

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО «СамГТУ»,  
д.т.н., профессор

Д. Э. Быков  
« 15 »  2018 г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
в аспирантуру СамГТУ**

по направлению подготовки **15.06.01 Машиностроение**

профили:

*Трение и износ в машинах (05.02.04)*

*Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (05.02.07)*

*Технология машиностроения (05.02.08)*

*Машины, агрегаты и процессы (нефтегазовая промышленность)(05.02.13)*

# РАЗДЕЛ 1. ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ

## 1.1. Трибология. Введение

Основные понятия, термины и определения. Сведения об истории развития трибологии.

### 1.2. Общие сведения о механических и физико-химических свойствах материалов и их поверхностей

Основы теории твердого тела. Понятие о диаграммах состояния. Силы связей в твердых телах. Изменение свойств твердых тел в зависимости от температуры.

Упругие свойства кристаллов. Модули упругости и упругие постоянные. Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Дефекты в кристаллах.

Механические свойства материалов. Свойства при динамическом нагружении. Пластическая деформация, упрочнение при пластическом деформировании. Сверхпластичность металлов.

Виды разрушения. Механизмы зарождения трещин. Вязкое, хрупкое разрушение. Явление несовершенной упругости. Упругий гистерезис и последствие. Эффект Баушингера. Релаксация напряжений. Ползучесть, усталость.

Диффузия в твердых телах. Законы диффузии.

Поверхность твердых тел. Особенности строения и состава поверхностных слоев. Поверхностная энергия.

Сорбционные процессы. Физическая адсорбция и хемосорбция. Адсорбционное облегчение деформации. Адгезия и когезия. Виды адгезионного взаимодействия. Пленки на поверхностях твердых тел и механизмы их образования. Дисперсные системы.

Неметаллические материалы. Особенности структуры и свойств полимеров. Композиционные материалы.

### 1.3. Геометрические характеристики поверхностей и контактное взаимодействие твердых тел

*Геометрические характеристики поверхностей твердых тел*

Общие представления о реальной топографии поверхностей трения. Методы описание поверхностей твердых тел. Виды неровностей поверхностей деталей машин. Характеристики микрогеометрии поверхностей. Методы измерения микрогеометрии.

*Контактное взаимодействие твердых тел*

Механика контактного взаимодействия твердых тел. Контактная задача Герца. Эпюры распределения напряжений. Контакт упругих тел при наличии трения. Контакт тел за пределами упругости.

Дискретность контакта. Микро- и макро-масштабный уровень рассмотрения характеристик дискретного контакта. Номинальная, контурная и фактическая площади касания. Сближение поверхностей под нагрузкой. Понятие о ненасыщенном и насыщенном контакте. Механика контактного взаимодействия твердых тел с шероховатыми поверхностями.

Методы расчета фактической площади касания. Соотношения между фактическими площадями контакта и сближением контактирующих тел в неподвижном состоянии и при скольжении. Экспериментальные способы определения фактических площадей касания и сближений.

Деформация шероховатых волн. Расчет номинального давления и площади контакта с учетом параметров шероховатости, волнистости и макроотклонений.

## 1.4. Трение твердых тел

*Внешнее трение.* Основные положения и развитие теории внешнего трения. Виды фрикционного взаимодействия. Трение скольжения, качения и верчения. Трение покоя. Предварительное смещение твердых тел при внешнем трении. Предварительное смещение при упругих и пластических деформациях в зонах контакта микронеровностей. Механизмы диссипации энергии при фрикционном взаимодействии.

*Силы и коэффициенты внешнего трения.* Определение сил и коэффициентов внешнего трения при упругих и пластических деформациях в зоне контакта микронеровностей. Зависимости коэффициента внешнего трения от вида контакта, нагрузки, температуры, скорости скольжения, свойств материалов пары трения.

*Динамические процессы при трении.* Динамические процессы при скольжении твердых тел без смазочного материала. Влияние внешних вибраций на процесс трения. Фрикционные автоколебания. Устойчивость скольжения при трении твердых тел.

*Трение качения и трение верчения.* Природа трения качения. Качение упругих тел. Сцепление и проскальзывание при качении. Зависимость между тангенциальной силой и относительным проскальзыванием. Распределение нормальных и тангенциальных напряжений. Влияние тангенциального усилия в контакте на границы упругого и пластического поведения материала (диаграмма приспособляемости материала).

Качение тел, обладающих свойствами релаксации и последействия. Особенности свободного качения, с тормозным и тяговым моментом.

Опоры качения. Контактная прочность. Долговечность опор качения.

## **1.5. Изнашивание твердых тел**

Классификация видов изнашивания. Количественные характеристики изнашивания. Износостойкость и классы износостойкости. Основные закономерности изнашивания. Модели и кинетика разрушения фрикционного контакта. Влияние различных факторов на износостойкость. Изменение вида разрушения поверхностей при трении в зависимости от режимов работы (приработка, установившийся и форсированный режимы). Особенности изнашивания полимерных материалов.

Термодинамический подход к разрушению и изнашиванию твердых тел.

Характеристика основных видов изнашивания: абразивное, гидроабразивное, кавитационное, усталостное, окислительное, при схватывании (заедании), при фреттинге, электроэрозионное, водородное, при избирательном переносе.

Основы расчета узлов трения на износ. Расчет формоизменения сопряженных тел при изнашивании.

Методы повышения износостойкости узлов трения.

## **1.6. Смазка**

*Виды смазки.* Классификация видов смазки (смазочного действия). Основные признаки, характеризующие виды смазки.

*Жидкостная смазка.* Виды жидкостной смазки: гидродинамическая, гидростатическая, гидростатодинамическая, эластогидродинамическая.

Гидродинамическая смазка. Основные уравнения теории гидродинамической смазки. Уравнение Рейнольдса и граничные условия. Уравнения переноса теплоты. Изотермическая и неизотермическая задачи теории гидродинамической смазки.

Расчет стационарно-нагруженных подшипников скольжения. Несущая способность, потери на трение в смазочном слое. Тепловой баланс. Нестационарно-нагруженные подшипники скольжения. Система уравнений движения вала, течения смазочного материала, переноса теплоты. Критерии оценки работоспособности подшипников скольжения. Гидродинамическая неустойчивость высокоскоростных подшипников скольжения.

Эластогидродинамическая смазка. Уравнения течения смазки и упругости. Зависимость вязкости смазочного материала от температуры и давления. Толщина смазочного слоя. Газовая смазка.

*Граничная смазка.* Граничная смазка. Природа и строение граничных слоев. Закономерности процессов при граничной смазке. Влияние смазочного материала, температуры, скорости скольжения, шероховатости поверхностей трения на процессы при граничной смазке. Долговечность граничных слоев. Переходные температуры при граничной смазке и температурно-кинетический метод их оценки. Изнашивание при граничной смазке. Подход к подбору смазочных материалов по критерию предельной температуры. Специфические методы организации граничной смазки: избирательный перенос (эффект безызносности), эффект трибополимеризации.

*Трение, износ, смазка в экстремальных условиях.* Трение, износ и смазка в экстремальных условиях. Влияние низких и высоких температур при трении. Воздействие радиации, вакуума, газовой среды, электромагнитных полей. Трибологические проблемы в космосе. Трение, сопровождаемое токообразованием.

### **1.7. Тепловые процессы при трении, изнашивании и смазке**

Тепловые задачи при трении и изнашивании твердых тел. Общая постановка задачи теплопроводности при трении. Три основных режима трения: стационарный, нестационарный, квазистационарный. Влияние температуры на трибологические характеристики пар трения.

Расчет температур при стационарном режиме трения. Определение поля температур, средней температуры поверхности трения и температурной вспышки при нестационарном режиме трения. Коэффициент распределения тепловых потоков. Расчет объемной температуры при повторно-кратковременном режиме трения.

Тепловая динамика трения и износа твердых тел. Определение интенсивности изнашивания при трении с учетом тепловых процессов.

### **1.8. Моделирование процессов трения, изнашивания и смазки**

Физическое моделирование процессов трения, изнашивания и смазки. Трибологические системы. Виды подобия в трибосистемах. Метод анализа размерностей и его использование при моделировании процессов трения и изнашивания.

Сложные трибосистемы. Методология и математическое моделирование сложных трибосистем.

### **1.9. Триботехнические материалы и триботехнологии**

*Триботехнические конструкционные материалы.* Совместимость трибосистем. Выбор конструкционных материалов трибосистем с учетом их совместимости. Понятие о самоорганизации трибосистем. Принципы создания новых материалов на основе структурной приспособляемости и самоорганизации трибосистем.

Металлические материалы для узлов трения различного назначения. Рекомендуемые области использования антифрикционных сплавов. Порошковые, керамические композиционные материалы для антифрикционных и фрикционных узлов трения.

Полимерные и металлополимерные композиционные материалы для подшипников, опор скольжения, тормозов в муфте сцепления.

*Триботехнологии.* Виды износостойких покрытий и упрочнения поверхностных слоев. Наплавка износостойких слоев. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Лазерное упрочнение. Упрочнение ионно-плазменной обработкой.

Диффузионные покрытия. Механотермическое формирование износостойких покрытий. Электрохимические покрытия.

### **1.10. Смазочные материалы**

Классификации смазочных материалов: по агрегатному состоянию, происхождению, способу получения, назначению. Жидкие смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент масел. Базовые масла. Функциональные присадки, антифрикционные добавки к маслам.

Пластичные смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент пластичных смазок.

Твердые смазочные материалы.

### **1.11. Методы и средства испытаний на трение и износ**

Трибометрия и трибодиагностика. Цикл триботехнических испытаний. Испытательная техника для трибологических испытаний и исследований пар трения. Особенности триботехнических испытаний смазочных материалов. Планирование экспериментов при оценке трения и износа.

### **1.12. Принципы конструирования узлов трения различного назначения**

Основы проектирования, подбора материалов и конструктивного оформления узлов трения. Принцип геометрической оптимизации трибосистем. Выбор рационального нагружения элементов пар трения. Обеспечение необходимого режима смазки узлов трения с разными видами смазочных материалов. Тепловые режимы в технических системах. Оценка вероятности безотказной работы и прогнозирование ресурса узлов трения.

### **1.13. Экологические и экономические аспекты трибологии**

Трибологические источники загрязнений окружающей среды. Направление работ по улучшению экологических и экономических показателей работы машин. Методики оценки экономической эффективности и экологической чистоты технических систем.

## **Список рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М.: Физматгиз, 2009.
2. Богданович П.Н., Прушак В.Я. Трение и износ в машинах: Учеб. для техн. вузов. Минск: Высш. шк. 2009.
3. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка. М.: Машиностроение. 2010.
4. Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах. М.: Транспорт, 2011
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника. М.: Машиностроение, 2012.
6. Дроздов Ю.Н., Арчегов В.Г., Смирнов В.И. Противозадирная стойкость трущихся тел. М.: Наука, 2010.
7. Евдокимов Ю.А., Колесников В.И., Тетерин А.Н. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. М.: Наука, 2009.
8. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. М.: Высш. шк., 2011.
9. Коровчинский М.В. Теоретические основы работы подшипников скольжения. М.: Машиностроение, 2010
10. Костецкий Б.И. Трение, износ и смазка в машинах. Киев: Техника, 2012.

11. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 2010.
12. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 2012.
13. Мур Д. Основы применения триботехники. М.: Мир, 2010.
14. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учеб. для техн. вузов / Под ред. А.В. Чичинадзе. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2011.
15. Проников А.С. Надежность машин. М.: Машиностроение, 2009.
16. Справочник по триботехнике / Под общ. ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение; Варшава. Т.1: 2010; Т.2: 1990; Т.3: 2010.
17. Фукс И.Г., Буяновский И.А. Введение в трибологию. М.: Нефть и газ, 2012.
18. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Исследование изнашивания металлов. М.: Наука, 2011.

### **Дополнительная литература**

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.1.***

1. Буяновский И.А., Фукс И.Г., Богдасаров Л.Н. Очерки по истории трибологии. М.: Нефть и газ, 2012.
2. Подшипники скольжения. Термины, определения и классификация. Ч. 2: Трение и изнашивание. Ч. 3: Смазка и смазывание. Международный стандарт ИСО 4378-2,3 -2009.

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.2.***

1. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии. М.: Машиностроение, 2010.
2. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Metallurgy, 2010.
3. Дерягин Б.В., Кротова Н.А. Адгезия. М.: Изд-во АН СССР, 2011.
4. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: Машиностроение, 2009.
5. Рыбакова Л.М., Куксенкова Л.И. Структура и износостойкость металла. М.: Машиностроение, 2012.

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.3.***

1. Горячева И.Г., Добычин М.Н. Контактные задачи в трибологии. М.: Машиностроение, 2010.
2. Демкин Н.Б., Рыжов Э.В. Качество поверхностей и контакт деталей машин. М.: Машиностроение, 2011.
3. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. М.: Мир, 2012.
4. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2010.
5. Хусу А.П., Витенберг Ю.Р., Пальмов В.А. Шероховатость поверхностей. М.: Наука, 2009.

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.4.***

1. Геккер Ф.Р. Динамика машин, работающих без смазочных материалов в узлах трения. М.: Машиностроение, 2010.
2. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия. М.: Наука, 2009.
3. Демкин Н.Б. Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей. М.: Наука, 2011.
4. Михин Н.М. Внешнее трение твердых тел. М.: Наука, 2012.
5. Пинегин С.В. Трение качения в машинах и приборах. М.: Машиностроение, 2011.
6. Шустер Л.Ш. Адгезионное взаимодействие твердых металлических тел. Уфа: Гилем, 2012.

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.5.***

1. Гриб В.В. Решение триботехнических задач численными методами. М.: Наука, 2011.
2. Козырев С.П. Гидроабразивный износ металлов при кавитации. М.: Машиностроение, 2010.
3. Погодаев Л.В., Шевченко П.А. Гидроабразивный и кавитационный износ судового оборудования. М.: Судостроение, 2012.
4. Семенов А.П. Схватывание металлов. М.: Машгиз, 2009.
5. Сорокин Г.М. Трибология сталей и сплавов. М.: Недра, 2010.
6. Тененбаум М.М. Сопrotивление абразивному изнашиванию. М.: Машиностроение, 2012.

#### *Дополнительная литература к разделу 1.6.*

1. Буяновский И.А., Фукс И.Г., Шабалина Т.Н. Граничная смазка: этапы развития трибологии. М.: Нефть и газ, 2011.
2. Дроздов Ю.Н., Павлов В.Г., Пучков В.Н. Трение и износ в экстремальных условиях. М.: Машиностроение, 2009.
3. Дроздов Ю.Н. Узлы трения на Луне // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2010. № 3.
4. Елманов И.М., Колесников В.И. Термовязкоупругие процессы трибосистем в условиях упругогидродинамического контакта. Ростов-н/Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2009.
5. Захаров С.М., Никитин А.П., Загорянский Ю.А. Подшипники коленчатых валов тепловозных дизелей. М.: Транспорт, 2010.
6. Пешти Ю.В. Газовая смазка. М.: Изд-во МГТУ, 2011.
7. Подольский М.Е. Упорные подшипники скольжения. М.: Машиностроение, 2012.
8. Крагельский И.В., Любарский И.М., Гусяков А.А. Трение и износ в вакууме. М.: Машиностроение, 2011.
9. Коднир Д.С. Контактная гидродинамика смазки деталей машин. М.: Машиностроение, 2009.
10. Матвеевский Р.М., Буяновский И.А., Лазовская О.В. Противозадирная стойкость смазочных сред при трении в режиме граничной смазки. М.: Наука, 2010.
11. Никитин А.К., Ахвердиев К.С., Остроухов Б.И. Гидродинамическая теория смазки и расчет подшипников скольжения, работающих в стационарном режиме. М.: Наука, 2011.
12. Тодер И.А., Тарабаев Г.И. Крупногабаритные гидростатодинамические подшипники. М.: Машиностроение, 2012.
13. Токарь И.Я. Проектирование и расчет опор трения. М.: Машиностроение, 2011

#### *Дополнительная литература к разделу 1.7*

1. Расчет, испытание и подбор фрикционных пар / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, А.Г. Гинзбург, А.В. Игнатъева. М.: Наука, 2012.
2. Семенов А.П. Трение и адгезионное взаимодействие тугоплавких материалов при высоких температурах. М.: Наука, 2009.
3. Чичинадзе А.В., Матвеевский Р.М., Браун Э.Д. Материалы в триботехнике нестационарных процессов. М.: Наука, 2010.

#### *Дополнительная литература к разделу 1.8*

1. Браун Э.Д., Евдокимов Ю.А., Чичинадзе А.В. Моделирование трения и изнашивания в машинах. М.: Машиностроение, 2009.
2. Захаров С.М., Жаров И.А. Методология моделирования сложных трибосистем // Трение и износ. 1988. Т. 14. № 5.
3. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. М.: Мир, 2010.

#### *Дополнительная литература к разделу 1.9*

1. Трение полимеров / В.А. Белый, А.П. Свириденко, М.И. Петроковец, В.Г. Савкин. М.: Наука, 2009.
2. Бершадский Л.И. Структурная термодинамика трибосистем. Киев: Знание, 2011.
3. Буше Н.А., Копытько В.В. Совместимость трущихся поверхностей. М.: Наука, 2010.
4. Богатин О.Б., Мороз В.А., Черный И.Н. Основы расчета полимерных узлов трения. М.: Наука, 2012.
5. Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С. Иванова, А.С. Баланкин, И.Ж. Бунин, А.А. Оксогоев. М.: Наука, 2011.
6. Кершенбаум В.Я. Механотермическое формирование поверхностей трения. М.: Машиностроение, 2010.
7. Подшипники из алюминиевых сплавов / Н.А. Буше, А.С. Гуляев, В.А. Двоскина, К.М. Раков. М.: Транспорт, 2009.
8. Семенов А.П., Савинский Ю.Э. Металлофторопластовые подшипники. М.: Машиностроение, 2010.
9. Федоров В.В. Кинетика поверхности и разрушения твердых тел. Ташкент: Изд-во ФАН, 2011.

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.10***

1. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский, И.Г. и др. М.: Машиностроение, 2009.
2. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / Под ред. В.М. Школьников. М.: Техинформ, 2010.
3. Попок К.К. Химмотология топлив и смазочных масел. М.: Воениздат, 2011.
4. Розенберг Ю.А. Влияние смазочных материалов на надежность и долговечность машин. М.: Машиностроение, 2010.
5. Синицын В.В. Подбор и применение пластичных смазок. М.: Химия, 2012.

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.11***

1. Качество машин: Справочник/ Под ред. А.Г. Сулова. Т. 1, 2 М.: Машиностроение, 2009.
2. Рыжов Э.В., Колесников Ю.В., Сулов А.Г. Контактное взаимодействие твердых тел при статических и динамических нагрузках. Киев: Наукова думка, 2011.
3. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. М.: Машиностроение, 2010.

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.12***

1. Воскресенский В.А., Дьяков В.И. Расчет и проектирование опор скольжения (жидкостная смазка). М.: Машиностроение, 2009.
2. Орлов П.И. Основы конструирования. Кн. 2. М.: Машиностроение, 2012.
3. Гидродинамические опоры прокатных станков / И.А. Тодер, Н.А. Кудрявцев, А.А. Рязанов и др. М.: Металлургия, 2011.
4. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / Под ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. М.: Машиностроение, 2010.

#### ***Дополнительная литература к разделу 1.13***

1. Джост П. Будущее триботехники // Трение и износ. 2011 Т.12. №1.



2. Романова А.Т. Экономическое прогнозирование расходной части топливно-энергетического баланса железнодорожного транспорта / Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта: Сб. М.: Изд-во МИИТ, 2012.

3. Смазочные материалы и проблемы экологии / А.Ю Евдокимов, И.Г.Фукс и др. М.: Нефть и газ, 2009.

## **РАЗДЕЛ 2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

### **2.1 Теория обработки материалов резанием**

Определение механической обработки резанием как метода формообразования деталей заданных размеров, точности и качества поверхности путем удаления с заготовки слоя материала в виде стружки. Теория резания материалов – основа для изучения специальных дисциплин.

Значение обработки резанием в повышении технического уровня и конкурентоспособности продукции машиностроительного производства. Исторический опыт, тенденции и перспективы развития обработки материалов резанием. Работы ученых И.А. Тиме, К.А. Зворыкина, Я.Г. Усачева, А.Н. Челюсткина, Ф. Тэйлора, М. Кроненберга, Г.К. Горанского, А.Н. Резникова, Э.И. Фельдштейна, П.И. Ящерицына, А.Р. Маслова и др. в развитии науки о резании материалов.

### **2.2 Кинематика процессов механической обработки**

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.

### **2.3 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.

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.

Работоспособность и отказы режущего инструмента. 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.

Особенности обработки резанием различных материалов. Понятие обрабатываемости резанием как технологического свойства материала. Физические основы обрабатываемости сталей и сплавов. Основные показатели обрабатываемости. Пути улучшения обрабатываемости резанием.

## **2.4 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 (диспергирующее) действие среды, эффект Ребиндера). Виды смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) и область их применения. Способы подачи СОТС в зону резания.

Интенсификация процессов механической обработки. Основные направления создания высокопроизводительных процессов резания. Использование технологических сред, антифрикционных и специальных покрытий.

Процессы резания с особыми кинематическими и физическими схемами обработки – ротационное резание, вибрационное (в т.ч. ультразвуковое), иглофрезерование, сверхскоростное и сухое резание. Резание с опережающим пластическим деформированием, нагревом (терморезание), электромеханические и химико-механические методы обработки. Суперчистовое резание (нанотехнология резания), особенности резания со снятием супертонких срезов. Физические особенности и технологические показатели скоростного и силового резания.

Особенности различных технологических процессов обработки резанием (точение и растачивание; сверление, зенкерование и развертывание; шлифование, зубонарезание; резьбонарезание; фрезерование; протягивание; строгание). Режущие инструменты. Схемы резания. Параметры режима резания и геометрия срезаемого слоя. Геометрические параметры рабочей части инструмента. Особенности процесса шлифования, виды шлифования. Прогрессивные процессы абразивной обработки: глубинное, скоростное, ультразвуковое шлифование, обработка свободным абразивом и др.

## **2.5 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.

## **2.6 Физико-технические методы обработки материалов**

Научные основы технологии физико-технической обработки. История и перспективы развития физико-технической обработки. Роль науки в создании оборудования для физико-технической обработки.

Теория формообразования при специальных видах 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 и теоретические предпосылки создания принципиально новых на основе использования физических, химических и др. явлений.

Ультразвуковая обработка. Физические основы метода. Основные технологические процессы ультразвуковой обработки материалов. Оборудование. Технологические характеристики размерной ультразвуковой обработки.

Электроэрозионные методы обработки. Физическая сущность метода. Схемы формообразования. Основные схемы технологических процессов электроэрозионной обработки и их технологические параметры. Оборудование для электроэрозионной обработки. Прецизионные методы изготовления деталей.

Сущность и физические основы электрохимической обработки материалов. Механизм электролиза. Основные технологические процессы электрохимической обработки. Конструкции инструментов и электрохимических станков.

Лучевые методы обработки. Лазерный эффект и его сущность. Сущность и физические основы лазерной обработки материалов. Светолучевая и электронно-лучевая обработка. Оборудование и технологии лазерной, светолучевой и электронно-лучевой обработки.

Химические методы обработки, сущность, установки, применение. Химическое фрезерование.

Отделочные методы физико-технической обработки. Электрополирование, магнитно-абразивное полирование, электромагнитная обработка. Достижение точности и качества поверхностного слоя деталей.

Плазменная обработка материалов. Физическая сущность метода. Технологические процессы плазменной обработки.

Струйная обработка материалов. Физическая сущность метода. Технологические процессы струйной обработки. Водоструйная (гидроабразивная) обработка материалов.

Комбинированные методы физико-технической обработки, их классификация. Область применения. Электроконтактные и анодно-механические методы обработки. Плазменно- и лазерно-механическая обработки, электролитно-плазменная обработка. Физические схемы и технологические установки.

## **2.7 Конструкции инструментальных систем**

Научные основы инструментального производства. Общие сведения об инструментальных системах машиностроительного производства. Перспективы развития

инструментального производства. Научные исследования в области создания и совершенствования конструкций инструментальных систем.

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.

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. Зуб и стружечная канавка многозубых 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 движений инструмента и заготовки. Область применения, технологические возможности. Геометрические и конструктивные параметры. Формы зубьев многозубых инструментов, способы крепления режущих элементов. Инструменты с острозаточенными и затылованными зубьями. Способы затылования. Режущие инструменты с многогранными неперетачиваемыми пластинками (МНП). Пути совершенствования конструкций инструментов.

Вспомогательные инструменты для автоматизированного оборудования. Системы вспомогательных инструментов в зависимости от способа крепления инструментального блока на станке. Вспомогательные инструменты для токарных станков с ЧПУ, для сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ, для агрегатных станков (резцедержатели, оправки, патроны). Агрегатно-модульные конструкции вспомогательного инструмента.

Инструментальные наладки. Инструментальные наладки для агрегатных станков и автоматических линий, для станков с ЧПУ. Наладки протяжных станков. Конструкции, состав, типовые конструктивные решения.

Система инструментообеспечения автоматизированного оборудования. Инструментальные накопители (револьверные головки и инструментальные магазины). Способы автоматической смены инструмента. Автооператоры. Кодирование и поиск инструмента.

## **2.8 Основы рациональной эксплуатации, испытаний и исследования инструментов**

Этапы эксплуатации инструментальных систем (подготовительный, этап непосредственной работы, восстановительный, хранение).

Подготовка инструмента к работе. Настройка инструментального блока на размер вне станка. Точность сборки инструментальных блоков.

Наблюдение за работой инструмента, проверка состояния его работоспособности, контроль износа. Контроль целостности инструмента. Обеспечение условий формирования и отвода стружки.

Определение момента снятия инструмента для переточки. Выбор способа восстановления режущих свойств инструмента. Регулировка и переналадка сборных инструментов. Контроль качества восстановленных инструментов. Нормирование расхода инструментов.

Консервация, складирование и транспортирование инструментов.

Методы испытаний и исследования инструментов. Механические испытания прочности, жесткости и виброустойчивости инструмента. Методы физического и математического моделирования.

## **2.9 Проектирование инструментальных систем**

Инструментальная система как комплекс устройств и средств, обеспечивающих процесс обработки поверхностей резанием. Способы реализации функций формообразования поверхности детали и срезания припуска. Техничко-экономические показатели и критерии работоспособности инструмента. Обеспечение высокой производительности и точности обработки, стойкости и надежности режущего инструмента и инструментальных систем в целом, технологичности и экономичности их конструкций. Научные основы проектирования инструмента и инструментальных систем различного технологического назначения. Математические модели инструментов и процессов формообразования.

Методы проектирования режущих инструментов и инструментальных систем. Этапы проектирования. Структурная схема инструмента. Использование аналогового и поэлементного методов при проектировании режущих инструментов и инструментальных систем. Последовательность проектирования режущего инструмента и инструментальной системы.

Проектирование рабочей части инструмента. Выбор инструментальных материалов и способов их соединения с корпусами. Выбор схемы срезания припуска. Выбор и анализ геометрических параметров режущей части инструмента. Выбор формы передних и задних поверхностей инструментов. Выбор формы зубьев и стружечных канавок многолезвийных инструментов. Основы теории затылования. Образование перетачиваемых и неперетачиваемых поверхностей инструмента.

Профилирование режущего инструмента. Условия формообразования поверхностей при их обработке резанием, использование их при выборе размеров инструментов. Кинематические схемы резания и формообразования. Использование схем формообразования для разработки новых типов инструментов. Формообразование на уровне макроповерхности и микроповерхности. Погрешности, переносимые инструментом на деталь. Роль погрешностей сборки. Профилирование инструментов для обработки поверхностей вращения, винтовых, сферических и фасонных поверхностей, эвольвентных и неэвольвентных профилей.

Проектирование узлов крепления и регулирования режущей части. Проектирование присоединительной и направляющей частей инструмента. Методы соединения частей инструмента в единое целое. Способы присоединения инструмента к станку: подвижное и неподвижное. Формы базовых поверхностей и элементов передачи усилий. Способы направления инструмента в работе, конструкции направляющей части.

Проектирование инструментальных наладок. Структура наладки для агрегатных станков и автоматических линий. Структура наладки станков с ЧПУ. Проектирование инструментальных систем автоматизированного производства. Принципы проектирования протяжных наладок. Модульный принцип проектирования оснастки. Подсистема кодирования информации.

Структура инструментообеспечения гибких производственных систем. Оптимизация резерва режущего инструмента.

Расчеты инструментов на прочность, жесткость и устойчивость.

## **2.10 Технологическое оборудование современного машиностроительного производства**

Общие сведения о технологическом оборудовании (ТО) машиностроительного производства. История и перспективы развития станкостроения. Взаимосвязь технологии и оборудования. Научные основы проектирования станков и станочных систем, роль науки в совершенствовании и создании новых конструкций металлорежущих станков. Научные исследования в области технологического оборудования.

Основные виды технологического оборудования. Металлорежущий станок как технологическая машина. 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. Базовые детали. Направляющие.

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. Назначение, компоновка, кинематика, основные узлы. Расчетные перемещения, уравнения кинематического баланса. Станки для обработки тел вращения: токарные, токарно-револьверные, токарно-лобовые, карусельные станки. Станки для обработки отверстий: вертикально-сверлильные, координатно-расточные и алмазно-расточные станки. Станки для обработки призматических деталей: фрезерные станки, станки строгально-протяжной группы. Зубообрабатывающие станки: зубодолбежные и зубофрезерные станки; станки для обработки конических колес с прямым и винтовым зубом. Затывочные станки. Станки для абразивной обработки: круглошлифовальные, хонинговальные, суперфинишные, доводочные станки.

Системы автоматизированного управления станками. Классификация систем управления станками. Узлы системы управления. Управление с помощью кулачков, упоров, копиров. Токарные автоматы и полуавтоматы. Автоматы фасонно-продольного точения. Токарно-револьверные автоматы. Многошпиндельные автоматы. Назначение, кинематика, расчет настройки.

Станки с ЧПУ. Особенности компоновки и конструкции станков с ЧПУ. Основные принципы числового программного управления. Классификация систем ЧПУ. Подготовка и запись программ. Следящий привод в системах ЧПУ. Датчики обратной связи. Многооперационные станки с ЧПУ. Устройства для установки инструментов (магазины), их расположение на станках. Способы передачи инструментов из магазина в шпиндель и обратно.

Агрегатные станки. Типовые компоновки агрегатных станков. Силовые головки. Шпиндельные коробки и насадки.

Автоматические линии. Назначение. Классификация по типу оборудования; по расположению оборудования; по характеру связей. Оборудование автоматических линий. Транспортные механизмы для автоматических линий.

Оборудование для физико-химической обработки. Электроэрозионные станки. Станки для электрохимической обработки. Оборудование для ультразвуковой обработки. Станки для лучевой обработки.

Технологическое оборудование для нанесения покрытий и упрочнения поверхностей. Оборудование для автоматической сборки. Автоматизированные сборочные линии.

Технологическое оборудование гибких производственных систем (ГПС). Характерные особенности ГПС. Типы ГПС. Уровни автоматизации ГПС. Структурные и компоновочные схемы ГПС.

Устройства для отвода стружки. Виды устройств для отвода стружки: пластинчатые конвейеры, скребковые конвейеры (цепные, скребково-штанговые, скребковые толкающего типа), вибрационные конвейеры, шнековые конвейеры, магнитные конвейеры.

## **2.11 Методологические основы проектирования технологического оборудования**

Содержание процесса проектирования новых конструкций технологического оборудования. Прогнозирование конструкций ТО. Методы прогнозирования: метод экстраполяции; метод экспертных оценок; метод моделирования.

Этапы проектирования станков. Автоматизированное проектирование. Проектные критерии и ограничения. Стандартизация при конструировании: унификация, типизация, агрегатирование. Модульный принцип конструирования.

Материалы, применяемые в ТО. Выбор материалов для деталей ТО. Термическая обработка стали. Химико-термическая обработка стали.

Обоснование технических характеристик станков. Обоснование диапазона скоростей главного привода и привода подач. Обоснование рациональной мощности приводных двигателей.

Проектирование кинематической схемы. Привод со ступенчатым изменением скоростей. Обоснование выбора геометрического ряда. Лучевая диаграмма. Принципы выбора стандартных значений знаменателя геометрического ряда.

Разработка и выбор рациональных конструкций механизмов и узлов металлорежущих станков. Критерии оценки конструкции узлов. Технологичность конструкций. Надежность, точность и жесткость конструкций. Технические условия и конструктивные особенности элементов коробок скоростей и подач (зубчатых передач, валов, опор и др.).

Учет динамического критерия при проектировании ТО. Динамическая система станка. Статические и динамические характеристики. Частотные характеристики (АЧХ, ФЧХ, АФЧХ). Частотные характеристики ЭУС с одной степенью свободы. Основные показатели динамического качества. Критерии устойчивости динамической системы. Динамические модели УС станка. Динамические характеристики процесса резания и трения.

Надежность и долговечность ТО. Нагрузки в машинах. Расчетные законы распределения нагрузок. Режимы работы машин и механизмов. Методы снижения статических и динамических нагрузок. Надежность в период нормальной эксплуатации машины и в период износовых отказов. Надежность систем с резервированием. Надежность элементов механических систем. Модели параметрических отказов.

Тепловые деформации ТО. Тепловые погрешности и их влияние на точность станка. Расчет мощности тепловыделения в механизмах и системах ТО. Расчет температурных полей основных элементов станка. Тепловые смещения формообразующих узлов станка.

Художественное проектирование и эргономика ТО. Компоновки технологических машин. Общие требования технической эстетики. Эргономические требования, предъявляемые к проектируемому ТО. Учет антропометрических характеристик человека при проектировании станков. Требования к средствам отображения информации. Требования к органам управления станком. Эстетические требования, предъявляемые к проектируемому ТО. Цвет в художественном конструировании ТО.

## **2.12 Расчет и конструирование приводов и базовых узлов станков**

Кинематический расчет коробок передач. Структурная формула. Графоаналитический метод расчета приводов станка. Выбор оптимального варианта множительной структуры. Структуры с наложением скоростей. Особенности построения структуры с многоскоростным двигателем. Расчет чисел зубьев групповых передач. Метод наименьшего кратного. Кинематический расчет приводов при использовании бесступенчатого регулирования.



Особенности кинематического расчета приводов подач. Зависимые и независимые привода подач. Кинематический расчет приводов подач нерезьбового типа. Кинематический расчет приводов подач резьбового типа. Звено настройки и множительный механизм. Механизмы звена настройки.

Коробки передач со сложной структурой. Способы соединения дополнительных структур. Число вариантов сложной структуры. Построение структурных сеток и графиков частот вращения.

Шпиндельные узлы (ШУ). Основные требования. Материалы и термообработка шпинделей. Конструкция переднего конца шпинделя. Привод вращения шпинделя. Конструкции шпиндельных опор качения. Способы создания предварительного натяга. Гидродинамические и гидростатические опоры шпиндельных узлов. Схемы компоновок шпиндельных узлов. Смазка ШУ. Расчет шпинделя на жесткость.

Механизмы для осуществления прямолинейных движений. Кулачковые механизмы. Передача винт-гайка скольжения. Расчет на прочность и износостойкость. Гидростатическая передача винт-гайка. Передача винт-гайка качения: конструкции, методы создания предварительного натяга. Расчет тяговых устройств приводов подач на устойчивость, долговечность, жесткость, по критической частоте вращения.

Корпусные детали и узлы. Станины. Стойки, поперечины, коробки скоростей и подач. Суппорты. Столы и планшайбы. Конструктивные особенности. Формы. Материалы. Расчет базовых деталей на жесткость. Составление расчетных схем.

Направляющие станков. Классификация. Форма поперечного сечения. Направление смешанного трения: материалы и термообработка; регулировка зазоров; защита направляющих. Гидродинамические направляющие: определение подъемной силы и силы трения; рекомендации по выбору размеров; варианты исполнения смазочных канавок. Гидростатические направляющие: системы питания карманов; замкнутые и разомкнутые направляющие; эксплуатационные характеристики; формы карманов; область применения. Аэростатические направляющие: особенности эксплуатации; жесткость и несущая способность; рекомендации по выбору размеров; область применения. Направляющие качения: классификация; материал и термообработка; размеры и число тел качения; способы создания и контроля предварительного натяга; расчет направляющих качения на прочность, жесткость, долговечность, потери на трение.

## **2.13 Исследование, испытания и диагностирование технологического оборудования**

Цель и основные задачи прикладных исследований в области технологического оборудования. Основные этапы экспериментальных исследований. Натурный и машинный эксперимент. Активные и пассивные методы экспериментальных исследований. Виды, методы и погрешности измерений.

Обработка опытных данных. Методы статического анализа опытных данных, при исследовании рабочих процессов машин: метод наименьших квадратов, однофакторный статистический анализ экспериментальных данных.

Метод планирования экспериментов. Пассивный эксперимент. Активный эксперимент и его постановка. Многофакторный активный эксперимент типа  $n^k$ . Обработка результатов факторного эксперимента.

Исследование геометрических и кинематических характеристик оборудования, точности и жесткости технологической машины, износа, динамических и шумовых характеристик. Исследование термоупругих характеристик технологической машины. Автоматизация экспериментальных исследований станков. Измерительно-диагностические комплексы. Функции ЭВМ в комплексах.

Методы испытания технологического оборудования. Выбор показателей для выходных параметров оборудования. Разработка методики испытания. Основные виды

испытаний. Исследования опытных образцов, приемочные испытания серийных машин, контрольные испытания машин, находящихся в эксплуатации. Программа и условия проведения испытаний на холостом ходу и под нагрузкой. Испытания на надежность.

Диагностирование ТО. Объекты диагностирования. Диагностические признаки и результаты диагностирования. Функциональное и тестовое диагностирование. Диагностирование состояния оборудования. Диагностирование элементов технологических систем: приводов, узлов и механизмов, инструментальных систем, транспортных систем, систем управления. Методы повышения надежности путем диагностирования.

## **2.14 Эксплуатация и ремонт технологического оборудования**

Упаковка, транспортирование и распаковка оборудования. Внутривозовские транспортировки. Помещения для станков. Назначение и содержание паспортов станков.

Фундаменты технологического оборудования: требования; конструкция; материал; технология изготовления. Установка станков на фундаментах. Расчет фундаментов. Виброизолирующая установка технологического оборудования.

Смазка станков. Требования к смазочным устройствам. Классификация смазочных материалов и предъявляемые к ним требования. Индустриальные масла и пластичные смазки. Основные параметры смазочных материалов. Способы смазки технологического оборудования. Смазочные устройства и системы смазки. Устройства контроля работы системы смазки.

Смазочно-охлаждающие жидкости. Устройство системы охлаждения. Определение производительности системы охлаждения.

Оценка точности станков в эксплуатации. Модель изменения параметров оборудования во времени. Необратимые изменения в технологическом оборудовании. Классификация процессов старения по внешнему проявлению.

Механизмы обеспечения точности обработки. Управление точностью. Механизмы и системы обеспечения точности положения и траектории движения рабочих органов станка. Способы компенсации погрешностей. Системы активного контроля.

Принципы построения системы ремонта. Виды ремонтных работ. Система планово-предупредительного ремонта (ППР). Формирование структуры ремонтного цикла. Определение длительности ремонтного цикла. Объемы работ на отдельных этапах ППР. Подготовка и организация производства ремонтных работ. Составление дефектной ведомости. Категории сложности ремонта. Ремонтная единица. Нормативы трудоемкости ремонтных работ.

Технологические процессы, применяемые при ремонте технологического оборудования. Очистка и промывка деталей и узлов. Разборка оборудования. Дефектация деталей.

Технологические процессы восстановления деталей и соединений машин. Методы восстановления посадок. Пластическое деформирование. Хромирование. Железнение. Металлизация. Электролитическое натирание. Сварка и наплавка. Особенности обработки резанием восстанавливаемых деталей. Выбор и восстановление технологических баз. Восстановление типовых поверхностей деталей. Особенности ремонта отдельных деталей и узлов металлорежущих станков.

Балансировка роторов и шпиндельных узлов. Основные понятия. Способы устранения дисбалансов. Статическая и динамическая балансировка. Классы точности балансировки.

Сборка объектов ремонта. Окраска оборудования. Технологический процесс окраски.

Модернизация технологического оборудования. Методы усиления слабых звеньев.

## Список рекомендуемой литературы

1. Автоматизация и механизация производства. Учебное пособие / Б.И. Черпаков, Л.И. Вереина. – М.: Академия, 2004. – 384 с.
2. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ [Электронный ресурс]: монография/ В.И. Аверченков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6989>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Автоматизация производственных процессов в машиностроении / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе [и др.]. – М.: Высшая школа, 2004. – 415 с.
4. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Бесцентровые круглошлифовальные станки. Конструкции, обработка и правка / Я.М. Ашкиназий. – М.: Машиностроение, 2003. – 352 с.
6. Блюменштейн, В. Ю. Проектирование технологической оснастки [Текст] : учеб. пособие / В.Ю.Блюменштейн, А.А.Клепцов; Кузбас. гос. техн. ун-т. - Кемерово, 2006. - 204 с.
7. Верболоз Е.И. Технологическое оборудование [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления 151000 - Технологические машины и оборудование/ Верболоз Е.И., Корниенко Ю.И., Пальчиков А.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2014.— 205 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19282>.— ЭБС «IPRbooks»
8. Герасименко В.Б. Технические основы создания машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Герасименко В.Б., Фадин Ю.М.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014.— 162 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28406>.— ЭБС «IPRbooks»
9. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений [Текст]: учеб. / В.А.Горохов, А.Г.Схиртладзе. - 2-е изд., перереб. и доп. - Старый Оскол: ТНТ, 2009. - 301 с.
10. Горюнова В.В. Основы автоматизации конструкторско-технологического проектирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Горюнова В.В., Акимова В.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2012.— 172 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23102>.— ЭБС «IPRbooks»
11. Гречишников В.А. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства / В. А. Гречишников, А. Р. Маслов, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе. – М.: Высш. школа, 2001. – 272 с.
12. Гузеев В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ / В.И. Гузеев, В.А. Батуев, И.В. Сурков; под ред В.И. Гузеева. – М.: Машиностроение, 2005. – 368 с.
13. Гуртяков А.М. Расчет и проектирование металлорежущих станков [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гуртяков А.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 136 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34708>.— ЭБС «IPRbooks»
14. Данилов В.А. Формообразующая обработка сложных поверхностей резания / В.А. Данилов. – Минск: Наука и техника, 1995. – 264 с.

15. Денисенко, А.Ф. Техническое обслуживание и ремонт металлорежущих станков [Текст]: Учеб. пособие станков / А.Ф.Денисенко, А.И.Фролов, А.П.Сидорчук.- Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. - 253 с.
16. Ермолаев Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием. – М.: Машиностроение, 2003 – 272 с.: ил.
17. Зубарев Ю.М. Современные инструментальные материалы: учебник / О.М. Зубарев. – СПб.: издательство «Лань». 2008. – 224 с.
18. Иванов Ю.И. Проектирование фасонного режущего инструмента. Учебное пособие (гриф УМО АМ)/Самар. гос. тех. университет; Самара, 2005. 116 с.
19. Идеология конструирования / А.Ф.Крайнев. – М.: Машиностроение, 2003. – 384 с.
20. Инструментальная оснастка для высокоэффективного резания: справ. / А. Р. Маслов. - М. : ИТО, 2008. - 113 с.
21. Инструменты для обработки точных отверстий / С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.И. Кокарев. – М.: Машиностроение, 2003. – 253 с.
22. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС / И.Л.Фадюшин, Я.А.Музыкант, А.И.Мещеряков, А.Р.Маслов. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
23. Инструментальные системы автоматизированного производства: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / Р.И.Гжиров, В.И.Гречишников, В.Г.Логашев [и др.]. – СПб.: Политехника, 1993. – 399 с.
24. Инструменты из сверхтвердых материалов/ Под.ред.Н.В.Новикова ; ред. Н. В. Новиков. - М. : Машиностроение, 2005. - 554 с.
25. Кожевников Д.В. Резание материалов: учебник для высш. Учебн. Заведений / Д.В. Кожевников, С.В. Кирсанов; Под общ. ред. С.В. Кирсанова. – М., Машиностроение, 2007. – 304 с.
26. Кожевников Д.В., Гречишников В.А., Кирсанов С.В. и др. Режущий инструмент. Учебник. – М.: Машиностроение, 2004. 512 с.
27. Козочкина М.П. Виброакустическая диагностика процессов / М.П. Козочкина (МГТУ им. Баумана). - М.: ИКФ "Каталог", 2005.-186 с.
28. Комплексные способы эффективной обработки резанием / Ю.М. Ермаков. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.
29. Конструирование и оснащение технологических комплексов [Электронный ресурс]/ А.М. Русецкий [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2014.— 317 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29463>. Конструирование и оснащение технологических комплексов [Электронный ресурс]/ А.М. Русецкий [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2014.— 317 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29463>.— ЭБС «IPRbooks»— ЭБС «IPRbooks»
30. Коротков В.А. Износостойкость машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Коротков В.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2014.— 42 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20694>.— ЭБС «IPRbooks»
31. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, испытаний и контроля [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Латышенко К.П.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 307 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20390>.— ЭБС «IPRbooks»
32. Маслов А.Р. Инструментальные системы машиностроительных производств: учебник. – М.: Машиностроение, 2006. – 512 с.
33. Маслов А.Р. Приспособления для металлообрабатывающего инструмента. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
34. Машиностроение: Энциклопедия: В 40 т. / Ред. совет: К.В.Фролов (предс.) [и др.]; Раздел II. Материалы в машиностроении. ТП-2 – М.: Машиностроение, 2001. – 780 с.
35. Металлорежущие станки: учеб. пособие / В. Д. Ефремов [и др.]. - 5-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2009. - 695 с.

36. Металлорежущие станки / Б.И. Черпаков, Т.А. Альперович. – М.: Высш. школа, 2004. – 368 с.
37. Мещерякова, В. Б. Металлорежущие станки с ЧПУ: учеб. пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. - М. : Инфра-М, 2015. - 336 с.
38. Можин Н.А. Станки с числовым программным управлением [Электронный ресурс]: справочник/ Можин Н.А., Гришин К.В.— Электрон. текстовые данные.— Иваново: Ивановский государственный политехнический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 112 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/25505>.— ЭБС «IPRbooks»
39. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования: учеб. / ред. А. Н. Батищев. - М. : КолосС, 2007. - 424 с.
40. Обработка деталей на станках с ЧПУ / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск.: Вышэйшая школа, 2006. – 287 с.
41. Обработка металлов резанием (2-е издание) / А.А. Панов. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
42. Обработка упрочненных поверхностей в машиностроении и ремонтном производстве: Учебное пособие / С. И. Богодухов, В. Ф. Гребенюк, А. Д. Проскурин. – 2005. – 256 с.
43. Основы программирования систем числового программного управления: учеб. пособие / А. В. Кузьмин, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол : ТНТ, 2013. - 239 с
44. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.
45. Палей М.М. Технология производства металлорежущих инструментов. Учебное пособие для студентов. - М.: Машиностроение, 2003 - 256 с.
46. Прогрессивные конструкции затылованных инструментов - (Серия: Библиотека инструментальщика) / В.Б. Протасьев, М.В. Ушаков, Ю.С. Степанов. – М.: Машиностроение, 2004. - 236 с.
47. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ: учеб.пособие / Под ред.О.В.Таратынова. - 2-е изд.,доп.и перераб. - М. : МГИУ, 2006. - 378 с.
48. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3 т. Т.1: Проектирование станков; Т.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков; Т.3: Проектирование станочных систем / Под общей ред. А.С.Проникова – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Машиностроение, Т.1, 1994; Т.2, 1995; Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Изд-во «Станкин», Т. 3, 2000. – 3 т.
49. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие для ВУЗов / И.П. Филонов. – Минск.: Технопринт, 2003. – 910 с.
50. Проектирование участков и цехов машиностроительных производств: учеб.пособие / А.Г.Схиртладзе,В.П.Вороненко,В.В.Морозов и др. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 451 с
51. Производство деталей металлорежущих станков / А.В. Мухин, О.В. Спиридонов, А.Г. Схиртладзе [и др.]. - М.: Машиностроение, 2001. – 560 с.
52. Процессы формообразования и инструментальная техника: учеб. пособие / С. Н. Григорьев [и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2013. - 327 с.
53. Пуш А.В. Шпиндельные узлы. Качество и надежность / А.В. Пуш. - М.: Машиностроение, 1992. - 228с.
54. Режущий инструмент: учебное пособие / А.А. Рыжкин [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 405 с.
55. Режущий инструмент: учебник для вузов / Под ред. С.В. Кирсанова.- М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
56. Режущий инструмент / Д. В. Кожевников, В. А. Гречишников, С. В Кирсанов, В. И. Кокарев, А. Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
57. Режущие инструменты учеб.пособие / В.А.Гречишников, С.Н.Григорьев, А.Г.Схиртладзе и др. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 384 с.

58. Режущий инструмент: учеб.пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич, М. И. Михайлов. - М. : Новое знание, 2007
59. Ремонт технологических машин и оборудования: учеб.пособие / А. Г. Схиртладзе, В. А. Скрябин, В. П. Борискин. - Старый Оскол : ТНТ, 2012. - 430 с.
60. Рыжкин А.А. Обработка материалов резанием: учебное пособие / А.А. Рыжкин, К.Г. Шучев, М.М. Климов. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 411 с.
61. Синопальников В.А Надежность и диагностика технологических систем: Учеб. для студентов вузов/ В.А. Синопальников, С.Н. Григорьев.- М.: Станкин, 2003 - 331 с.
62. Синтез и анализ компоновок металлорежущих станков [Электронный ресурс]: методические указания к курсовому проектированию по дисциплинам «Металлорежущие станки» и «Проектирование станочного оборудования»/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 22 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17697>.— ЭБС «IPRbooks»
63. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справ. / А. И. Ящура. - М. : НЦ ЭНАС, 2006. - 355 с.
64. Скуратов Д.Л., Трусов В.Н., Андрюхина Т.Н. Формообразование поверхностей деталей. Обработка материалов резанием: учебное пособие: Самара. СамГТУ, 2011-175 с.
65. Скуратов Д.Л., Трусов В.Н. Резание и режущий инструмент. Лабораторный практикум. – Самара, СамГТУ, 2012. – 175 с.
66. Солоненко В.Г. Резание материалов и режущий инструмент: учебн. пособие / В.Г. Солоненко, А.А Рыжкин. – М.: Высш. Шк., 2007. – 414 с.
67. Сотников, В. И. Станочное оборудование машиностроительных производств: учеб.: в 2 ч. / В. И. Сотников, А. Г. Схиртладзе, Г. А. Харламов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ. Ч.1. - 2015. - 415 с.
68. Сотников, В. И. Станочное оборудование машиностроительных производств: учеб.: в 2 ч. / В. И. Сотников, А. Г. Схиртладзе, Г. А. Харламов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ. Ч.2. - 2015. - 407 с.
69. Справочник конструктора-инструментальщика / Под ред. В.А. Гречишникова и С.В. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 2006. – 542 с.
70. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / А.М.Дальский [и др.]; под ред. А.М.Дальского, А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова, А.Г.Сулова – М.: Машиностроение, 2001. – 2 т.
71. Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ В.И. Аверченков [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 216 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7009>.— ЭБС «IPRbooks»
72. Станочные приспособления: Учеб. пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Д. Новиков. – М.: Высш. школа, 2001. – 110 с.
73. Схиртладзе, А. Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств [Текст] : учеб.пособие / А.Г.Схиртладзе, Т.Н.Иванова, В.П.Борискин. - Старый Оскол : ТНТ, 2007. - 706с.
74. Схиртладзе А.Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств: Учебное пособие для студентов вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков; под ред. Ю.М.Соломенцева. М.: Высшая школа, 2003.- 406с.
75. Схиртладзе, А. Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств: отрезные агрегатные ГПМ, ГПС. АЛ. Эксплуатация и обслуж. станков: учеб. пособие / А. Г. Схиртладзе, Т. Н. Иванова, В. П. Борискин. - Старый Оскол : ТНТ, 2016. - 183 с.

76. Схиртладзе, А. Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств: станки для обраб. резанием и электрофизикохим. обраб.: учеб. пособие / А. Г. Схиртладзе, Т. И. Иванова, В. П. Борискин. - Старый Оскол : ТНТ, 2016.
77. Теория резания / П.И. Ящерицын, М.А. Корниевич, Е.Э.Фельдштейн. – М.: Высш. школа, 2005. – 512 с.
78. Технология и оборудование восстановления деталей машин: учеб. / В. П. Иванов. - Минск : Техноперспектива, 2007. - 458 с.
79. Технология производства режущего инструмента: Учеб. пособие/ Ю.С. Звягольский, В.Г. Солоненко, А.Г. Схиртладзе. – М.: Высш. шк., 2010. – 334 с.: ил.
80. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичнадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
81. Управление станками и станочными комплексами: учеб. / Б. М. Бржовский [и др.] ; под ред. проф. В. В. Мартынова. - Старый Оскол : ТНТ, 2011. - 387 с.
82. Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А. Режущий инструмент для обработки незвольвентных профилей / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 112 с.
83. Фещенко В.Н. Справочник конструктора. Книга 1. Машины и механизмы [Электронный ресурс]: учебно-практическое пособие/ Фещенко В.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Инфра-Инженерия, 2015.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40250>.— ЭБС «IPRbooks»
84. Фещенко В.Н. Справочник конструктора. Книга 2. Проектирование машин и их деталей [Электронный ресурс]: учебно-практическое пособие/ Фещенко В.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Инфра-Инженерия, 2015.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40251>.— ЭБС «IPRbooks»
85. Формообразование и режущие инструменты: учеб. пособие / А. Н. Овсеенко [и др.]. - М. : ФОРУМ, 2010. - 415 с.
86. Худобин Л.В. Технологии и техника применения смазочно-охлаждающих жидкостей при механической обработке [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Худобин Л.В., Булыжев Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2013.— 232 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21543>.— ЭБС «IPRbooks»
87. Чернов, Н. Н. Технологическое оборудование [Текст] металлорежущие станки: Учеб. пособие / Н. Н. Чернов. - Ростов н/Д : Феникс, 2009. - 493 с.
88. Черпаков, Б. И. Металлорежущие станки [Текст] : учеб. / Б.И.Черпаков, Т.А.Альперович. - М. : Academia, 2004. - 367 с.
89. Черпаков, Б. И. Технологическое оборудование машиностроительного производства [Текст] : учеб. / Б.И.Черпаков, Л.И.Вереина. - 2-е изд., стер. - М. : Academia, 2006. - 413 с.
90. Чёсов Ю.С. Кинематический расчет привода главного движения металлорежущих станков [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Чёсов Ю.С.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45098>.— ЭБС «IPRbooks»
91. Шагун В.И. Металлорежущие инструменты: учебное пособие для машиностроит. спец. вузов / В.И. Шагун. – М.: Высшая школа, 2007. – 423 с.
92. Ящерицын П.И. Теория резания: учебник / П.И. Ящерицын, Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Мн.: Новое знание, 2006. – 512 с.

## **РАЗДЕЛ 3. ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

### **3.1. Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей машин и инструментов**

Основные параметры качества поверхности.

Шероховатость поверхности и физико-механические свойства поверхностного слоя (деформационное упрочнение, остаточные напряжения, микроструктура и субструктура).

Зависимость физико-механических свойств поверхностного слоя от режимов и методов обработки и других факторов.

Формирование поверхностного слоя при обработке резанием

Формирование поверхностного слоя при обработке шлифованием

Формирование поверхностного слоя при обработке поверхностным пластическим деформированием.

Роль тепловых процессов в образовании поверхностного слоя.

Методы исследования шероховатости.

Методы исследования деформационного упрочнения.

Методы исследования остаточных напряжений.

Применяемая температура.

Регламентирование параметров качества поверхности.

Требования к шероховатости в зависимости от точности деталей и условий их эксплуатации.

Исследования ученых по влиянию методов обработки на качество поверхности.

Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей машин (сопротивление усталости, износостойкость, контактную жесткость и контактную выносливость).

Влияние деформационного упрочнения на эксплуатационные свойства деталей машин (сопротивление усталости, износостойкость, контактную жесткость и контактную выносливость).

Влияние остаточных напряжений эксплуатационные свойства деталей машин (сопротивление усталости, износостойкость, контактную жесткость и контактную выносливость).

Влияние структурного состояния поверхностного слоя на эксплуатационные свойства деталей машин (сопротивление усталости, износостойкость, контактную жесткость и контактную выносливость).

Влияние шероховатости на стойкость инструмента.

Влияние деформационного упрочнения на стойкость инструмента.

Влияние остаточных напряжений на стойкость инструмента.

Влияние структурного состояния поверхностного слоя на стойкость инструмента.

### **3.2. Технологическое обеспечение повышения эксплуатационных свойств деталей машин и стойкости инструментов**

Основные понятия и определения (надежность, долговечность, отказ и др.).

Основные виды разрушения деталей машин и инструментов (износ, усталостные изломы, усталостное выкрашивание, коррозионная усталость, ползучесть и др.).

Виды несовершенств кристаллической решетки.

Диаграмма И.А. Одингга «сопротивление деформации – количество дефектов (дислокаций)».

Структурная неоднородность и ее влияние на прочность с позиции энергетической теории прочности В.С. Ивановой.

Пути повышения прочности поверхностного слоя.



Задачи технологического обеспечения повышения эксплуатационных свойств деталей машин и инструментов формированием поверхностного слоя.

Упрочнение и его основная задача.

Основные методы упрочнения, применяемые в нефтяном и общем машиностроении, станкостроении, инструментальном производстве.

### **3.3. Упрочнение методами поверхностного пластического деформирования, термоупрочнение**

Процессы, происходящие при поверхностном пластическом деформировании (ППД).

Механизм поверхностного пластического деформирования.

Физическая природа упрочнения сталей в разном структурном состоянии.

Тепловой эффект при обработке ППД. Основные параметры процесса.

Понятие об упрочняющей и отделочно-упрочняющей обработке.

Процесс образования шероховатостей.

Наклеп поверхностного слоя и его зависимость от параметров процесса.

Формирование остаточных напряжений.

Влияние методов ППД на геометрическую и размерную точность.

Основные методы обработки наружных поверхностей пластическим деформированием (обдувка дробью, динамический наклеп, прокатывание, обкатывание роликами и шариками, алмазное выглаживание, чеканка, ультразвуковое упрочнение, обработка металлическими щетками, дробью и т.д.). Применяемое оборудование и инструмент.

Влияние методов обработки на сопротивление усталости, контактную выносливость, износостойкость, коррозионную стойкость, стойкость инструмента и др.

Технология обработки ППД. Выбор режимов обработки. Практика и перспективы применения ППД в нефтяном и общем машиностроении, станкостроении, инструментальном производстве.

Термоупрочнение, его сущность и назначение. Процессы, происходящие при термоупрочнении. Технология обработки, область применения. Влияние на эксплуатационные свойства.

Исследования упрочняющей технологии, выполненные в СамГТУ.

### **3.4. Автоматизация проектирования технологических процессов**

Использование ЭВМ при проектировании технологических процессов. Исходные данные для автоматизированного проектирования.

Алгоритмы проектирования технологических процессов механической обработки деталей машин.

Автоматизация технологических процессов при проектировании.

### **3.5. Адаптивные системы активного контроля и управления**

Комбинированные системы с автоматической компенсацией смещения уровня настройки.

Системы с автоматической компенсацией динамической погрешности от неустойчивости скорости съема припуска путем коррекции цикла обработки.

Системы с автоматической компенсацией погрешности формы в продольном и поперечном сечениях.

Системы с автоматической компенсацией погрешностей и контуром самонастройки для программного управления станками.

### **3.6. Статистический анализ размерной точности**

Определение объема выборки.

Статистические характеристики: среднее - арифметическое значение, среднее - квадратическое отклонение, дисперсия, асимметрия, эксцесс.

Законы распределения случайных величин.

Закон нормального распределения. Коэффициент точности.

### **3.7. Экономичность изготовления машины**

Понятие о себестоимости машины и ее деталей.

Различные методы калькулирования себестоимости.

Определение расходов на материалы, заработную плату.

Основы технического нормирования.

Определение расходов на содержание и амортизацию средств труда.

Определение накладных расходов.

Выбор наиболее экономичного варианта технологического процесса.

### **3.8. Основы достижения качества машин**

Основы базирования.

Теоретические основы определения положения твердого тела в пространстве.

Роль закрепления.

Понятие о базировании, базе, комплекте баз, опорной точке. Виды баз. Скрытые базы.

Определенность и неопределенность базирования. Смена баз. Принцип единства баз.

Теория размерных цепей.

Основные понятия и определения, относящиеся к теории размерных цепей.

Методика построения и выявления размерных цепей.

Отклонения характеристик качества изделий от требуемых величин.

Понятие о явлении рассеивания и его характеристиках.

Влияние действия отдельных факторов на изменение характеристик качества изделий: систематических постоянных, изменяющихся по определенному закону и случайных.

Суммарное действие систематических и случайных факторов. Кривая рассеивания.

Точечные диаграммы как средство отображения состояния процесса во времени.

Погрешность замыкающего звена размерной цепи.

Пути повышения точности замыкающего звена.

Методы достижения точности замыкающего звена: полной, неполной и групповой взаимозаменяемости, метод пригонки, метод регулирования, их сущность, методика расчета припусков.

Основы достижения точности машин при сборке.

Погрешности сборочных процессов и причины их возникновения.

Погрешности измерения.

Технологические размерные цепи в сборочных процессах.

Достижение точности машин при сборке.

Пути уменьшения погрешностей, являющихся следствием упругих деформаций деталей.

Монтаж деталей соединяемых натягом.

Уменьшение осевых перемещений вращающихся деталей.

Уменьшение погрешностей радиального и пространственного биения поверхностей вращающихся деталей.

Методы контроля точности машин.

### **3.9. Технологические основы достижения точности деталей машин**

Включение деталей при изготовлении в размерные и кинематические цепи системы СПИД. Три этапа достижения точности: установка обрабатываемой заготовки детали, статическая настройка системы СПИД. Погрешность обработки.

Три метода получения и измерения расстояний и относительных поворотов поверхностей деталей: цепной, координатный, комбинированный.

Сокращение погрешности установки. Роль и значение первой операции. Основы выбора измерительных баз.

Сокращение погрешности статической настройки системы СПИД. Методы базирования приспособлений и режущего инструмента на станках и видах оборудования.

Различные методы статической настройки размерных, кинематических цепей системы СПИД. Использование «габаритов», мерных длин, лимбов, линеек, корригирующих устройств и т.д.

Сокращение погрешностей динамической настройки системы СПИД. Влияние колебаний качества материала, величины припуска, температуры и других факторов на точность детали.

Жесткость системы СПИД. Методы определения жесткости. Влияние жесткости на точность и производительность обработки. Явление вибраций при обработке и средства уменьшения их влияния на точность.

Размерный износ режущего инструмента.

Температурные деформации системы СПИД. Влияние перераспределения внутренних напряжений детали.

Настройка и поднастройка системы СПИД. Цель настройки системы СПИД. Определение рабочего настроенного размера и размера статической настройки при изготовлении одного изделия и партии изделий. Настройка с требуемой точностью на обработку партии изделий. Различные методы настройки.

Использование различных методов достижения точности при поднастройке кинематических и размерных цепей системы СПИД. Автоматическая поднастройка системы СПИД по входным и выходным данным.

Совокупное влияние различных факторов на точность детали при обработке. Расчетно-аналитический метод определения ожидаемой погрешности обработки. Обоснование выбора средств для обеспечения требуемой точности детали при обработке.

Технологические методы обеспечения требуемого качества поверхностного слоя материала (структуры, твердости, знака и величины напряжений и т.д.) и шероховатости поверхностей деталей.

### **3.10. Основы снижения себестоимости машины**

Влияние количества изделий, подлежащих изготовлению в единицу времени (квартал, год) и по неизменяемому чертежу, на их себестоимость. Использование унификации, нормализации деталей и узлов и кооперирования предприятий для увеличения количества изделий, подлежащих изготовлению. Группирование изделий. Специализация предприятий и цехов.

Сокращение расходов на материалы. Понятие о коэффициенте использования материала. Пути приближения качества заготовок к качеству готовых изделий. Получение отходов в наиболее ценном виде и их использование.

Сокращение расходов на заработную плату, приходящуюся на единицу продукции.

### **3.11. Основы разработки технологического процесса изготовления машин**

Исходные материалы для разработки технологического процесса. Последовательность разработки технологического процесса изготовления машин. Постановка задачи, изучение служебного назначения машины и намечаемого масштаба выпуска.

Изучение рабочих чертежей машины и анализ соответствия норм точности и технических условий служебному назначению машин.

Основы разработки технологического процесса сборки машин. Выбор вида и формы организации производственного процесса сборки машин. Деление машин на сборочные единицы: комплекты, подузлы и узлы. Выбор методов достижения требуемой точности машины.

Анализ технологичности конструкции машины. Разработка последовательности сборки машины. Построение схемы сборки машины. Построение схемы сборки машины. Выбор средств облегчения труда и увеличение его производительности, нормирование.

Построение циклограмм сборки машины. Формирование операций из переходов. Упорядочение длительности операций. Контроль точности машины. Разработка методики испытаний. Документация технологических процессов сборки.

Основы разработки технологического процесса. Анализ служебного назначения детали, норм точности и технических условий на нее.

Выбор полуфабрикатов технологического процесса получения заготовок. Разработка последовательности обработки поверхности детали и обоснование выбора технологических баз.

Выбор способов обработки и количества необходимых переходов с использованием понятия о передаточном отношении системы СПИД. Обоснование выбора оборудования и другой технологической оснастки, припусков на обработку.

Расчет межпереходных размеров и допусков с использованием для этих целей технологических размерных цепей. Методика расчета и оптимизация режимов резания. Формирование операций. Выбор наиболее экономичного варианта технологического процесса изготовления детали. Документация.

Автоматизация проектирования технологических процессов. Возможности ЭВМ в решении задач проектирования. Автоматизированная система проектирования как составная часть ЕСТП. Исходная информация, необходимая для автоматизированного проектирования.

Различные подходы к автоматизации проектирования технологических процессов: использование типовых технологических процессов, метода разработки технологического процесса в качестве основы проектирования и т.д. Алгоритмы проектирования технологических процессов.

Логические операции и построение маршрутов обработки деталей. Автоматизация технологических расчетов.

### **3.12. Технология изготовления типовых узлов и деталей машин**

Сборка типовых узлов и механизмов. Монтаж подшипников скольжения и качения. Сборка цилиндрических, конических зубчатых передач и червячных передач. Сборка деталей, соединяемых при помощи направляющих. Сборка резьбовых соединений.

Особенности и методы достижения требуемой точности типовых узлов и механизмов. Балансировка деталей и составных частей машин.

Технология изготовления типовых деталей машин: оснований, корпусных деталей, ступенчатых и коленчатых валов, цилиндрических и конических зубчатых колес, червяков и червячных колес, рычагов и шатунов, подшипниковых втулок и вкладышей.

Для каждого типа деталей рассматриваются: служебное назначение и конструктивные особенности деталей, требования к технологичности конструкции, требования к качеству, материалы, способы получения заготовок, обоснование построения маршрутов изготовления в единичного, серийного и массового производства (последовательности обработки поверхностей и схем базирования, способов обработки и количества переходов, режимов

обработки, выбора оборудования и технологической оснастки, средств механизации и автоматизации процессов, методов и средств технического контроля).

Проектирование технологических процессов изготовления деталей машин на станках с цифровым программным управлением. Корректировка рабочего чертежа, выбор заготовки, выбор схемы базирования и закрепления заготовки, установление последовательности и содержания переходов, расчет припусков и промежуточных размеров заготовки, выбор инструментов и назначение режимов резания.

Установление траектории движения инструмента и координат опорных точек – траектории от выбранного начала координат. Нахождение наименьшего холостого пути по методу линейного программирования.

Установление необходимых команд для управления рабочим циклом. Кодирование полученных данных и запись их на программноноситель. Подготовка управляющих программ.

Корректировка программ. Применение дисплеев и координатографов. Специфика обработки деталей и построение операций на станках типа «Обрабатывающий центр».

Применение станков с программным управлением для групповой обработки и обработки деталей на автоматических линиях. Групповое управление станками от ЭВМ.

### **3.13. Основы исследований производственных и технологических процессов**

Типовые научные задачи, возникающие при исследовании производственных и технологических процессов.

Постановка задачи исследования. Выявление и классификация факторов, участвующих в решении поставленной задачи. Разработка гипотезы и методики исследования.

Математическое описание задачи. Различные методы математического описания задачи.

Статистические модели. Основные понятия о случайных величинах и случайных процессах как моделях физических явлений.

Одномерная и многомерная статистика. Теория корреляции. Точечное и интервальное оценивание. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов.

Разработка методики эксперимента. Планирование эксперимента. Полный и дробный факторный эксперимент.

Применение полученных моделей для анализа процессов. Постановка задачи оптимизации процесса. Понятие о математическом программировании. Линейное программирование.

### **Список рекомендуемой литературы**

#### **Основная литература**

1. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 2009 – Т. 1. – 665 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 2009. – Т. 2. – 496 с.
3. Ткачев, А.Г. Проектирование технологического процесса изготовления деталей машин / А.Г. Ткачев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2007. – 48 с.
4. Зуев, А.А. Технология машиностроения / А.А. Зуев. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Изд-во "Лань", 2007. – 496 с.
5. Ткачев, А.Г. Типовые технологические процессы изготовления деталей машин / А.Г. Ткачев, И.Н. Шубин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2009. – 112 с.
6. Станочные приспособления: справочник / под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 2010. – Т. 1. – 591 с.
7. Технология машиностроения. Ч. II: Проектирование технологических процессов / под ред. С.Л. Мурашкина –СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2008. – 498 с.

8. Шубин, И.Н. Типовые процессы в машиностроении: лабораторный практикум / И.Н. Шубин и др. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2007. – 84 с.
9. Горбачевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред. – М.: Высшая школа, 2010. – 225 с.
10. Худобин, Л.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Л.В. Худобин и др. – М.: Машиностроение, 2009. – 288 с.

### **Дополнительная литература**

#### *Дополнительная литература к разделу 3.1.*

1. Подураев В.Н. Технология физико-химических методов обработки. М.: Машиностроение. 2002.-180с.
2. Проектирование технологии. Под ред. Ю.М.Соломенцева, Машиностроение, 2001.-416с.
3. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение. 2002.-560с.
4. Адаптивное управление технологическими процессами. Ю.М.Соломенцев, В.Г.Митрофанов
5. Техничко-экономическое обоснование конструкторского решения: метод. указ. / сост. : В.В. Быковский, А.И. Попов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 24 с.
6. Обработка металлов резанием: справочник технолога / под ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 2003. – 736 с.
7. Вереина, Л.И. Справочник токаря : учеб. пособие для начального профессионального образования / Л.И. Вереина. – М.: Издательский центр "Академия", 2002. – 448 с.
8. Экономика предприятия: учебник для вузов / под ред. В.Я. Горфинкеля, Е.М. Купрякова. – М., 2004.
9. Маракулин, И.В. Краткий справочник технолога тяжелого машиностроения / И.В. Маракулин и др. – М.: Машиностроение, 2001. – 464 с.
10. Станочные приспособления: справочник / под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Данилевского. – М.: Машиностроение, 2000. – Т. 2. – 655 с.

#### *Дополнительная литература к разделу 3.2.*

1. Попилов Л.Я. Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов. М: Машиностроение, 2001.-399с.
2. Рыжков В.В. и др. Качество поверхности при алмазно-абразивной обработке. – Киев: Наукова думка, 1999. – 242 с.

#### *Дополнительная литература к разделу 3.3.*

1. Янюшкин А.С., Шоркин В.С. Процессы при поверхностном пластическом деформировании. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 230 с.
2. Попов А.С. Технология комбинированного электроалмазного затачивания твердосплавных инструментов. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 242 с.

#### *Дополнительная литература к разделу 3.4.*

1. Лащнев С.И., Юликов М.И. Проектирование режущей части инструмента с применением ЭВМ. М.: Машиностроение, 1980.- 208с.
2. Митрофанов С. П. и др. Автоматизация технологической подготовки серийного производства. – М.: Машиностроение, 1974.

#### *Дополнительная литература к разделу 3.5.*

1. Корсаков В.С. Автоматизация станочных комплексов. М.: Машиностроение. 2003.-277с.

2. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1998.- 585с.

***Дополнительная литература к разделу 3.6.***

1. Иващенко И. А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. – М.: Машиностроение, 1996.
  2. Мателин А. А. Технология механической обработки и ее точность. М.: Машиностроение, 1995.

***Дополнительная литература к разделу 3.7.***

1. Семков М.Ф., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И. и др. Экономичность изготовления деталей. – Киев: Вища шк., 1999. – 232 с.
2. Митрофанов С. П. и др. Автоматизация технологической подготовки серийного производства и ее экономическое обоснование. – М.: Машиностроение, 1994.

***Дополнительная литература к разделу 3.8.***

1. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
2. Янюшкин А.С. Качество поверхности деталей и изделий. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 242 с.

***Дополнительная литература к разделу 3.9.***

1. Волкевич Л.М., Кузнецов М.М., Усов Б.А. Точность деталей машин:/ Учебник –М.: Высшая школа, 1996,- ч.1,ч.2.
2. Семченко И.И., Матюшин С.И., Сахаров С.И. Проектирование металлорежущего инструмента. М.: Машиностроение, 1999.- 952с.

***Дополнительная литература к разделу 3.10.***

1. Бодров В.Ф. Экономика машиностроительного производства. М.: Машиностроение, 2000,- 343с.
2. Резчиков А.И., Резчиков А.А. Снижение себестоимости деталей. М.: Машиностроение, 2001.- 287с.

***Дополнительная литература к разделу 3.11.***

1. Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с.
2. Удолин Л.В. Технологические процессы изготовления машин. – М.: Машиностроение, 2001. – 211 с.

***Дополнительная литература к разделу 3.12.***

1. Заозерский Е. И. и др. Технология обработки деталей на станках с программным управлением. – Л.: Машиностроение, 2000.
2. Технология машиностроения (специальная часть). – М.: Машиностроение, 1999.

***Дополнительная литература к разделу 3.13.***

1. Родин П.Р. Исследование производственных процессов. Киев.: Вища школа, 1996,- 400с.
2. Под ред. Одинарцева И.А. Технологические процессы. М.: Машиностроение, 1997.- 846с.

## **РАЗДЕЛ 4. МАШИНЫ, АГРЕГАТЫ И ПРОЦЕССЫ (НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ)**

Назначение и конструктивные схемы фонтанной арматуры. Критерии выбора схемы и основных параметров фонтанной арматуры. Особенности расчета элементов фонтанной арматуры на прочность.

Структурная и принципиальная схемы станка-качалки. Кинематика станка качалки. Принцип уравнивания станков-качалок и характер действия усилий при этом. Структурная и принципиальная схемы штангового скважинного насоса. Особенности его работы в скважине.

Талевая система буровой установки. Критерии выбора схем оснастки талевого механизма. Расчетные нагрузки и особенности расчета на прочность. Характер воздействия нагрузок на элементы талевой системы спускоподъемного агрегата. Способы повышения работоспособности элементов талевой системы.

Буровые насосы, их конструкции и элементы. Расчеты, связанные с эксплуатацией насоса. Анализ графика промывки и нагружения бурового насоса. Динамика расчета деталей бурового насоса на прочность. Влияние условий эксплуатации на долговечность буровых насосов.

Структурная схема насосов ЦНС, ЭЦН и электровинтового насоса. Принципиальная схема и конструктивные особенности их элементов. Характеристики насосов - подача, напор, рабочая точка, КПД. Критерии выбора насосов.