0,8	-«-
32	12	340	120	60	3,0	1,2	-«-
33	13	600	110	50	5,0	1,6	-«-
34	14	700	140	120	6,0	3,2	-«-
35	15	400	100	35	4,0	3,2	С механическим креплением СМП
36	16	320	160	140	3,0	1,6	-«-
37	18	300-	100	80	2,0	0,8	-«-
38	19	120	80	60	1,0	0,8	-«-
39	21	170	125	110	2,0	1,6	-«-
40	24	400	160	100	3,0	3,2	-«-
41	18	460	200	120	4,0	3,2	-«-
42	15	400	125	100	5,0	1,6	-«-
43	13	320	130	100	4,0	0,8	-«-
44	11	280	170	120	3,0	0,8	-«-
45	9	340	200	80	2,0	1,6	-«-
46	8	280	210	60	6,0	3,2	-«-
47	6	180	110	70	6,0	3,2	-«-
48	10	140	100	80	4,0	1,6	-«-
49	15	180	80	60	3,0	0,8	-«-
50	24	400	125	80	2,0	1,6	-«-

Таблица 5

Исходные данные к задаче № 3

№	Инструмент		Обрабат. материал	$d$ , мм	$D$ , мм	$L$ , мм
	Вид	Материал				
1	Развертка	P6M5	1	20,3	20,5	40
2	Сверло	BK4	3	20	40	60
3	Сверло	BK6	5	30	35	80
4	Сверло	BK8	6	0	20	40
5	Сверло	9XC	7	0	40	80
6	Сверло	XBG	8	0	32	50
7	Сверло	P6M5	9	0	24	80
8	Сверло	BK4	10	24	30	40
9	Сверло	BK6	11	16	18	18

№	Инструмент		Обрабат. материал	d, мм	D, мм	L, мм
	Вид	Материал				
10	Сверло	ВК8	12	8	12	30
11	Сверло	9ХС	13	14	16	40
12	Сверло	ХВГ	14	12	24	25
13	Зенкер	Р6М5	15	24	25	70
14	Зенкер	ВК4	16	20	21	52
15	Зенкер	ВК6	18	10	10,5	80
16	Зенкер	ВК8	19	12	13,2	10
17	Зенкер	9ХС	21	14	14,8	42
18	Зенкер	ХВГ	24	28	30	80
19	Развертка	Р6М5	1	14,8	15	40
20	Развертка	ВК4	3	12,7	12,8	60
21	Развертка	ВК6	5	28,75	20,0	100
22	Развертка	ВК8	15	15,3	15,5	60
23	Развертка	ХВГ	16	22,8	23,0	70
24	Развертка	ХВГ	1	15,6	15,8	80
25	Сверло	Р6М5	3	0	12	120
26	Сверло	ВК4	5	0	16	120
27	Сверло	ВК8	6	0	18	140
28	Сверло	ВК6	7	18	24	80
29	Сверло	ХВГ	8	14	16	120
30	Сверло	9ХС	9	0	42	80
31	Сверло	ВК8	10	0	8	60
32	Зенкер	ВК6	11	12	14	100
33	Зенкер	ВК4	12	16	18	80
34	Сверло	Р6М5	13	0	12	60
35	Сверло	9ХС	14	0	18	80
36	Развертка	ХВГ	15	18,2	18,4	120
37	Развертка	Р6М5	16	10,8	10,9	100
38	Развертка	ХВГ	18	11,85	12,0	120
39	Зенкер	ВК8	19	10,5	11	80
40	Зенкер	ВК6	21	42	45	120
41	Зенкер	ВК4	24	48	50	160
42	Сверло	Р6М5	12	0	50	200
43	Развертка	9ХС	11	14,8	15	80
44	Зенкер	ХВГ	10	16,5	18	60
45	Сверло	Р6М5	9	22	26	80
46	Зенкер	ХВГ	8	22	24	80
47	Сверло	Р6М5	7	0	16	80
48	Зенкер	9ХС	6	12,4	13	70
49	Развертка	Р6М5	5	14,8	15	80
50	Зенкер	ВК8	4	24	25	100

### 4.3 Методические указания к ИДЗ №2

Индивидуальное домашнее задание №2 состоит из трех теоретических вопросов и двух задач. Варианты заданий с соответствующими им вопросами приведены в табл. 6. Исходными данными к задачам являются расчетные параметры задач из ИДЗ №1.

Ответы на теоретические вопросы следует излагать кратко и только по существу вопроса, сопровождая ответ, если в этом имеется необходимость, эскизом или рисунком. Номинальный размер ответа на каждый вопрос – в пределах 1...3 страниц рукописного текста.

Решение задач необходимо сопровождать эскизом процесса обработки с указанием размеров и углов режущего инструмента, а также сил резания, действующих на инструмент.

Таблица 6

Теоретические вопросы, соответствующие номеру варианта

№	I	II	III	№	I	II	III
1	9	27	16	26	16	28	40
2	1	16	23	27	33	17	6
3	32	42	15	28	8	29	24
4	1	7	22	29	22	41	5
5	17	26	1	30	48	31	25
6	26	13	39	31	4	30	14
7	10	25	34	32	13	46	24
8	30	43	51	33	25	14	35
9	36	1	21	34	44	48	3
10	2	15	33	35	31	2	46
11	21	10	7	36	40	17	30
12	41	51	32	37	24	6	36
13	14	4	20	38	49	8	2
14	29	40	8	39	37	44	49
15	23	12	31	40	5	22	19
16	34	21	45	41	47	49	13
17	50	39	9	42	12	23	17
18	11	3	38	43	43	38	12
19	45	32	17	44	46	5	37
20	3	20	11	45	34	45	26
21	39	9	44	46	18	35	41
22	27	34	10	47	38	19	27
23	15	3	28	48	28	11	42
24	42	18	30	49	6	24	18
25	19	37	29	50	20	36	43

Номер теоретического вопроса соответствует его номеру в подразделе 6.3 данного методического указания.

## Задача № 1

На основании расчетов, проведенных при выполнении задачи №1 ИДЗ №1 необходимо провести проверку державки и режущей части резца на прочность.

Исходными данными для расчета являются размеры поперечного сечения державки (размеры определялись по табл. 11-12, [5]) резца, а также значение технологической составляющей силы резания  $P_z$  (см. рис. 2).

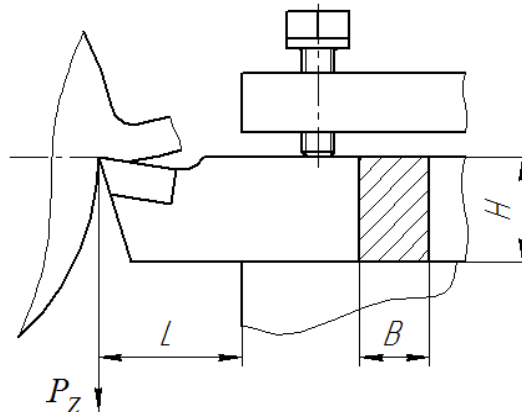


Рис. 2 Схема к расчету державки резца на прочность

**Проверка державки резца на прочность** производится с учетом действия только тангенциальной составляющей силы резания  $P_z$ , вызывающей изгиб державки резца. В этом случае условие прочности державки резца будет записано как

$$\sigma_{изг} = \frac{M_{изг}}{W} \leq [\sigma_{изг}],$$

где  $\sigma_{изг}$  – напряжения, возникающие в материале державки, Па;  $M_{изг}$  – изгибающий момент, Нм;  $W$  – осевой момент сопротивления при изгибе, м<sup>3</sup>;  $[\sigma_{изг}]$  – допустимое напряжение для материала державки, МПа (для конструкционной стали  $[\sigma_{изг}] = 200-300$  МПа).

Изгибающий момент определяется по формуле

$$M_{изг} = P_z \times L,$$

где  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания, Н;  $L$  – вылет резца из резцедержателя, м (следует принимать  $L = 1,5H$ ).

Осевой момент сопротивления при изгибе:  
для прямоугольного сечения

$$W = \frac{B \times H^2}{6};$$

для круглого сечения

$$W = 0,1 \times d^2,$$

где  $B$  – ширина державки, мм;  $H$  – высота державки, мм;  $d$  – диаметр державки, мм.

При расчете на прочность отрезных резцов необходимо учитывать, что опасным сечением будет место между головкой и хвостовиком резца. В этом случае ширину поперечного сечения необходимо принимать равной  $1/6$  высоты резца  $H$ .

Если условие прочности державки выполняется, значит рассчитанный режим резания может быть принят, в противном случае необходимо либо скорректировать режим резания, либо перейти к державке с большим поперечным сечением.

**Проверка пластинки твердого сплава на прочность** заключается в проверке условия

$$P_z < [P_z],$$

где  $[P_z]$  – значение составляющей силы резания, допускаемое прочностью твердосплавной пластинки заданной толщины,  $H$ .

Значения допускаемой составляющей силы резания  $P_z$  в зависимости от толщины режущей пластины приведены в табл. 7.

Таблица 7

Величины составляющей силы резания  $P_z$  в зависимости от толщины режущей пластины из твердого сплава

Толщина пластинки, мм, до	Глубина резания $t$ , мм				
	1	2	3	4	6
	Допускаемые значения $P_z$ , Н				
4	500	1800	2700	3600	5400
6	1900	3850	5800	7700	11500
8	3300	6600	9900	13200	19700
10	5000	9950	15000	20000	29800

## Задача № 2

Для инструмента из задачи №3 ИДЗ №1 (сверло, зенкер или развертка) по величинам крутящего момента  $M_{кр}$  и осевой силы  $P_o$  расчетом определить необходимый размер конуса Морзе, исключающий проворот инструмента в переходной втулке.

Номер конуса Морзе определяется по среднему диаметру хвостовика  $d_{cp}$ , который рассчитывается по изложенной ниже методике.

Для исключения проворота хвостовика необходимо чтобы момент трения между хвостовиком и втулкой  $M_{тр}$  был гарантировано больше момента резания  $M_{кр}$  (см. рис. 3)

$$M_{тр} = M_{кр} \times k,$$

где  $k$  – коэффициент запаса,  $k=1,25-1,5$ .

Момент трения рассчитывается по следующей формуле

$$M_{тр} = f \times P_R \times \frac{d_{cp}}{2}, \text{ кН}$$

где  $f$  – коэффициент трения стали по стали ( $f=0,1-0,2$ );  $P_R$  – радиальная сила на конической поверхности, Н;  $d_{cp}$  – средний диаметр хвостовика, мм.

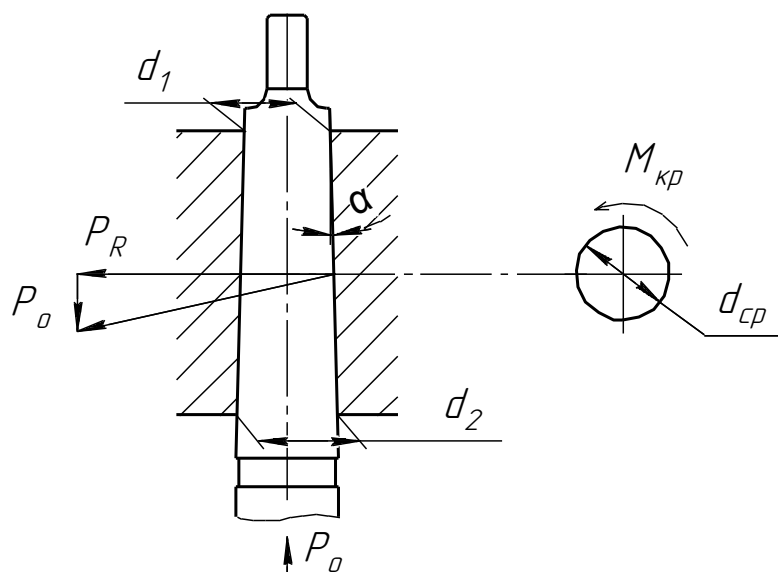


Рис. 3 К расчету конического хвостовика на прочность

Радиальная сила  $P_R$  связана с величиной осевого усилия и углом конуса следующей зависимостью

$$P_R = \frac{P_o}{\sin \alpha},$$

где  $\alpha$  – половина угла при вершине конуса, для конусов Морзе приблизительно можно принять  $\alpha=1^\circ 30'$ .



Тогда

$$M_{кр} = \frac{f \times P_o \times d_{cp}}{2 \times \sin \alpha},$$

с учетом погрешности изготовления конуса

$$M_{кр} = \frac{f \times P_o \times d_{cp}}{2 \times \sin \alpha} (1 - 0,04 \times \Delta\alpha),$$

где  $\Delta\alpha=5'$ .

Тогда средний диаметр конуса хвостовика определится по формуле

$$d_{cp} = \frac{M_{кр} \times 2 \times \sin \alpha}{f \times P_o \times (1 - 0,04 \times \Delta\alpha)}.$$

После расчета, по таблице ГОСТ 25557–82 выбирается ближайший больший конус.

## 5. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

### 5.1 Методические указания по выполнению курсового проекта

Курсовой проект представляет собой самостоятельную проектно-конструкторскую разработку фасонного резца. В результате выполнения проекта должен быть представлен рабочий чертеж указанного инструмента с пояснительной запиской, выполненный в соответствии с правилами и требованиями государственных стандартов, ЕСКД, с назначением допусков на линейные и угловые размеры, указанием допустимых погрешностей формы и отклонения от взаимного расположения поверхностей, требований по шероховатости поверхности и других технических условий, предъявляемых к изготовлению инструмента.

Рабочий чертеж резца желательно выполнять в масштабе 1:1 или 2:1 с приведением необходимых разрезов и сечений, которые, как правило, следует выполнять с большим масштабом по сравнению с общим видом. Лист рабочего чертежа инструмента должен быть заполнен предельно плотно и иметь формат А2 или А3.

Эскизы и расчетные схемы необходимо поместить на листах пояснительной записки, которая должна содержать:

– номер задания и исходные данные (см. табл. 8 и рис. 4). Номер варианта задания, выполняемого студентом, определяется двумя последними цифрами в зачетной книжке (учебный шифр). Если последние две цифры превышают количество вариантов, то для установления номера варианта необходимо от учебного шифра отнять ближайшее меньшее число из ряда – 50, 100, 150. Например, при шифре 17 выполняется 17 вариант, при шифре 67 – также 17 вариант, при шифре 128 – 28 вариант.

– указание марки материала режущей части (по рекомендациям из справочников);

– расчетную схему с указанием параметров резца;

– определение исходных (средних с учетом допусков) размеров профиля обрабатываемой детали;

– расчет координат узловых точек профиля резца (на криволинейном участке необходимо дополнительно брать не менее 2-х точек);

– выбор размеров элементов крепления и габаритных размеров резца (из справочников);

– назначение требований по отклонению формы поверхностей и их взаимному расположению, по шероховатости поверхностей, термообработке, маркировке и т.д.

– расчеты профиля и размеров режущей и других частей инструмента (параметры, назначаемые по рекомендациям, должны иметь

ссылку на соответствующий литературный источник);

– необходимые для расчетов схемы и рисунки.

Объем пояснительной записки проекта – до 10...15 страниц, которые должны быть сброшюрованы совместно с чертежом инструмента.

В конце записки должен быть приведен список использованной литературы.

Таблица 8

Исходные данные для проектирования фасонных резцов

№	Рис. детали	Тип резца	Обрабатываемый материал	№	Рис. детали	Тип резца	Обрабатываемый материал
1	а	круглый	Алюминий	26	б	призматич.	Бронза
2	б	призматич.	Медь М1	27	в	круглый	Сталь 18ХГ
3	в	круглый	Бронза	28	г	призматич.	Чугун АЧС-1
4	г	призматич.	Сталь 45	29	д	круглый	Б/р сталь Р9
5	д	круглый	Чугун СЧ15	30	е	призматич.	Чугун СЧ-40
6	е	призматич.	Сталь Ст.3	31	а	круглый	Сталь 9ХС
7	а	круглый	Сталь 20	32	б	призматич.	Алюминий АЛ-3
8	б	призматич.	Сталь 40	33	в	круглый	Сталь Ст.3
9	в	круглый	Сталь 38ХА	34	г	призматич.	Сталь 20Х
10	г	призматич.	Сталь 65Г	35	д	круглый	Алюминий
11	д	круглый	Сталь 20ХН	36	е	призматич.	Бронза
12	е	призматич.	ЧугунСЧ15	37	а	круглый	Сталь У7А
13	а	круглый	Бронза	38	б	призматич.	Сталь 38ХГН
14	б	призматич.	Латунь	39	в	круглый	Чугун СЧ24
15	в	круглый	Алюминий	40	г	призматич.	Бронза
16	г	призматич.	Медь М3	41	д	круглый	Латунь
17	д	круглый	СтальШХ15	42	е	призматич.	Сталь 15ХФ
18	е	призматич.	Сталь 15ХФ	43	а	круглый	Сталь 45
19	а	круглый	Сталь 80	44	б	призматич.	Сталь 45Г2
20	б	призматич.	Чугун КЧ40-3	45	в	круглый	Чугун КЧ35-10
21	в	круглый	Сталь 30	46	г	призматич.	Сталь 38ХГН
22	г	призматич.	Чугун СЧ21	47	д	круглый	Сталь У12А
23	д	круглый	Бронза	48	е	призматич.	Чугун АЧС-1
24	е	призматич.	Медь М3	49	а	круглый	Латунь

№	Рис. детали	Тип резца	Обрабатываемый материал	№	Рис. детали	Тип резца	Обрабатываемый материал
25	а	круглый	Чугун СЧ20	50	б	призматич	Сталь 50

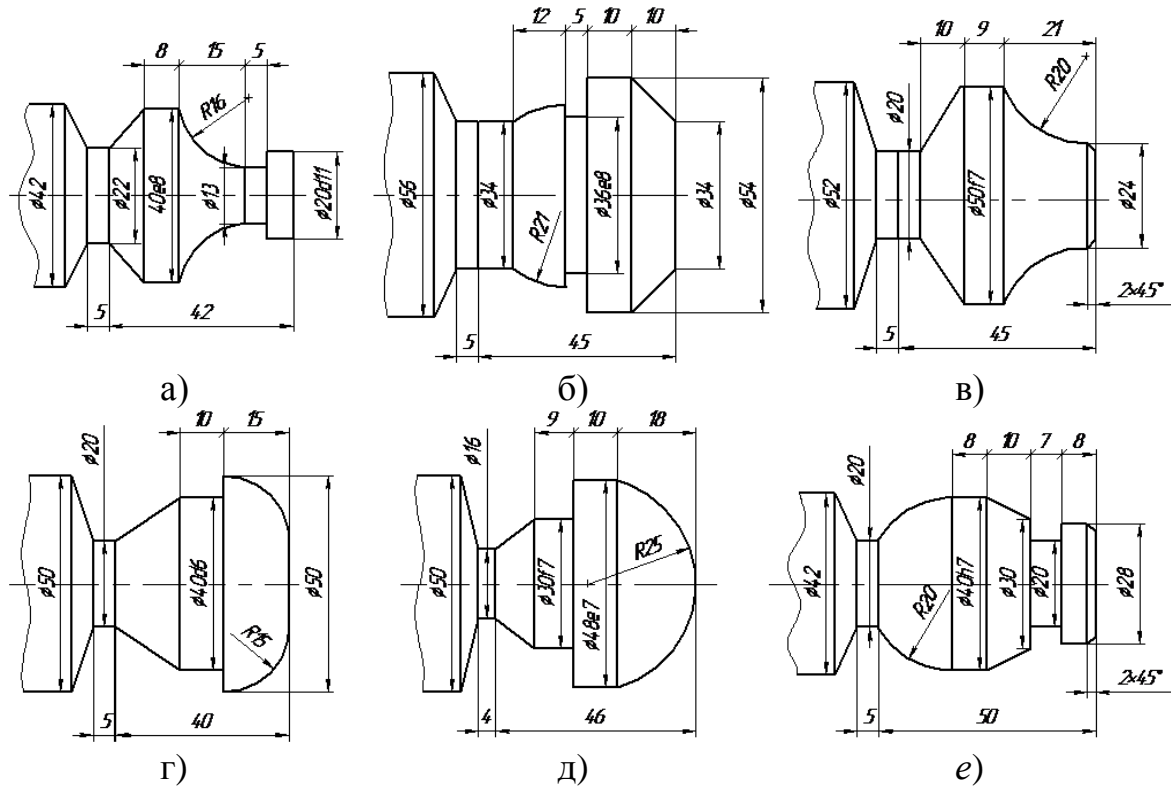


Рис. 4. Эскизы деталей к расчету фасонного резца

Подробные методические указания по выполнению и оформлению каждого задания курсового проекта представлены в пособии [3].

## 6. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения восьмого семестра студенты сдают зачет. Вопросы к зачету представлены в подразделе 6.1. Зачетный билет содержит три вопроса; образец билета представлен в подразделе 6.2.

После завершения девятого семестра студенты сдают экзамен.

Экзаменационный билет включает три вопроса. Экзаменационные вопросы формируются из контрольных вопросов, представленных в конце каждого теоретического раздела дисциплины, и представлены в подразделе 6.3. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса; образец билета представлен в подразделе 6.4.

После завершения изучения дисциплины, в конце десятого семестра студенты, сдают курсовой проект, итогом которого является дифференциальный зачет.

### 6.1 Вопросы для подготовки к зачету (8 семестр)

1. В чем заслуги русских основоположников науки о резании материалов: И. А. Тиме, К. А. Зворыкина, А. А. Брикса, Я. Г. Усачева?
2. Каковы основные результаты исследований Тейлора и как они отразились на последующем развитии науки о резании материалов?
3. Каковы содержание и значение комплексных экспериментальных исследований, выполненных под руководством Комиссии по резанию металлов?
4. Какие основные этапы в развитии науки о резании принято выделять и с какими стадиями технического прогресса в области механической обработки эти этапы связаны?
5. В чем заключается вклад в развитие науки о резании томских ученых?
6. Дайте определение скорости резания, подачи и проиллюстрировать их примерами:
  - а) строгания,
  - б) концевое фрезерование,
  - в) нарезания резьбы метчиком.
7. Какие рабочие углы инструмента измеряются в главной секущей плоскости и как они зависят от установки инструмента на станке?
8. Как оценить передний угол резца в случае криволинейной режущей кромки?
9. Какие формы передней поверхности используются при заточке резцов? Как эта форма влияет на процесс резания?
10. Может ли соотношение между скоростью резания и подачей влиять на рабочие углы инструмента? Если может, то как именно?

11. Дайте определение угла наклона главной режущей кромки инструмента. Как этот угол влияет на процесс резания?
12. Какие геометрические параметры инструмента называются кинематическими? Чем они отличаются от параметров заточки?
13. Какие срезы называются прямыми, равнобокими, обратными? При какой заточке резца реализуются обратные срезы?
14. Какой процесс резания называется свободным? Чем различается форма поперечного сечения среза при свободном и несвободном резании?
15. Какой процесс резания называется косоугольным? Как знак угла наклона главной режущей кромки влияет на деформацию при косоугольном свободном и несвободном резании?
16. Чем отличается деформация в случаях прямоугольного и косоугольного резания? При работе каких инструментов реализуются косоугольные резания?
17. Как влияют на процесс резания свойства формирующейся при резании новой (ювенильной) поверхности? Каковы энергетические затраты на ее формирование?
18. Какие встречаются виды стружек? При каких условиях резания формируется каждый из них?
19. Каковы особенности деформированного состояния при резании? При каких условиях можно его приближенно считать плоским?
20. Усадка стружки как приближенная мера деформации при резании. При каких условиях резания погрешность оценки деформации величиной усадки будет наибольшей?
21. Как изменяется деформация выделенного в срезаемом слое элементарного объема на пути его следования через зону резания? Как при этом изменяется скорость деформации?
22. Какой вид деформации называется простым сдвигом? Чем обосновывается правомерность его использования для оценки деформации в зоне резания?
23. Каков механизм формирования текстуры в стружке и в ее контактном слое? От каких факторов зависит угол текстуры?
24. Схема с единственной плоскостью сдвига, ее обоснование и использование для анализа процесса сливного стружкообразования.
25. Относительный сдвиг как мера деформации при сливном стружкообразовании. Как он связан с усадкой стружки?
26. Какова форма поперечного сечения стружки, образующейся при равнобоких и обратных срезах? Какими особенностями деформации такая форма объясняется?

27. Какие методы используют для исследования напряженного состояния в зоне резания? В чем преимущества и недостатки каждого из них?

28. В чем заключается способ «разрезного резца» для определения контактных нагрузок на передней поверхности инструмента? Каковы его преимущества и недостатки?

29. Каковы особенности трения на пластическом и упругом участках контакта стружки с инструментом? Как изменяется коэффициент трения вдоль длины контакта и в чем физический смысл среднего коэффициента трения на передней поверхности?

30. Каково распределение нормальных и касательных нагрузок на передней поверхности инструмента и как оно связано с деформацией контактного слоя стружки?

31. Каков характер взаимодействия задней поверхности инструмента с поверхностью резания? Чем определяются контактные нагрузки на различных ее участках?

32. От каких факторов зависят силы на задней поверхности инструмента? Как они изменяются по мере затупления резца?

33. Изобразите схему разложения силы резания на ее физические и технологические составляющие. Покажите графически, как изменение соотношения между силами на передней и задней поверхностями влияет на каждую из технологических составляющих силы резания.

34. Определите технологические составляющие эффективной мощности при резании и дайте их сравнительную оценку для различных видов обработки резанием (точения, строгания, сверления, фрезерования, шлифования).

35. Что такое сила сдвига при резании? Как она связана с напряжениями, действующими в условной плоскости сдвига? Что нужно знать, чтобы ее вычислить по заданной силе резания?

36. Удельная работа при резании как мера удельных энергетических затрат. Из каких составляющих она состоит? Объясните физическую сущность ее зависимости от толщины среза.

37. Как определяются физические составляющие удельной работы для схемы стружкообразования с единственной плоскостью сдвига? От каких факторов резания они зависят?

38. Почему удельная работа зависит от толщины среза? Объясните физическую сущность этой зависимости и покажите, как она реализуется при работе различных инструментов: резцов, фрез, разверток.

39. Как связана интенсивность тепловыделения на различных участках зоны резания с физическими составляющими удельной работы?

40. Тепловой баланс при резании. Какие факторы определяют соотношение его приходных и расходных статей?

41. Как скорость резания влияет на распределение тепла между инструментом, изделием и стружкой? Как это влияние обнаружить экспериментально?

42. Какая температура называется температурой резания, как ее измеряют и от каких факторов она зависит?

43. От каких геометрических параметров инструмента и как зависит температура резания? Поясните физический смысл этой зависимости.

44. Какие экспериментальные методы используются для исследования температурных полей в зоне резания? Покажите кривую изменения температуры по длине контакта стружки с резцом и объясните ее физическую сущность.

45. Как влияют на температуру резания отношение глубины резания к подаче, угол в плане и радиус при вершине инструмента? Объясните физическую сущность этого влияния и покажите, как его используют при конструировании режущих инструментов

46. Объясните физический смысл влияния на стружкообразование температурно-скоростного фактора:

- а) при низких скоростях резания;
- б) при высоких скоростях;
- в) в условиях наростообразования.

47. Почему при изменении подачи экстремальные точки кривой «Скорость резания - усадка» сдвигаются по скорости? Как это явление отражается на выборе режима резания?

48. Объясните физическую сущность связи между усадкой стружки и длиной ее контакта с резцом. Как изменяется усадка при искусственном уменьшении длины контакта путем заточки фаски на передней поверхности?

49. Объясните физический смысл влияния толщины среза на деформацию при резании в различных условиях:

- а) при очень низких скоростях;
- б) при высоких скоростях резания.

50. При каких условиях на резце образуется нарост? От каких факторов зависят его геометрические параметры и как он сам влияет на процесс стружкообразования?

51. Объясните физический смысл влияния на стружкообразование переднего угла инструмента. Почему с увеличением этого угла растет средний коэффициент трения и уменьшается высота нароста, а при переднем угле, превышающем  $40^\circ$ , нарост вовсе не образуется?



52. Как влияют угол в плане и радиус при вершине резца на деформацию и составляющие силы резания? Объясните физический смысл их влияния.

53. Как связаны между собой угол действия и угол плоскости сдвига? Какие гипотезы используются для теоретического обоснования этой связи?

54. Как экспериментально доказать существование при высоких скоростях однозначной зависимости параметров стружкообразования от температуры резания? Какова природа этой зависимости?

55. При каких условиях скорость резания влияет на стружкообразование как скорость деформации? От каких свойств обрабатываемого материала зависит степень этого влияния?

56. Какова зависимость усадки стружки от скорости резания и температуры? Какие условия влияют на форму этой зависимости и чем объясняется наличие у нее экстремальных точек?

57. На какие характеристики стружкообразования и как влияет температурно-скоростной фактор? Как зависит характер этого влияния от свойств обрабатываемого материала?

58. Как влияет на стружкообразование глубина резания и соотношение между глубиной и подачей? Зависит ли характер этого влияния от угла в плане?

59. Как влияет на стружкообразование и, в частности, на напряженно-деформированное состояние в зоне резания угол наклона главной режущей кромки инструмента?

60. Как экспериментально доказать, что при производственных скоростях резания элементы режима резания влияют на стружкообразование через изменения средней температуры контакта? Объясните физическую сущность этого влияния.

61. При каких условиях образуется нарост на резце? Какова его природа и как наростообразование влияет на процессы образования стружки, а также износа и разрушения инструмента?

62. Как скорость резания влияет на контактные условия на передней поверхности инструмента? Какова природа этого влияния и как оно связано с наростообразованием?

63. Дайте сравнительную характеристику способов экспериментального определения силы резания и применяемых для этой цели динамометров.

64. Какие условия положены в основу уравнения А. М. Розенберга для силы резания? Что нужно знать, чтобы выполнить с его помощью практические расчеты?

65. Чем объясняются неодинаковые значения показателя степени при глубине резания в эмпирических формулах для разных составляющих действующей на резец силы?

66. Чем объясняются неодинаковые значения показателя степени при подаче в эмпирических формулах для разных составляющих действующей на резец силы?

67. От каких факторов зависит коэффициент в эмпирической формуле для силы резания? Как влияют на этот коэффициент свойства обрабатываемого материала?

68. Почему влияние скорости резания на силу эмпирическими формулами учитывается для твердосплавных и не учитывается для быстрорежущих резцов? Почему показатель степени при скорости неодинаков для разных составляющих силы?

69. Как влияют геометрические параметры резца в плане на составляющие силы резания? Объясните физическую сущность их влияния.

70. Почему температурно-скоростной фактор существенно неодинаково влияет на разные составляющие силы резания? Дайте исчерпывающее физическое объяснение этого явления.

71. Почему передний угол резца неодинаково влияет на разные составляющие силы резания? Какое влияние на силу оказывает заточка фаски на передней поверхности?

72. Объясните влияние переднего угла резца на деформацию и составляющие силы резания при точении, используя уравнение К. Зворыкина. Как это влияние реализуется в условиях наростообразования?

73. Вследствие каких причин реальная шероховатость обработанной поверхности отличается от номинальной? Как эта шероховатость связана с процессом стружкообразования?

74. Как температурно-скоростной фактор влияет на шероховатость обработанной поверхности? Объясните физическую сущность его влияния.

75. Как связана шероховатость обработанной поверхности с процессом наростообразования? Каков механизм формирования шероховатости при наростообразовании и как он зависит от режима резания?

76. Каков механизм формирования упрочненного поверхностного слоя при резании? От каких факторов зависит толщина этого слоя? Объясните физический смысл этого влияния.

77. От каких факторов и как зависит шероховатость образуемой при резании поверхности детали? Как связаны параметры шероховатости (высота, шаг и др.) с характеристиками стружкообразования?

78. Вследствие каких причин происходит завивание стружки? От каких факторов зависит его интенсивность?

79. Опишите известные Вам способы управления сходом стружки и дайте их сравнительную характеристику.

80. Как на завивание и дробление стружки влияет форма передней поверхности инструмента и его геометрические параметры? Как это влияние используют в практике?

81. Какие Вы знаете средства дробления и завивания стружки при резании? Чем руководствуются при их выборе?

82. Какие предъявляются требования к материалу режущей части инструмента? Насколько удовлетворяют этим требованиям современные инструментальные материалы?

83. Дайте характеристику современных быстрорежущих сталей с указанием видов режущих инструментов, где их применение целесообразно.

84. Дайте характеристику и классификацию свойств, а также укажите конкретные области применения современных металлокерамических твердых сплавов для режущих инструментов.

85. Каковы преимущества, недостатки и области применения неметаллических материалов для режущих инструментов: керамики, алмазов, композитов?

86. Как влияют передний и задний углы инструмента на сопротивление его режущей части хрупкому разрушению? Какой способ заточки позволяет повысить это сопротивление?

87. Какова физическая природа прочности режущей части инструмента? Как эта прочность зависит от характера нагружения, в частности, от толщины среза (подачи)?

88. Какие существуют виды износа режущего инструмента, каков вклад каждого из них в процесс изнашивания и как этот вклад зависит от температуры резания?

89. Каков механизм адгезионно-усталостного износа инструмента, от каких факторов зависит его интенсивность и какими средствами можно ее снизить?

90. В чем заключается пластическое (вязкое) разрушение режущей части инструмента, какими физическими причинами оно вызывается и какими средствами можно его предотвратить?

91. В чем заключается хрупкое разрушение режущей части инструмента? Какими причинами оно вызывается и как его избежать?

92. В чем заключается и в каких условиях возникает химический износ инструмента? Какими средствами можно его уменьшить?

93. Какой вид износа характерен для быстрорежущих инструментов? Какие существуют способы повышения сопротивляемости изнашиванию их рабочих поверхностей?

94. Какие виды износа характерны для твердосплавных инструментов? Какие существуют способы повышения износостойкости их рабочих поверхностей?

95. Как изменяется форма режущей части инструмента в процессе изнашивания? От каких причин зависит местоположение участка наиболее интенсивного износа?

96. Когда преобладает износ на задней, а когда на передней поверхности? Как влияет на местоположение износа процесс наростообразования?

97. Как наростообразование влияет на износ инструмента? От каких свойств инструментального и обрабатываемого материала зависят характер и интенсивность этого влияния?

98. Как количественно оценивается износ и как он зависит от времени? Дайте физическое объяснение характера типичных кривых «время-износ».

99. Как влияет температура резания на интенсивность изнашивания быстрорежущих и твердосплавных инструментов? Дайте физическое объяснение особенностей этого влияния.

100. Почему элементы режима резания (скорость резания, глубина, подача) неодинаково влияют на стойкость инструмента. Объясните физическую природу влияния каждого из них.

101. Какова типичная зависимость относительного износа от температуры резания? Объясните физическую природу ее экстремальных точек.

102. Объясните физический смысл влияния на стойкость инструмента его переднего угла. От каких факторов зависит величина оптимального переднего угла?

103. Как влияет на стойкость задний угол инструмента? Объясните физическую сущность этого влияния. Что такое оптимальный задний угол и от каких факторов он зависит?

104. Как влияют на стойкость резца его геометрические параметры в плане: углы, радиус при вершине? Объясните физическую сущность их влияния и принципы выбора их оптимальных значений.

105. Что понимают под оптимальной геометрией режущей части инструмента? Каковы принципы назначения оптимальных геометрических параметров?

106. Что называется критерием затупления режущего инструмента и чем определяется его выбор при черновой и чистовой обработке?

107. Что называют суммарной стойкостью режущего инструмента? Как определить критерий затупления инструмента, исходя из его суммарной стойкости?

108. Какие существуют критерии оптимальности режима резания и какова область применения каждого из них?

109. В каких случаях за критерий оптимальности режима резания принимают наименьшую интенсивность износа? От каких факторов зависит выбранная по этому критерию оптимальная скорость резания?

110. Что понимается под скоростью и стойкостью наибольшей производительности? Как их рассчитать? От каких факторов они зависят?

111. Что понимают под экономической скоростью резания и экономической стойкостью резания и экономической стойкостью инструмента? Как эти величины рассчитать и от каких факторов они зависят?

112. Каковы принципы выбора подачи при точении? Чем ограничиваются ее предельные значения?

113. Чем обусловлена обычная последовательность выбора элементов режима резания: сначала глубина резания, затем подача и лишь потом скорость резания? В каких случаях приходится эту последовательность нарушать?

114. Что понимают под допустимой скоростью резания? От каких факторов и как она зависит?

115. Что называется показателем относительной стойкости инструмента? От каких физических факторов он зависит и почему для различных видов режущих инструментов принимает различные значения?

116. Как и почему на величину оптимальной стойкости инструмента влияют его размеры, форма, материал, а также число одновременно работающих инструментов?

117. Что понимается под обрабатываемостью материалов резанием? Какие существуют критерии обрабатываемости и чем определяется их выбор?

118. Как влияют свойства обрабатываемого материала на характер стружкообразования, деформацию, силу резания, шероховатость обработанной поверхности?

119. Какие свойства обрабатываемого материала и как определяют интенсивность изнашивания режущего инструмента?

120. Объясните механизм влияния механических свойств обрабатываемого материала на интенсивность изнашивания и разрушения инструмента. Почему со снижением пластичности обрабатываемого материала интенсивность изнашивания, как правило, снижается, а сила резания растет?

121. Какие существуют способы улучшения обрабатываемости за счет изменения свойств срезаемого слоя перед его удалением инструментом? Какова область применения каждого из них?

122. В чем заключается метод улучшения обрабатываемости путем предварительного подогрева заготовки? Каковы его преимущества, недостатки, область применения? Как предварительный подогрев влияет на характеристики процесса резания?

123. Какие основные группы смазочно-охлаждающих технологических средств применяются при резании? Чем различается характер их воздействия на процесс резания?

124. Какие существуют способы доставки смазочно-охлаждающих технологических средств в зону резания? Дайте характеристику особенностей, эффективности и области применения каждого из них.

125. Какие физические эффекты реализуются при попадании смазочно-охлаждающих жидкостей в зону резания? Объясните с их помощью механизм воздействия СОЖ на процесс резания при различных режимах обработки.

126. Дайте классификацию используемых при резании смазочно-охлаждающих средств. Каковы принципы их выбора для конкретных случаев обработки?

127. Какие микролегирующие добавки вводятся в сталь для улучшения ее обрабатываемости? Каков механизм влияния этих добавок на процесс резания?

128. Какие существуют способы экспериментального определения обрабатываемости резанием? Дайте их сравнительную характеристику.

129. Каковы особенности стружкообразования при сверлении и как они связаны с геометрическими параметрами спирального сверла?

130. Чем отличается геометрия режущей части спирального сверла от геометрии токарного резца и к каким особенностям стружкообразования при сверлении приводят эти различия?

131. Как распределяются механические и тепловые нагрузки вдоль режущих кромок сверла? Какими способами можно сделать это распределение более равномерным?

132. Как геометрические параметры спирального сверла влияют на характеристики стружкообразования и на стойкость инструмента? От каких факторов зависят оптимальные значения этих параметров?

133. Проанализируйте значения показателей степени в эмпирических формулах для крутящего момента и силы подачи при сверлении и объясните физический смысл влияния на эти характеристики элементов режима резания.

134. Каковы особенности износа и разрушения спиральных сверл при их работе в различных условиях и, в частности, при сверлении разных материалов? Что принимается за критерий затупления сверла?

135. От каких факторов зависит допустимая скорость резания при сверлении? Объясните физический и технологический смысл этих зависимостей.

136. Каковы принципы назначения режима резания при сверлении? Как зависит выбор этого режима от прочности сверла?

137. Объясните, какие существуют различия в методике выбора режима резания на сверлильном и токарном станках и чем эти различия вызваны.

138. Каковы должны быть различия в номограммах использования токарного и сверлильного станков? Какими причинами обусловлены эти различия?

139. Каковы особенности процесса стружкообразования при работе фрез различных типов: цилиндрических, торцовых, концевых? Как влияет на этот процесс угол наклона зуба фрезы?

140. От каких факторов зависит и как изменяется во времени суммарная площадь поперечного сечения среза, снимаемой цилиндрической фрезой?

141. Какой процесс цилиндрического фрезерования называется равномерным? Докажите, что в случае равномерного фрезерования суммарная площадь поперечного сечения среза остается постоянной во времени.

142. В чем различия между встречным и попутным фрезерованием? Покажите, как элементы встречного и попутного фрезерования реализуются при работе фрез различных типов и какие требования к технологическому оборудованию это обуславливает.

143. Какие существуют способы построения формул для расчета сил и моментов, действующих на фрезу? Как используются для этой цели закономерность изменения во времени удельной работы одного зуба фрезы?

144. Как изменяются во времени составляющие силы и момент при цилиндрическом фрезеровании? Как определить их значения при равномерном фрезеровании?

145. Как количественно оценить неравномерность процесса цилиндрического фрезерования? Какие существуют способы уменьшения этой неравномерности?

146. Как рассчитать мощность при фрезеровании? Чем отличаются формулы для расчета мощности при цилиндрическом и торцевом фрезеровании и в чем причины этих различий?

147. Каков физический смысл влияния на мощность цилиндрического фрезерования элементов режима резания, ширины и глубины фре-

зерования, подачи и числа оборотов фрезы? Что понимается под средней толщиной среза и как использовать это понятие для ответа на поставленный вопрос?

148. Каков физический смысл влияния на мощность цилиндрического фрезерования параметров фрезы: диаметра, числа зубьев, геометрии их заточки? Что такое средняя толщина среза и как использовать это понятие для ответа на поставленный вопрос?

149. Объясните физический смысл однозначной зависимости средней удельной работы при цилиндрическом фрезеровании от средней толщины среза. Как эта зависимость используется для объяснения влияния различных факторов на мощность процесса фрезерования? Как учитывается эта неравномерность при эксплуатации торцевых фрез?

150. Как численно оценить неравномерность торцевого фрезерования? Как учитывается эта неравномерность при эксплуатации торцевых фрез?

151. Каковы особенности износа и разрушения инструментов при прерывистом резании? Как эти особенности реализуются при фрезеровании и как влияют на режим эксплуатации фрез?

152. От каких факторов зависит стойкость торцевой фрезы при лобовом фрезеровании? Как влияет на нее расположение оси фрезы относительно заготовки и в чем физический смысл этого влияния?

153. От каких параметров и как зависит допускаемая скорость резания при фрезеровании? Объясните физический смысл влияния каждого фактора на эту скорость.

154. Что понимают под средней удельной работой при фрезеровании, от каких факторов она зависит и в чем физический смысл этих зависимостей?

155. Как влияют геометрические параметры фрезы на составляющие силы, крутящий момент и мощность при цилиндрическом фрезеровании? Объясните смысл их влияния.

156. Как влияют геометрические параметры торцевой фрезы на действующие на фрезу силы, а также на мощность процесса фрезерования и стойкость фрезы? Объясните физический смысл их влияния.

157. Дайте сравнительную характеристику современных абразивных материалов, указав области их рационального применения и пути дальнейшего совершенствования.

158. Какими параметрами характеризуется шлифовальный круг и как эти параметры учитываются при выборе круга?

159. В чем заключается сходство и каковы различия процессов резания закрепленным абразивным зерном и лезвийным инструментом? Как связаны эти различия с характеристиками шлифовального круга?



160. В чем сущность процесса самозатачивания шлифовального круга? Как связан эффект самозатачивания со средней нагрузкой на одно зерно и как эта связь используется для оптимизации режима шлифования?

161. Каковы особенности теплообразования и теплораспределения при шлифовании кругом? Чем эти особенности обусловлены и как они влияют на качество изделий, обработанных кругом?

162. Почему при одинаковой кинематике соотношение между компонентами силы, действующей на инструмент, при круглом шлифовании и точении существенно неодинаково? На какие характеристики процесса шлифования влияет это различие?

163. Сопоставьте по удельным энергетическим затратам различные виды обработки резанием: точение, сверление, торцевое и цилиндрическое фрезерование, шлифование; укажите различия и поясните их физические причины.

164. Что такое зернистость шлифовального круга, как ее измеряют? Как зернистость влияет на стружкообразование и износ круга?

165. Что понимают под структурой шлифовального круга? Как ее оценивают? Как влияет структура на процесс шлифования и каковы принципы подбора круга по структуре?

166. Какие связи применяются в шлифовальных кругах? Что такое твердость круга и как ее измеряют? Принципы выбора круга по твердости и их обоснование.

167. От каких факторов зависит скорость резания при шлифовании? Каковы пути и перспективы применения скоростного шлифования?

168. Что понимают под стойкостью шлифовального круга? От каких факторов и как она зависит?

169. Каковы принципы выбора режима резания при шлифовании и как они связаны с условиями самозатачивания круга?

170. Каковы принципы выбора шлифовального круга по зернистости, структуре, твердости и как они связаны с условиями его самозатачивания?

## 6.2 Образец зачетного билета

### Зачетный билет № X

1. Дайте определение скорости резания, подачи и проиллюстрируйте их примерами:
  - а) строгания,
  - б) концевое фрезерование,
  - в) нарезания резьбы метчиком.
2. На что влияют три технологические составляющие силы резания?
3. Какие свойства обрабатываемого материала и как определяют интенсивность изнашивания режущего инструмента?

### 6.3 Вопросы для подготовки к экзамену (9 семестр)

1. Назовите основные части токарного резца, сверла, фрезы.
2. Какие типы хвостовиков бывают у осевых инструментов?
3. Каковы конструктивные особенности патронов для высокоскоростной обработки?
4. Дайте определения геометрических параметров резцов на примере токарных проходных резцов, а также координатных плоскостей и углов  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha_1$ ,  $\varphi$  и  $\varphi_1$ .
5. Назовите типы резцов и их основные геометрические параметры в связи с кинематикой процесса резания.
6. Каковы особенности конструкций твердосплавных резцов, оснащенных сменными многогранными пластинами (СМП)? Перечислите их достоинства по сравнению с напайными пластинами, типы СМП и способы их крепления.
7. Каковы особенности конструкции и геометрические параметры резцов, оснащенных алмазами, керамикой и сверхтвердыми материалами?
8. Какими способами осуществляется стружкозавивание и стружколомание при точении?
9. Перечислите типы фасонных резцов, их назначение, способы крепления на станке и переточки.
10. Дайте определение передних и задних углов фасонных резцов.
11. Как влияет угол наклона главной режущей кромки фасонных резцов в основной плоскости на величину задних углов? Какими способами можно избежать нулевых задних углов?
12. Изложите аналитический способ профилирования круглых фасонных резцов.
13. Произведите расчет профиля призматических фасонных резцов по заданному профилю детали.

14. Назовите причины погрешностей профиля, обработанного фасонными резцами. Как их можно избежать или уменьшить?
15. Назовите основные типы протяжек, их достоинства и недостатки.
16. Почему протяжки обеспечивают высокую производительность при сравнительно низких скоростях резания?
17. Схемы удаления припуска при работе внутренних протяжек. Их достоинства и недостатки.
18. На что и как проверяют внутренние протяжки при проектировании?
19. В чем особенности расчета протяжек при групповой схеме резания?
20. Особенности работы и схемы резания при протягивании гранных отверстий.
21. Схемы резания при протягивании шлицевых отверстий.
22. Особенности конструкций и методики расчета протяжек для обработки наружных поверхностей.
23. Когда и каким образом можно использовать твердые сплавы для оснащения протяжек?
24. Назовите основные типы фрез и их конструктивные отличия.
25. Перечислите типы зубьев фрез и назовите области их применения.
26. Каковы конструктивные особенности фрез, оснащенных СМП? Как осуществляется базирование и крепление СМП у фрез различных типов?
27. В чем суть и назначение способа затылования зубьев фрез?
28. Как определить величину падения затылка у фрез, затылованных по архимедовой спирали - в том числе на участках режущих кромок, наклонных к оси инструмента?
29. Как рассчитывается профиль фасонной затылованной фрезы, имеющей положительный передний угол?
30. Укажите достоинства и недостатки фрез с затылованными зубьями, а также конструктивные параметры дисковых фрез с затылованными зубьями.
31. Почему фрезы с остrokонечными зубьями, обеспечивают большую производительность, чем фрезы с затылованными зубьями?
32. Конструктивное исполнение перовых сверл. В чем их достоинства и недостатки? Где и в каких объемах они применяются?
33. Назовите основные конструктивные и геометрические параметры спиральных сверл.

34. Как изменяется передний угол у спиральных сверл? Приведите доказательство картины изменения углов  $\gamma$  и  $\lambda$  в разных точках главных режущих кромок сверла.

35. Каким образом движение подачи сверла влияет на задние углы в различных точках режущих кромок?

36. Покажите основные схемы заточки спиральных сверл. Как они влияют на геометрические параметры поперечной режущей кромки спирального сверла?

37. В чем заключаются недостатки геометрии спиральных сверл и как они устраняются при заточке?

38. Особенности сверления глубоких отверстий и применяемые типы сверл.

39. В чем заключается принцип одностороннего резания при сверлении глубоких отверстий? Назовите типы сверл, работающих по этому принципу.

40. Устройство эжекторных сверл. Их достоинства и недостатки.

41. Назовите основные типы зенкеров и области их применения.

42. Покажите конструктивные и геометрические параметры цилиндрических зенкеров. Как определить допуски на наружный диаметр зенкера?

43. Каковы особенности и разновидности сборных зенкеров?

44. Чем зенковки отличаются от цилиндрических зенкеров? Их разновидности и области применения.

45. Назовите основные конструктивные и геометрические параметры разверток. Как они назначаются?

46. Как определяют допуски на диаметр разверток?

47. В чем суть кольцевой заточки цилиндрических разверток? Ее достоинства.

48. Перечислите особенности конструкции котельной развертки. Где она применяется?

49. Каковы особенности конструкции разверток для обработки конических отверстий?

50. В чем состоят особенности конструкций разверток, оснащенных твердым сплавом?

51. Чем развертки одностороннего резания отличаются от обычных разверток? Их достоинства и недостатки.

## **6.4 Образец экзаменационного билета**

### **Экзаменационный билет № X**

1. Каковы конструктивные особенности фрез, оснащенных СМП? Как осуществляется базирование и крепление СМП у фрез различных типов?
2. В чем заключаются недостатки геометрии спиральных сверл и как они устраняются при заточке?
3. Перечислите особенности конструкции котельной развертки. Где она применяется?

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Литература обязательная

1. Кожевников Д. В. Режущие инструменты: учебное пособие / Д. В. Кожевников, С. В. Кирсанов; Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 245 с.
2. Кожевников Д. В. Резание материалов: учебник / Д. В. Кожевников, С. В. Кирсанов; под ред. С. В. Кирсанова. – 2-е изд., доп. – М.: Машиностроение, 2012. – 304 с.
3. Кирсанов С. В. Резание материалов и режущий инструмент. Расчет фасонных резцов и протяжек для обработки круглых отверстий: учебно-методическое пособие / С. В. Кирсанов; НИ ТПУ, ИДО. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 80 с.
4. Грановский Г.И. Резание металлов/ Г.И. Грановский, Э.Г. Грановский. – М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя, в 2 т. Т.2/ под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496с.
6. Протяжки для обработки отверстий / Д.Д. Маргулис, М.У. Тверской и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 230 с.
7. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту/ Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
8. Резание материалов и режущий инструмент: метод. указ. к выполнению лабораторных работ для студентов ИнЭО, обучающихся по напр. 150700 «Машиностроение», профиль «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

### 7.2 Литература дополнительная

9. Полетика М.Ф. Теория резания металлов: учебное пособие. Вып. 1. – Томск: Изд. ТПИ, 1974. – 186 с.
10. Полетика М.Ф. Теория обработки резанием: учебное пособие. Часть 2. – Томск: Изд. ТПИ, 1975. – 102 с.
11. Полетика М.Ф. Теория резания металлов: учебное пособие. Часть 3. – Томск: Изд. ТПИ, 1980. – 95 с.
12. Полетика М.Ф. Фрезерование: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 1994. – 46 с.
13. Полетика М.Ф. Механика процесса резания: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2002. – 179 с.

14. Справочник инструментальщика / под общей ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987. – 845 с.

15. Справочник конструктора-инструментальщика / под ред. В.А. Гречишникова, С.В. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 2006. – 720 с.

Учебное издание

# РЕЗАНИЕ МАТЕРИАЛОВ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Методические указания и индивидуальные задания

*Составитель*

КИМ Алексей Богович

*Рецензент*

*кандидат технических наук,  
доцент кафедры ТАМП ИК*

*В.Ф. Скворцов*

Компьютерная верстка *В.П. Зимин*




Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, [www.tpu.ru](http://www.tpu.ru)