



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***СТРУКТУРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ИЗНАШИВАНИЯ  
ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ***

Направление подготовки (специальность)  
15.04.02 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Инжиниринг в металлургическом машиностроении

Уровень высшего образования - магистратура  
Программа подготовки - академический магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования
Курс	1
Семестр	1, 2

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.02 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 21.11.2014 г. № 1489)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования

20.02.2020, протокол № 7


Зав. кафедрой  А.Г. Корчунов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ


20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ПиЭММиО, канд. техн. наук  А.В. Аншупов

Рецензент:

гл. механик ООО НПЦ "Гальва", канд. техн. наук  В.А. Русанов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

---

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются: освоение студентами базовых терминов и определений технической диагностики, методологией прогнозирования показателей надежности трибосистем; методикой детерминистической оценки безотказности и долговечности различных трибосопряжений и овладение достаточным уровнем общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.04.02 Технологические машины и оборудование.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Структурно-энергетическая концепция изнашивания трибосопряжений входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения математики, физики, теории машин и механизмов, сопротивления материалов, теоретической механики, детали машин предыдущей ступени высшего образования (бакалавриат).

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Структурно-энергетическая концепция изнашивания трибосопряжений» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОК-2	способностью к обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию при постановке целей в сфере профессиональной деятельности с выбором путей их достижения
Знать	Общий концептуальный подход к построению различных теорий изнашивания сопряжений
Уметь	Использовать различные концептуальные принципы, положенные в основу построения теорий изнашивания сопряжений на базе эмпирических коэффициентов износа для прогнозирования ресурса сопряжений
Владеть	Практическими навыками применения концептуальных эмпирических теорий для расчета показателей износостойкости и ресурса трибосопряжений
ОК-3	способностью критически оценивать освоенные теории и концепции, переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности
Знать	Молекулярно-механическую теорию трения и усталостного изнашивания И.В. Крагельского для прогнозирования долговечности сопряжений
Уметь	Использовать теорию молекулярно-механического трения и усталостного изнашивания для прогнозирования износа элементов и долговечности сопряжений.
Владеть	Практическими навыками применения теории трения и изнашивания сопряжений И.В. Крагельского для прогнозирования их ресурса

ОК-5 способностью самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности	
Знать	Энергетическую концепцию изнашивания деталей узлов трения В.Д. Кузнецова.
Уметь	Использовать энергетическую теорию для построения моделей изнашивания различных трибосопряжений
Владеть	Практическими навыками применения теории В.Д. Кузнецова для расчета долговечности фрикционных сопряжений
ПК-19 способностью организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов	
Знать	Энерго-механический подхода к моделированию изнашивания узлов трения на основе кинетического уравнения разрушения конструкционных материалов
Уметь	Использовать энерго-механическую концепцию для построения моделей изнашивания различных трибосопряжений
Владеть	Практическими навыками применения энерго-механических моделей для оценки долговечности узлов трения
ПК-24 способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	
Знать	Аналитическую методику прогнозирования износостойкости и ресурса узлов трения на основе энерго-механической концепции.
Уметь	Использовать методику прогнозирования износостойкости и ресурса узлов трения для моделирования отказов подвижных сопряжений
Владеть	Практическими навыками аналитического прогнозирования надежности промышленных узлов трения по критериям их износостойкости
ОПК-1 способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении	
Знать	Термодинамическую концепцию разрушения локальных объемов поверхностных слоев (изнашивания поверхностей трения)

Уметь	Использовать термодинамическую концепцию изнашивания поверхностей трения для построения моделей изнашивания различных трибосопряжений
Владеть	Практическими навыками применения термодинамических моделей для оценки долговечности узлов трения

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 65,8 акад. часов;
- аудиторная – 64 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,8 акад. часов
- самостоятельная работа – 78,2 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Новые подходы физического и математического моделирования процесса фрикционного взаимодействия и разрушения поверхностей трения	1	16		16	39,1	- Самостоятельное изучение учебной и научной литературы - Подготовка к практическому занятию	– устный опрос (собесе-дование) -зачет	ОК-2, ОК-3, ОК-5, ПК-19, ПК-24, ОПК-1
Итого по разделу		16		16	39,1			
Итого за семестр		16		16	39,1		зачёт	
2.								
2.1 Математическое описание процессов изнашивания деталей узлов трения на основе структурно-энергетической теории трения	2	8		8	19,1	- Самостоятельное изучение учебной и научной литературы - Подготовка к практическому занятию	– устный опрос (собесе-дование) -зачет	ОК-2, ОК-3, ОК-5, ПК-19, ПК-24, ОПК-1
2.2 Проектная оценка износостойкости и ресурса деталей и узлов трения метал-лургических машин		8		8	20	- Самостоятельное изучение учебной и научной литературы - Подготовка к практическому занятию	– устный опрос (собесе-дование) -зачет	ОК-2, ОК-3, ОК-5, ПК-19, ПК-24, ОПК-1
Итого по разделу		16		16	39,1			
Итого за семестр		16		16	39,1		зачёт	

Итого по дисциплине	32		32	78,2		зачет	ОК-2,ОК-3,ОК-5,ПК-19,ПК-24,ОПК-1
---------------------	----	--	----	------	--	-------	----------------------------------



## 5 Образовательные технологии

Лекции проходят в традиционной форме. Теоретический материал на лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемно-го вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы. Практические занятия проводятся в традиционной и проблемной формах с использованием методик, изложенных в соответствующей методической литературе и параллельным решением исследовательских проблемных задач по повышению надежности деталей машин.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки МГТУ или электронно-библиотечных системах. Доступ к печатным источникам возможен с помощью специальных технических и программных средств, имеющихся в научной библиотеке МГТУ.

### Основная литература:

1. Основы диагностики и надежности технических объектов : учебное пособие / В. П. Анцупов, А. Г. Корчунов, А. В. Анцупов (мл.), А. В. Анцупов ; МГТУ, [каф. МОМЗ]. - Магнитогорск, 2012. - 114 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=521.pdf&show=dcatalogues/1/1092485/521.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.
2. Конструкции и расчет надежности деталей и узлов прокатных станов : учебное пособие / В. П. Анцупов, А. В. Анцупов (мл.), А. В. Анцупов, В. А. Русанов ; МГТУ, [каф. общ. техн. дисц.]. - Магнитогорск, 2014. - 156 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=802.pdf&show=dcatalogues/1/1116023/802.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0534-4. - Имеется печатный аналог.

### Дополнительная литература:

1. Горбатюк С.М., Каменев А.В., Глухов Л.М. Конструирование машин и оборудования металлургических производств. В 2 х томах [Электронный ресурс]: учебник. – Издательство «Лань» Электронно-библиотечная система, 2008. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2077&login-failed=1](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2077&login-failed=1)  
Загл. с экрана.
2. Жиркин, Ю. В. Монтаж металлургических машин : практикум / Ю. В. Жиркин, А. В. Анцупов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 59 с. : ил., табл., схемы, эскизы, фот. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=3633.pdf&show=dcatalogues/1/1524754/3633.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог

### Методические указания:

1. Анцупов В.П., Анцупов А.В. (мл.), Савельева Р.Н., Анцупов А.В. Исследование машин и оборудования металлургического производства: расчетный практикум. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. Ун-та им. Г.И. Носова, 2013. - 78с.
2. Анцупов, В. П. Изучение, расчет и исследование приводов прокатных станков : учебное пособие / В. П. Анцупов, А. В. Анцупов (мл.), А. В. Анцупов ; МГТУ. - Магнитогорск, 2009. - 86 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=268.pdf&show=dcatalogues/1/1060892/268.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.
3. Жиркин, Ю. В. Основы трибологии : практикум / Ю. В. Жиркин ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 51 с. : ил., табл., схемы. - ISBN 978-5-9967-1164-2. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=3642.pdf&show=dcatalogues/1/1524717/3642.pdf&view=true> (дата обращения: 25.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.
- 4.

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

#### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>

#### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория. Оснащение: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Аудитория 043. Оснащение: Машина трения СМТ-1, лабораторный прокатный стан.

Аудитория 308. Оснащение:Лабораторные установки: доменной печи, МНЛЗ, конусной дробилки, литейного крана, прокатного стана, сверлильной машины



## Приложение 1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельное изучение учебной и научной литературы по темам разделов читаемой дисциплины заключается в освоении соответствующих разделов основной литературы.

Подготовка к практическим занятиям заключается в изучении теоретических разделов источника 1 методических указаний, оформлении отчетов по выполненным работам и к подготовке их к защите.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Обобщение известных классов моделей изнашивания трибосопряжений в рамках концептуального подхода к их разработке.
2. Модели изнашивания узлов трения на основе первого концептуального положения.
3. Модели изнашивания трибосистем на основе второго концептуального положения.
4. Модели изнашивания узлов трения на основе третьего концептуального положения.
5. Раскрыть смысл молекулярно-механической концепции теории трения и усталостного изнашивания узлов трения И.В. Крагельского.
6. Объяснить физику молекулярного сопротивления поверхностей при внешнем трении.
7. Раскрыть смысл механической составляющей силы сопротивления при трении.
8. Общее уравнение изнашивания трибосистем с использованием показателя энергетической интенсивности изнашивания.
9. Методы оценки энергетического показателя.
10. Виды и зависимости для определения энергетической интенсивности отечественных и зарубежных авторов
11. Общее уравнение изнашивания трибосистем с использованием термодинамического показателя удельной плотности дефектов структуры материала.
12. Метод определения показателя удельной плотности дефектов структуры материала поверхностных слоев.
13. Зависимости для определения текущего износа поверхностей трения с использованием термодинамического показателя.
14. Общее уравнение изнашивания трибосопряжений с использованием энерго-механической теории.
15. Метод аналитической оценки энерго-механического показателя изнашиваемости поверхностных слоев.
16. Зависимости для определения текущего износа поверхностей трения с использованием энерго-механического показателя.
17. Алгоритм построения кинетического уравнения деградации сопряжений в нестационарных условиях трения.
18. Кинетическое уравнение повреждаемости поверхностных слоев деталей узлов трения в установившихся условиях внешнего нагружения .
19. Теоретические зависимости для проектной оценки текущего износа и ресурса исследуемых сопряжений.

Приложение 2 **Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
способность к обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию при постановке целей в сфере профессиональной деятельности с выбором путей их достижения (ОК-2)		
Знать	Общий концептуальный подход к построению различных теорий изнашивания сопряжений	<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обобщение известных классов моделей изнашивания трибосопряжений в рамках концептуального подхода к их разработке.</li> <li>2. Модели изнашивания узлов трения на основе первого концептуального положения.</li> <li>3. Модели изнашивания трибосистем на основе второго концептуального положения.</li> <li>4. Модели изнашивания узлов трения на основе третьего концептуального положения..</li> </ol>
Уметь	Использовать различные концептуальные принципы, положенные в основу построения теорий изнашивания сопряжений на базе эмпирических коэффициентов износа для прогнозирования ресурса сопряжений	<p><i>Практические задания</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулировать первое концептуальное положение о пропорциональности износа пути трения.</li> <li>2. Сформулировать второе концептуальное положение о пропорциональности износа предельной работе трения.</li> <li>3. Сформулировать третье концептуальное положение о пропорциональности износа текущей работе трения.</li> </ol>
Владеть	Практическими навыками применения концептуальных эмпирических теорий для расчета показателей износостойкости и ресурса трибосопряжений	<p><i>Задания на решения задач из профессиональной области</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить уравнение для оценки износа по линейной интенсивности изнашивания.</li> <li>2. Построить выражение для расчета износа с использованием фактора износа.</li> <li>3. Выразить математически зависимость для определения износа по энергетической интенсивности изнашивания.</li> </ol>
способность критически оценивать освоенные теории и концепции, переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности (ОК-3)		
Знать	Молекулярно-механическую теорию трения и усталостного изнашивания И.В. Крагельского для прогнозирования долговечности	<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Раскрыть смысл молекулярно-механической концепции теории трения и усталостного изнашивания узлов трения И.В. Крагельского.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	сопряжений	2. Объяснить физику молекулярного сопротивления поверхностей при внешнем трении. 3. Раскрыть смысл механической составляющей силы сопротивления при трении.
Уметь	Использовать теорию молекулярно-механического трения и усталостного изнашивания для прогнозирования износа элементов и долговечности сопряжений.	<p><i>Практические задания</i></p> <p>Сформулировать алгоритм определения показателя линейной интенсивности изнашивания образцов на машинах трения по схемам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ролик – колодка;</li> <li>- ролик – ролик;</li> <li>- палец – диск и др.</li> </ul>
Владеть	Практическими навыками применения теории трения и изнашивания сопряжений И.В. Крагельского для прогнозирования их ресурса	<p><i>Задания на решения задач из профессиональной области</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить уравнение для оценки износа по линейной интенсивности изнашивания.</li> <li>2. Построить выражение для расчета ресурса с использованием показателя линейной интенсивности.</li> <li>3. Выразить математически зависимость для определения показателя линейной интенсивности изнашивания.</li> </ol>
способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-5)		
Знать	Энергетическую концепцию изнашивания деталей узлов трения В.Д. Кузнецова.	<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общее уравнение изнашивания трибосистем с использованием показателя энергетической интенсивности изнашивания.</li> <li>2. Методы оценки энергетического показателя.</li> <li>3. Виды и зависимости для определения энергетической интенсивности отечественных и зарубежных авторов.</li> </ol>
Уметь	Использовать энергетическую теорию для построения моделей изнашивания различных трибосопряжений	<p><i>Практические задания</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить энергетическую модель изнашивания образцов на машине трения по схеме «ролик – колодка».</li> <li>2. Построить энергетическую модель изнашивания образцов на машине трения по схеме «ролик – ролик».</li> <li>3. Построить энергетическую модель изнашивания образцов на машине трения по схеме «палец – диск».</li> </ol>
Владеть	Практическими навыками применения теории	<i>Задания на решения задач из профессиональной области</i>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	В.Д. Кузнецова для расчета долговечности фрикционных сопряжений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулировать уравнение для оценки износа в функции энергетической интенсивности изнашивания.</li> <li>2. Построить выражение для расчета ресурса с использованием энергетического показателя.</li> <li>3. Раскрыть алгоритм статистической оценки показателя энергетической интенсивности изнашивания.</li> </ol>
<p>способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении (ОПК-1)</p>		
Знать	Термодинамическую концепцию разрушения локальных объемов поверхностных слоев (изнашивания поверхностей трения)	<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общее уравнение изнашивания трибосистем с использованием термодинамического показателя удельной плотности дефектов структуры материала.</li> <li>2. Метод определения показателя удельной плотности дефектов структуры материала поверхностных слоев.</li> <li>3. Зависимости для определения текущего износа поверхностей трения с использованием термодинамического показателя.</li> </ol>
Уметь	Использовать термодинамическую концепцию изнашивания поверхностей трения для построения моделей изнашивания различных трибосопряжений	<p><i>Практические задания</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить термодинамическую модель изнашивания образцов на машине трения по схеме-« ролик – колодка».</li> <li>2. Построить термодинамическую модель изнашивания образцов на машине трения по схеме «ролик – ролик».</li> <li>3. Построить термодинамическую модель изнашивания образцов на машинах трения по схем «палец – диск».</li> </ol>
Владеть	Практическими навыками применения термодинамических моделей для оценки долговечности узлов трения	<p><i>Задания на решения задач из профессиональной области</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить уравнение для оценки износа с использованием термодинамического показателя.</li> <li>2. Построить выражение для расчета ресурса с использованием показателя плотности дефектов.</li> <li>3. Выразить математически зависимость для определения термодинамического показателя.</li> </ol>
<p>способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов (ПК-19)</p>		
Знать	Энерго-механический подхода к моделированию изнашивания узлов трения на	<p><i>Теоретические вопросы</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общее уравнение изнашивания трибосопряжений с использованием энерго-механической</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	основе кинетического уравнения разрушения конструкционных материалов	теории. 2. Метод аналитической оценки энерго-механического показателя изнашиваемости поверхностных слоев. 3. Зависимости для определения текущего износа поверхностей трения с использованием энерго-механического показателя.
Уметь	Использовать энерго-механическую концепцию для построения моделей изнашивания различных трибосопряжений	<i>Практические задания</i> 1. Построить энерго-механическую модель изнашивания образцов на машине трения по схеме «ролик – колодка». 2. Построить энерго-механическую модель изнашивания образцов на машине трения по схеме «ролик – ролик». 3. Построить энерго-механическую модель изнашивания образцов на машинах трения по схем «палец – диск».
Владеть	Практическими навыками применения энерго-механических моделей для оценки долговечности узлов трения	<i>Задания на решения задач из профессиональной области</i> 1. Построить уравнение для оценки износа с использованием аналитического энерго-механического показателя. 2. Построить выражение для расчета ресурса сопряжения с использованием аналитического показателя плотности дефектов. 3. Выразить математически зависимость для определения аналитического показателя плотности дефектов структуры материала поверхностного слоя.
способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений (ПК-24)		
Знать	Аналитическую методику прогнозирования износостойкости и ресурса узлов трения на основе энерго-механической концепции.	<i>Теоретические вопросы</i> 1. Алгоритм построения кинетического уравнения деградации сопряжений в нестационарных условиях трения. 2. Кинетическое уравнение повреждаемости поверхностных слоев деталей узлов трения в установившихся условиях внешнего нагружения . 3. Теоретические зависимости для проектной оценки текущего износа и ресурса исследуемых сопряжений.
Уметь	Использовать методику прогнозирования износостойкости и ресурса узлов трения для моделирования отказов подвижных	<i>Практические задания</i> 1. Построить модель отказа стандартных пар трения при их изнашивании на машине трения по схеме « ролик – колодка» по критерию энергоемкости.



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	сопряжений	2. Построить модель отказа стандартных пар трения при их изнашивании на машине трения по схеме «ролик – ролик» по критерию энергоемкости. 3. Построить модель отказа стандартных пар трения при их изнашивании на машине трения по схеме «палец – диск» по критерию энергоемкости.
Владеть	Практическими навыками аналитического прогнозирования надежности промышленных узлов трения по критериям их износостойкости	<i>Задания на решения задач из профессиональной области</i> 1. Рассчитать износ подшипников скольжения прокатных валков с использованием аналитического энерго-механического показателя. 2. Провести проектный расчет срока службы герметизирующего устройства гидрораспределителя по критерию износостойкости уплотнений. 3. Выполнить расчет проектного срока службы опорного валка по критерию его износостойкости в контакте качения с рабочим валком.

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по и включает 1 вопрос

Показатели и критерии оценивания:

– на оценку **«зачтено»**– обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. Обучающийся правильно и самостоятельно отвечает на поставленный в билете вопрос, частично отвечает на дополнительные вопросы по общему содержанию дисциплины.