

## 1. Пояснительная записка

1.1. Вступительные испытания в аспирантуру предназначены для определения теоретической и практической подготовленности магистра или специалиста к выполнению профессиональных задач.

1.2. Программа охватывает вопросы по комплексу дисциплин, изучаемых в пределах подготовки магистра по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и наиболее соответствующих программе аспирантуры «Машиностроение», соответствующие уровню знаний магистратуры, знание которых необходимо для последующего освоения дисциплин программы аспирантуры. В процессе экзамена, поступающие должны показать свою подготовленность к продолжению образования в аспирантуре.

1.3. Поступающий должен знать:

Области исследований:

- повышение эксплуатационных характеристик оборудования, режущего инструмента.
- Современное состояние и проблемы станкостроительной отрасли, инструментальной промышленности.
- Перспективы использования композиционных материалов в технологиях изготовления элементов оборудования, режущего инструмента.
- Новые материалы, влияние их структуры на технологические и прочностные свойства сплавов.
- Системы инструментального обеспечения производства в машиностроении: классификация, типы.
- Автоматизированное оборудование для различных методов обработки.
- Оборудование для контроля и настройки инструментов.

- Роль технологий физико-технической обработки в повышении качества оборудования, инструментов.
- Физико-технические методы обработки материалов: технологии, физическая сущность, оборудование.
- Особенности проектирования станков для сверхскоростной обработки
- Технологические процессы, обеспечивающие повышение качества изделий и снижение их себестоимости.
- Математическое моделирование процессов, возникающих в процессе изготовления деталей;
- Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости их выпуска.

## **2. Порядок проведения вступительного испытания**

2.1. Вступительное испытание (экзамен) проводится устно по экзаменационным билетам.

2.2. Экзаменационные билеты включают в себя **3 вопроса** из разных тем.

2.3. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

2.4. Время опроса в устной форме – **20-30 минут**.

2.5. Абитуриент обязан иметь при себе документ, удостоверяющий личность и гражданство, а также пропуск, выданный приемной комиссией.

## **3. Содержание вступительного испытания**

**3.1. Модуль: «Значение механических и физико-технических методов обработки в современном машиностроении».**

Содержание специальности, проблемы, стоящие перед современным машиностроением и инструментальной отраслью. Современные технологии

механической и физико-технической обработки. Основные задачи, решаемые методами механической и физико-технической обработки.

Обработка материалов резанием – важнейший элемент технологии машиностроения. Значение теории резания для развития современной технологии машиностроения, круг решаемых ею задач. Понятие физико-технической обработки как метода изготовления детали путем снятия с заготовки слоя материала в результате всех возможных видов воздействия инструмента (механического, теплового, электрического, химического, акустического, лучевого, плазменного, струйного и др.) в технологической среде и их комбинаций.

Научные основы технологии машиностроения, процессов резания материалов и физико-технических методов обработки. Современные научные исследования в этой области. Роль науки в развитии станкостроения и инструментальной промышленности.

### **3.2. Модуль: «Обработка материалов резанием».**

Механическая обработка резанием как метод формообразования деталей заданных размеров, точности и качества поверхности путем удаления с заготовки слоя материала в виде стружки. Преимущества и недостатки механической обработки резанием. Относительные движения инструмента и заготовки при обработке резанием. Определение рабочих поверхностей инструмента. Геометрия режущего клина. Понятие о базовых координатных плоскостях. Взаимосвязи между углами в различных секущих плоскостях. Статические и кинематические геометрические параметры рабочей части инструмента. Углы заточки и рабочие углы инструмента.

Классификация видов резания. Схемы формообразования поверхностей. Параметры режима резания и геометрические элементы срезаемого слоя. Схемы резания (схемы срезания припуска): профильная и генераторная, одиночная и групповая.

Инструментальные материалы, основные требования, предъявляемые к ним. Повышение режущих свойств инструментальных материалов.

Физические основы процесса резания. Общие представления о пластических деформациях и разрушении твердых тел. Дислокационные представления о природе пластической деформации при резании металлов. Схема процесса стружкообразования с единственной плоскостью сдвига. Образование сливной стружки. Особенности резания хрупких материалов. Виды стружек. Характеристики пластических деформаций металла при резании: степень деформации, относительный сдвиг, усадка стружки. Влияние на коэффициент усадки различных факторов процесса резания. Управление стружкообразованием в автоматизированном производстве.

Контактные процессы при резании. Явления адгезии и диффузии. Застойные явления и контактные (вторичные) деформации. Нормальные и касательные напряжения. Коэффициент трения при резании и факторы, влияющие на его величину. Наростообразование при резании. Влияние нароста на процесс резания. Зависимость наростообразования от различных факторов.

Динамика процесса резания. Силы, возникающие на рабочих поверхностях инструмента. Общая сила резания и ее проекции. Полная и удельная работа резания. Влияние на силы резания технологических факторов процесса резания. Измерение составляющих силы резания. Расчетные формулы для определения составляющих силы резания, крутящих моментов и мощности резания для различных видов обработки. Виды колебаний, возникающих в процессе резания. Автоколебания. Влияние параметров режима резания, инструмента и технологического оборудования на вибрации при резании материалов.

Тепловые явления при резании, их влияние на качество обработанной поверхности. Методы теоретического и экспериментального определения температур. Источники и баланс теплоты при резании, тепловые потоки. Температура резания и влияние на нее элементов режима резания, обрабатываемых и инструментальных материалов, геометрических параметров инструмента. Оптимальная температура резания. Основные пути

управления тепловыми процессами при лезвийной и абразивной обработке резанием.

Физическая природа изнашивания инструмента (абразивный, адгезионный, диффузионный, окислительный и др. механизмы изнашивания). Интенсивность изнашивания и кривые износа режущего инструмента. Критерии износа инструмента. Технологические критерии износа и понятие размерного износа инструментов. Период стойкости инструмента, ее зависимость от факторов процесса резания. Математические модели периода стойкости инструмента и назначение периода стойкости в автоматизированном производстве. Основные направления повышения стойкости режущих инструментов. Прочность инструмента, методы расчета прочности режущего клина, метод конечных элементов. Понятие надежности инструмента, производственные показатели надежности.

Формирование свойств поверхностного слоя обработанных деталей. Формирование физико-химического состояния поверхностного слоя детали, влияние условий резания на тонкую структуру, наклеп, остаточные напряжения, изменение химического состава, фазовые превращения. Формирование шероховатости обработанных поверхностей.

Технологические среды при обработке резанием. Физико-химическое действие технологических сред (смазывающее, охлаждающее, моющее, режущее действие среды, эффект Ребиндера). Виды смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) и область их применения. Способы подачи СОТС в зону резания.

Особенности процесса шлифования, виды шлифования. Прогрессивные процессы абразивной обработки: глубинное, скоростное, ультразвуковое шлифование, обработка свободным абразивом и др. Оптимизация процесса резания. Понятие о системе резания как совокупности входных факторов, параметров функционирования процесса резания и выходных параметров (показатели работоспособности инструмента и качества обработанных поверхностей, производительность и стоимость обработки). Постановка

задачи оптимизации. Методы оптимизации, математические модели. Критерии оптимальности, технологические и технические ограничения. Применение ЭВМ для оптимизации. Назначение режимов резания при работе на универсальных станках, станках с ЧПУ и автоматических линиях.

### **3.3. Модуль: «Физико-технические методы обработки материалов».**

Научные основы технологии физико-технической обработки. Роль науки в создании оборудования и технологий для физико-технической обработки. Физико-технический механизм обработки как метод снятия с заготовки слоя материала в результате механического, теплового, электрического, химического, акустического, лучевого, плазменного, струйного и др. воздействий в технологической среде и их комбинаций. Классификация методов физико-технической обработки. Ультразвуковая обработка. Физические основы метода. Оборудование. Технологические характеристики размерной ультразвуковой обработки. Электроэрозионные методы обработки. Физическая сущность метода. Схемы формообразования. Оборудование для электроэрозионной обработки. Электрохимическая обработка материалов: сущность и физические основы. Оборудование и инструмент, использование при электрохимической обработке. Лучевые методы обработки: лазерная, светолучевая и электронно-лучевая. Оборудование и технологии. Химические методы обработки, сущность, установки, применение.

Отделочные методы физико-технической обработки: электрополирование, магнитно-абразивное полирование, электромагнитная обработка. Физическая сущность методов.

Плазменная обработка материалов. Физическая сущность метода.

Струйная обработка материалов. Физическая сущность метода. Технологические процессы струйной обработки.

Комбинированные методы физико-технической обработки, их классификация. Область применения. Физические схемы и технологические установки.

### **3.4. Модуль: «Режущий инструмент».**

Инструментальные материалы, их эксплуатационные характеристики, область применения и основные марки. Общие элементы и параметры конструкций режущих инструментов. Составные части режущих инструментов. Режущий клин как основа любой режущей части. Поверхности и кромки режущей части. Системы координат. Параметры рабочей части инструментов. Цельные, составные и сборные конструкции инструментов. Конструкции режущих инструментов для выполнения основных технологических процессов обработки резанием (точения и растачивания, сверления, зенкерования и развертывания, зубонарезания, резбонарезания, фрезерования, протягивания, строгания, шлифования). Типы инструментов, принцип работы, схемы резания. Кинематика движения инструмента и заготовки. Область применения, технологические возможности. Геометрические и конструктивные параметры. Технологии крепления режущих элементов. Инструменты с острозаточенными и затылованными зубьями. Режущие инструменты с многогранными неперетачиваемыми пластинками (МНП). Пути совершенствования конструкций инструментов.

Общие сведения об инструментальных системах машиностроительного производства. Структура инструментальных систем автоматизированного оборудования. Функции и задачи инструментального обеспечения. Значение режущих и вспомогательных инструментов, требования к ним. Понятие об инструментальных блоках, инструментальной наладке и их компонентах. Вспомогательные инструменты для автоматизированного оборудования. Системы вспомогательных инструментов в зависимости от способа крепления инструментального блока на станке. Система инструментообеспечения автоматизированного оборудования. Инструментальные накопители (револьверные головки и инструментальные магазины). Способы автоматической смены инструмента. Автооператоры. Кодирование и поиск инструмента.

### **3.5. Модуль: «Технологическое оборудование современного машиностроительного производства».**

Общие сведения о технологическом оборудовании машиностроительного производства. Взаимосвязь технологии и оборудования. Научные основы проектирования станков и станочных систем, роль науки в совершенствовании и создании новых конструкций металлорежущих станков. Основные виды технологического оборудования. Основные системы и узлы станка. Классификация станочного оборудования.

Технико-экономические показатели и критерии работоспособности технологического оборудования. Основные задачи по повышению технического уровня и конкурентоспособности металлообрабатывающего оборудования. Основные узлы и механизмы технологического оборудования: механизмы, изменяющие скорость движения; периодических (прерывистых) движений; суммирующие; возвратно-поступательных движений; делительные. Приводы главного движения. Шпиндельные узлы. Приводы подачи. Тяговые механизмы. Линейные приводы. Базовые детали. Направляющие. Системы управления технологическим оборудованием.

Процесс образования поверхностей деталей резанием на станках. Производящие линии поверхности. Методы образования производящих линий. Движения в станках. Кинематические связи в станках. Кинематическая структура станка. Кинематическая настройка станка.

Универсальные металлорежущие станки и автоматы, их типы. Станки с ЧПУ. Многоцелевые станки. Многоцелевые станки с параллельной кинематической структурой. Агрегатные станки. Автоматические линии. Состав автоматических линий. Типы линий. Структуры и компоновки линий. Целевые механизмы автоматических линий. Автоматические линии из агрегатных станков, роторных АЛ. Технологическое оборудование гибких производственных систем. Характерные особенности ГПС. Типы ГПС. Уровни автоматизации ГПС. Структурные и компоновочные схемы ГПС.

### **3.6. Модуль: «Проектирование и расчет технологического оборудования».**

Основные этапы проектирования станочного узла, станка, станочной системы. Автоматизированное проектирование. Проектные критерии и ограничения. Стандартизация при конструировании: унификация, типизация, агрегатирование. Модульный принцип конструирования. Моделирование, эксперимент, эксплуатационные наблюдения при создании станков и станочных систем. Формообразующие движения. Методы образования наиболее распространенных поверхностей деталей машин. Схема движений. Компоновки технологических машин. Обоснование технического уровня проектируемого оборудования. Определение геометрических параметров оборудования, диапазона скоростных характеристик и расчетных нагрузок. Разработка расчетных схем.

Особенности конструирования узлов и элементов оборудования. Критерии оценки конструкции узлов. Технологичность конструкций. Надежность, точность и жесткость конструкций. Способы снижения геометрических, тепловых, упругих деформаций.

Конструирование приводов главного движения, шпиндельных узлов, приводов подачи. Проектирование тяговых устройств, базовых деталей, направляющих. Проектирование поворотных, фиксирующих и зажимных устройств автоматической смены и закрепления инструментов, устройств автоматической смены заготовок.

Проектирование промышленных роботов. Конструкции манипуляторов промышленных роботов, хватных устройств, исполнительных органов манипуляторов. Проектирование смазочных систем. Проектирование устройств для подачи СОЖ и охлаждающей среды, устройств для отвода стружки.

### **3.7. Модуль: «Электрооборудование станков».**

Устройство и основные характеристики электродвигателей станков: конструкции двигателей постоянного и переменного тока. Типы

быстродействующих двигателей, высокомоментные двигатели постоянного тока с постоянными магнитами, их достоинства; двигатели для вентильного привода; шаговые двигатели с гидроусилением; линейные двигатели. Механические характеристики двигателей: разгон, торможение и регулирование скорости. Системы регулируемого электропривода станков. Тенденции развития конструкций электродвигателей станков. Управление электроприводов на базе микропроцессоров с микроЭВМ. Расчет мощности электродвигателей станков: при длительной работе; при повторно-кратковременной работе.

### **3.8. Модуль: «Гидравлический привод станков».**

Область применения гидравлического привода в станках, его преимущества и недостатки, основные требования, предъявляемые к гидроприводу станков. Способы регулирования скорости в гидравлических приводах станков, принципиальные схемы, основные характеристики. Схемы и конструкции основных элементов гидропривода: насосы и гидромоторы; цилиндры; контрольно-регулирующая аппаратура; распределительная аппаратура; фильтры. Гидравлические следящие приводы. Область применения в станках, основные схемы, точность и устойчивость приводов.

Электрогидравлические приводы станков с ЧПУ: следящие золотники; гидроусилители крутящего момента; насосные установки (станции). Динамика гидропривода. Устойчивость движения рабочих органов станков с гидроприводом. Вибрация в гидросистемах, устойчивость контуров системы.

#### 4. Критерии и нормы оценки

В конце экзамена комиссия подводит итоги, и выставляется итоговая оценка каждому аспиранту в соответствии с критериями и нормами оценки.

Форма проведения экзамена	Критерии и нормы оценки	
Устно	«отлично»	Правильный и полный ответ на три вопроса билета в соответствии с программой дисциплины.
Устно	«хорошо»	Правильные, но не полные ответы на три вопроса билета в соответствии с программой дисциплины.
Устно	«удовлетворительно»	Правильный ответ на два из трех вопросов билета.
Устно	«неудовлетворительно»	Ответ не представлен на по одному вопросу билета.

#### Разработчики программы:

Доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства», к.т.н.,

\_\_\_\_\_ Д.А. Расторгуев  
(подпись)

Доцент кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства», к.т.н.,

\_\_\_\_\_ Д.Г. Левашкин  
(подпись)

Зав. кафедрой Оборудование и технологии машиностроительного производства», к.т.н.,

\_\_\_\_\_ Н.Ю. Логинов  
(подпись)

**Вопросы для вступительного экзамена**

**в аспирантуру по направлению подготовки**

**2.5.5 – Технология и оборудование механической и физико-технической  
обработки**

1. Типовые процессы электрофизической обработки материалов.
2. Протекание электрического разряда в диэлектрической жидкой среде.
3. Электроискровая и электроимпульсная обработка. Прямая и обратная полярность подключения электродов
4. Классификация импульсов по признаку прохождения через межэлектродный промежуток
5. Эрозионная обрабатываемость материалов. Критерий Палатника
6. Полярный эффект. Относительный износ электродов
7. Технологические характеристики электроэрозионной обработки
8. Производительность процесса электроэрозионной обработки
9. Качество поверхности после электроэрозионной обработки
10. Точность электроэрозионной обработки деталей
11. Термохимические процессы в межэлектродном промежутке
12. Гидродинамические процессы, происходящие в межэлектродном промежутке в результате электрических разрядов
13. Способы интенсификации процесса эвакуации продуктов эрозии из зоны обработки
14. Рабочие среды
15. Электрод-инструмент
16. Оборудование для электроэрозионной обработки
17. Технологические процессы изготовления типовых поверхностей и деталей
18. Общие сведения о лазерах
19. Принцип работы лазеров
20. Основные свойства лазерного излучения
21. Промышленные лазерно-технологические системы (комплексы), применяемые для обработки материалов
22. Физические процессы при лазерной резке металлов и сплавов
23. Физические процессы при лазерной резке металлов и сплавов
24. Практика проведения лазерной резки материалов

25. Лазерная обработка отверстий
26. Лазерная сварка
27. Лазерная маркировка
28. Лазерные технологии в машиностроении
29. Ультразвуковые методы обработки
30. Физические основы ультразвуковых колебаний
31. Источники ультразвуковых колебаний и основы их расчета
32. Генераторы импульсов
33. Форма и параметры импульсов
34. Применение ультразвуковых колебаний в машиностроении
35. Обработка направленным абразивом
36. Ультразвуковая обработка с абразивонесущим электролитом
37. Обработка свободным абразивом
38. Резание с наложением ультразвуковых колебаний на режущий инструмент
39. Ультразвуковая очистка
40. Ультразвуковая дефектоскопия
41. Электрохимические методы обработки
42. Физико-химические процессы на электродах и электролите
43. Технологические характеристики анодно-гидравлического процесса
44. Скорость анодного растворения
45. Точность анодно-гидравлической обработки
46. Качество поверхности после анодно-гидравлической обработки
47. Электрические режимы анодно-гидравлической обработки
48. Станки для электрохимической размерной обработки
49. Электроалмазное шлифование

## 5. Рекомендуемая литература

1. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с.
2. Ковшов А. Н. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. Н. Ковшов. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 320 с.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Маталин. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 512 с.
4. Основы технологии машиностроения [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Клепиков [и др.]. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 295 с.
5. Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-4: Сборка машин /Ю.М. Соломенцев., А.А. Гусев и др.; Под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. М.: Машиностроение, 2000.
6. Справочник технолога-машиностроителя; В 2 т. /Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001.
7. Технологическая наследственность в машиностроительном производстве/ А.М. Дальский, Б.М. Базров, А.С. Васильев и др.; Под ред. А.М. Дальского. М.: Изд-во МАИ, 2000.
8. Сулов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000.
9. Янюшкин А.С., Шоркин В.С. Контактные процессы при электроалмазном шлифовании. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 230 с.
10. Артамонов Б.А., Волков Ю.С., Дрожжалова В.И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов: Учеб. пособие. В 2 т. М.: Высшая школа, 1983.

- 11.Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. М.: Машиностроение, 2000.
- 12.Вороничев Н.М., Тартаковский Ж.Э., Генин В.Б. Автоматические линии из агрегатных станков. М.: Машиностроение, 1979.
13. Иноземцев Г.Г. Проектирование режущего инструмента. Учеб. пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1984.
- 14.Качество машин: Справочник; в 2 т. / Под ред. А.Г. Сулова. М.: Машиностроение, 1995.
- 15.Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник / Ю.И. Кузнецов и др. М.: Машиностроение, 1990.
- 16.Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982.
- 17.Машиностроение: Энциклопедия. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. Т.IV-7 / Под ред. Б.И. Черпакова М.: Машиностроение, 1999.
- 18.Остафьев В.А. Расчет динамической прочности режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1979.
- 19.Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М.: Машиностроение, 1977.
- 20.Проектирование металлорежущих станков и станочных систем / Под ред. А.С. Проникова. Т.1, 2 (в 2 ч.), 3. М.: Машиностроение, МГТУ им. Баумана, 1994, 1995.
21. Проников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978.
22. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах. М.: Машиностроение, 1990.
- 23.Свешников В.К. Станочные гидроприводы: Справочник. 3-е изд. М.: Машиностроение, 1995.
- 24.Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. М.: Машиностроение, 1979.

25. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000.
26. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П.И. Ящерицын и др. М.: Высшая школа, 1990.