



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института металлургии,  
машиностроения и материаловедения  
А.С. Савинов  
«02» октября 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ

Направление подготовки

15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль программы

Компьютерное моделирование и проектирование в машиностроении

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения  
Очная

Институт  
Кафедра

Металлургии, машиностроения и материаловедения  
Проектирования и эксплуатации металлургических  
машин и оборудования

Курс  
Семестр

4  
7

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утвержденного приказом МОиН РФ от 20 октября 2015 г. № 1170.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования «25» сентября 2018 г., протокол №3

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / А.Г. Корчунов/

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материалообработки «02» октября 2018 г., протокол №2.

Председатель \_\_\_\_\_ / А.С. Савинов/

Рабочая программа составлена:

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ / А.В. Анцупов /

Рецензент:

гл. механик ООО НПЦ «Гальва», к.т.н.

\_\_\_\_\_ /В.А. Русанов/



## **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Основы теории трения и изнашивания» являются:

1. Формирование у студентов системы знаний по проблемам трения, износа и смазки деталей и узлов автотранспорта.
2. Овладение основными принципами трибологических закономерностей для решения конкретных конструкторских, технологических и эксплуатационных задач, связанных с трением, износом и смазкой в машинах и механизмах.
3. Формирование знаний по выбору новых эффективных триботехнических материалов пар трения с целью сознательного управления их фрикционным поведением.
4. Приобретение навыков решения практических задач по определению показателей износостойкости трибоэлементов, подбору смазочных материалов и выбору эффективного способа повышения износостойкости деталей и узлов машин.
5. Овладение достаточным уровнем общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

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

Дисциплина Основы теории трения и изнашивания входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

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

Детали машин

Механика жидкости и газа

Основы взаимозаменяемости

Основы проектирования

Проектирование металлоконструкций

Технологические линии и комплексы металлургических цехов

Метрология, стандартизация и сертификация

Моделирование в машиностроении

Основы научных исследований

Технология конструкционных материалов

Введение в направление

Введение в специальность

Машиностроительные материалы

Основы моделирования в машиностроении

Теория машин и механизмов

Математика

Соппротивление материалов

Физика

Информатика

Начертательная геометрия и компьютерная графика

Теоретическая механика

Химия

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Монтаж, эксплуатация и ремонт металлургических машин и оборудования

Основы прогнозирования надежности трибосопряжений

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена  
Проектная оценка надежности технических объектов  
Производственная – преддипломная практика

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы теории трения и изнашивания» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-13 умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования	
Знать	- методику оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования - алгоритм расчета остаточного ресурса элементов трибоспряжений технологического оборудования
Уметь	- применять методику оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования - применять алгоритм расчета остаточного ресурса элементов трибоспряжений технологического оборудования
Владеть	- навыками применения методики оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования - навыками применения алгоритма расчета остаточного ресурса элементов три-боспряжений технологического оборудования

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 77,6 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,6 акад. часов
- самостоятельная работа – 66,7 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - курсовой проект, экзамен

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. Раздел 1. Введение в дисциплину «Основы теории трения и изнашивания»								
1.1 Введение в дисциплину «Основы теории трения и изнашивания»	7	2			13	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-13
Итого по разделу		2			13			
2. Раздел 2. Контактное взаимодействие поверхностей твердых тел								
2.1 Характеристики микрогеометрии поверхностей	7	6		12/6И	6	Подготовка к практической работе Подготовка к тестированию	Практическая работа Тестирование	ПК-13
2.2 Контакт волнистых и шероховатых тел		6		12/2И	7	Подготовка к практической работе Подготовка к тестированию	Практическая работа Тестирование	ПК-13
Итого по разделу		12		24/8И	13			
3. Раздел 3. Фрикционное взаимодействие и изнашивание твердых тел								
3.1 Виды изнашивания	7	4			6	Подготовка к тестированию	Тестирование	ПК-13
3.2 Характеристики изнашивания		4		12/6И	7	Подготовка к практической работе	Практическая работа	ПК-13
Итого по разделу		8		12/6И	13			
4. Раздел 4. Современные подходы к моделированию процессов трения и изнашивания элементов трибосистем								
4.1 Молекулярно-механическая теория трения	7	4			6	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-13

4.2	Структурно-энергетическая теория трения и изнашивания		4			7	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-13
Итого по разделу			8			13			
5. Раздел 5. Способы повышения износостойкости поверхностей трения элементов три-босопрояжений									
5.1	Способы повышения износостойкости поверхностей трения элементов трибосопрояжений	7	4			13	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-13
Итого по разделу			4			13			
6. Раздел 6. Смазка и смазочные материалы									
6.1	Смазка и смазочные материалы	7	2			1,7	Изучение литературы	Устный опрос	
Итого по разделу			2			1,7			
7. Экзамен									
7.1	Экзамен	7					Подготовка к экзамену	Экзамен	
Итого по разделу									
Итого за семестр			36		36/14И	66,7		экзамен,кп	
Итого по дисциплине			36		36/14И	66,7		курсовой проект, экзамен	ПК-13

## **5 Образовательные технологии**

Для усвоения студентами знаний по дисциплине «Основы теории трения и изнашивания» применяются традиционная технология обучения, включающая в себя объяснения преподавателя на лекциях, самостоятельную работу с учебной и справочной литературой, работу на практических занятиях и т.п.

В ходе изложения лекционного материала используются презентации, плакаты по теме занятий, наглядные пособия. На занятиях студенты выполняют задания на изучение в рамках программы курса тем и проблем, не выносимых на лекции и практические занятия; заполняют вслед за преподавателем схемы, таблицы по изучаемой тематике; приводят собственные примеры, очевидно подтверждающие излагаемый материал.

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Основы теории трения и изнашивания» используются специализированные интерактивные технологии:

- Лекция «обратной связи» – лекция-беседа, лекция-дискуссия.
- Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

## **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 (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Жиркин, Ю. В. Основы теории трения и изнашивания (основы триботехники): учебное пособие / Ю. В. Жиркин. - 2-е изд., подгот. по печ. изд. 2007 г. - Магнитогорск: МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=985.pdf&show=dcatalogues/1/1119119/985.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. (для выполнения курсового проекта)

### **б) Дополнительная литература:**

1. Износостойкие хромистые чугуны для литого режущего инструмента: монография [электронный ресурс] / [А. Н. Емельюшин, Д. А. Мирзаев, Н. М. Мирзаева и др.]; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2725.pdf&show=dcatalogues/1/1132093/2725.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст: электронный.

2. 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.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=521.pdf&show=dcatalogues/1/1092485/521.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.

3. Смирнов А.Н., Абабков Н.В. Методы и средства контроля износа поверхностей деталей [электронный ресурс] // Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева – 2015 г. URL: <https://e.lanbook.com/book/69524>



**в) Методические указания:**

1. Жиркин Ю.В., Мироненков Е.И. Лабораторный практикум по дисциплине «Основы теории трения и изнашивания» для студентов направлений 150400.62, 151000.62. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск, гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 25 с.

2. Жиркин Ю.В. Основы теории трения и изнашивания: Методические указания для практических занятий. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2008, 16 с.

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.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3642.pdf&show=dcatalogues/1/1524717/3642.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст: электронный.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:****Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
АСКОН Вертикаль в.2014	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
АСКОН Компас 3D в.16	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
APM WinMachine 2010	Д-262-12 от 15.02.2012	бессрочно
Autodesk AutoCad 2011 Master Suite	К-526-11 от 22.11.2011	бессрочно
Autodesk AutoCad Mechanical 2011 Master Suite	К-526-11 от 22.11.2011	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</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>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>

Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>
Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный концорциум» (НИ НЭИКОН)	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Оснащение: Лабораторные установки, измерительные приборы и инструменты для выполнения лабораторных работ:

Профилометр Mitutoyo Surftest SJ-210.

– Установка по исследованию величины коэффициента трения ТММ-32А.

– Машина Арчарда.

– Измерительный инструмент (микрометр, штангенциркуль).

– Машина трения СМТ-1.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Доска, мультимедийный проектор, экран

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в интернет и с доступом в электронную ин-формационную-образовательную среду университета

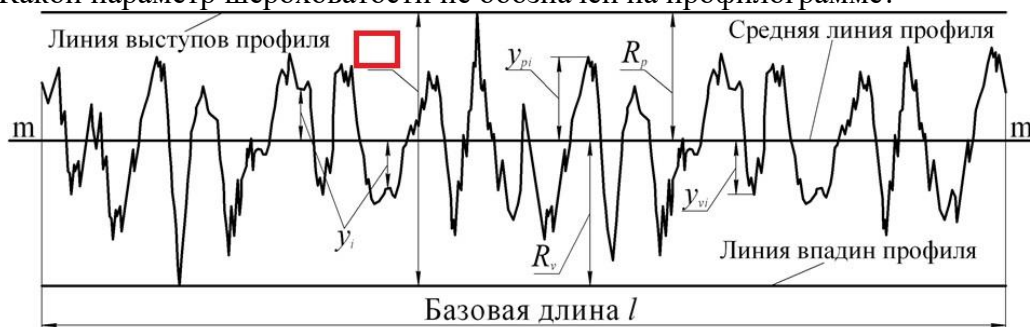
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: Стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

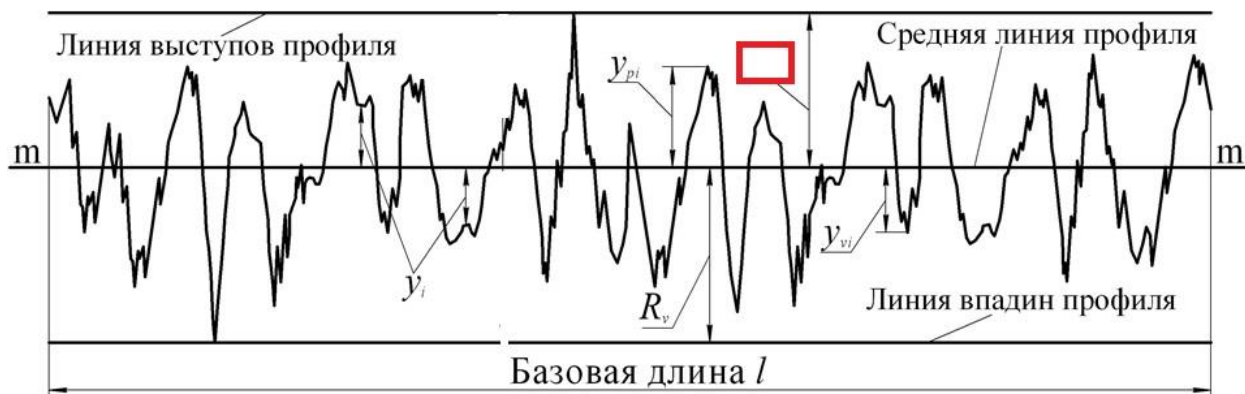
Вопросы для проведения тестирования на тему «Характеристики микрогеометрии поверхностей»:

1. Параметр  $R_{\max}$ 
  - 1.1. Максимальная высота профиля микронеровностей
  - 1.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам
  - 1.3. Среднее арифметическое отклонение профиля
  - 1.4. Среднее квадратическое отклонение профиля
  - 1.5. Высота наибольшего выступа профиля
  
2. Параметр  $R_p$ 
  - 2.1. Максимальная высота профиля микронеровностей
  - 2.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам
  - 2.3. Среднее арифметическое отклонение профиля
  - 2.4. Среднее квадратическое отклонение профиля
  - 2.5. Высота наибольшего выступа профиля
  
3. Параметр  $R_v$ 
  - 3.1. Максимальная высота профиля микронеровностей
  - 3.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам
  - 3.3. Среднее арифметическое отклонение профиля
  - 3.4. Среднее квадратическое отклонение профиля
  - 3.5. Глубина наибольшей впадины профиля
  
4. Параметр  $R_z$ 
  - 4.1. Максимальная высота профиля микронеровностей
  - 4.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам
  - 4.3. Среднее арифметическое отклонение профиля
  - 4.4. Среднее квадратическое отклонение профиля
  - 4.5. Высота наибольшего выступа профиля

5. Какой параметр шероховатости не обозначен на профилограмме?

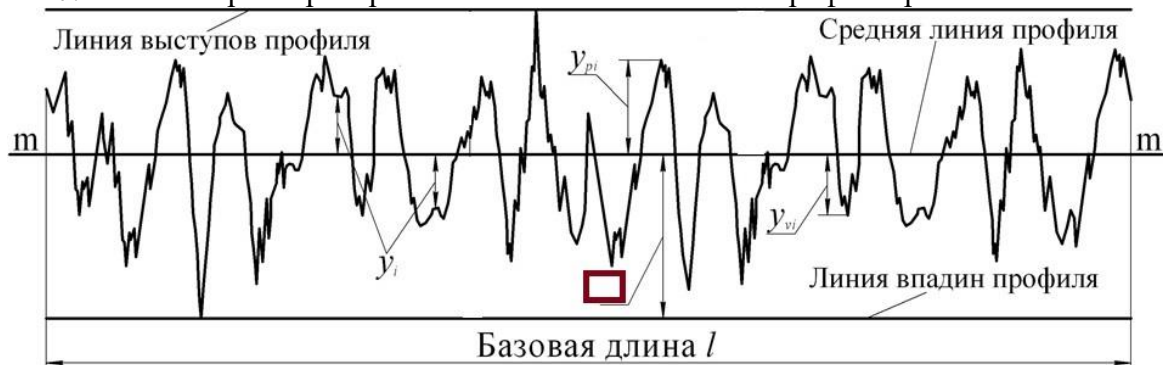


- 5.1. Максимальная высота профиля микронеровностей
  - 5.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам
  - 5.3. Среднее арифметическое отклонение профиля
  - 5.4. Среднее квадратическое отклонение профиля
  - 5.5. Высота наибольшего выступа профиля
6. Какой параметр шероховатости не обозначен на профилограмме?



- 6.1. Максимальная высота профиля микронеровностей
- 6.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам
- 6.3. Глубина наибольшей впадины профиля
- 6.4. Среднее арифметическое отклонение профиля
- 6.5. Среднее квадратическое отклонение профиля
- 6.6. Высота наибольшего выступа профиля**

7. Какой параметр шероховатости не обозначен на профилограмме?



- 7.1. Максимальная высота профиля микронеровностей
- 7.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам
- 7.3. Глубина наибольшей впадины профиля**
- 7.4. Среднее арифметическое отклонение профиля
- 7.5. Среднее квадратическое отклонение профиля
- 7.6. Высота наибольшего выступа профиля

Вопросы для проведения тестирования на тему «Контакт волнистых и шероховатых тел»:

1. Внешнее трение это
  - a) Сопротивление между телами препятствующее их перемещению.
  - b) Сила сопротивления движению тел относительно друг другу.
  - c) Явление сопротивления относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним.
2. Изнашивание это
  - a) Процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) увеличения его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела.
  - b) Процесс разрушения поверхностного слоя двух тел.
  - c) Явление сопротивления перемещению тел относительно друг другу.
3. Износ это

- a) Результат изнашивания, определяемый в установленных единицах.
  - b) Масса, потерянная телами в результате процесса изнашивания.
  - c) Изменение геометрических размеров тел, перемещаемых относительно друг друга.
4. Износостойкость это
- a) Сопротивление материала процессу изнашивания.
  - b) Свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемое величиной, обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания.
  - c) Явление сопротивления материалов трибоэлементов процессу изнашивания при фрикционном взаимодействии.
5. Составляющие трибологической системы в общем случае
- a) Два тела, окружающая среда и смазочный материал
  - b) Два тела и смазочный материал
  - c) Два тела и окружающая среда
  - d) Два тела
6. Чем обусловлена фактическая площадь контакта двух твердых тел?
- a) Волнистостью поверхностей.
  - b) Номинальными размерами наименьшего из тел.
  - c) Деформированием микронеровностей поверхностного слоя тел.
7. Чем обусловлена контурная площадь контакта двух твердых тел?
- a) Деформированием волнистости поверхностей.
  - b) Номинальными размерами наименьшего из тел.
  - c) Деформированием микронеровностей поверхностного слоя тел.
8. Чем обусловлена номинальная площадь контакта двух твердых тел?
- a) Деформированием волнистости поверхностей.
  - b) Номинальными размерами наименьшего из тел.
  - c) Деформированием микронеровностей поверхностного слоя тел.
9. Трение качения.
- a) Трение двух тел при наличии на поверхности трения введённого смазочного материала любого вида.
  - b) Трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел одинаковы по значению и направлению, по крайней мере в одной точке зоны контакта.
  - c) Трение движения, при котором скорости тел в точке касания различны по значению и направлению.
  - d) Трение двух тел при микросмещениях без макросмещения.
  - e) Трение двух тел при отсутствии на поверхности трения введенного смазочного материала любого вида.
  - f) Трение двух тел, находящихся в движении относительно друг друга.
10. Трение движения.
- a) Трение двух тел при наличии на поверхности трения введённого смазочного материала любого вида.
  - b) Трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел одинаковы по значению и направлению, по крайней мере в одной точке зоны контакта.
  - c) Трение движения, при котором скорости тел в точке касания различны по

- значению и направлению.
- d) Трение двух тел при микросмещениях без макросмещения.
  - e) Трение двух тел при отсутствии на поверхности трения введенного смазочного материала любого вида.
  - f) Трение двух тел, находящихся в движении относительно друг друга.

11. Трение скольжения.

- a) Трение двух тел при наличии на поверхности трения введенного смазочного материала любого вида.
- b) Трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел одинаковы по значению и направлению, по крайней мере в одной точке зоны контакта.
- c) Трение движения, при котором скорости тел в точке касания различны по значению и направлению.
- d) Трение двух тел при микросмещениях без макросмещения.
- e) Трение двух тел при отсутствии на поверхности трения введенного смазочного материала любого вида.
- f) Трение двух тел, находящихся в движении относительно друг друга.

*Вопросы для проведения тестирования на тему «Виды изнашивания»:*

1. Абразивное изнашивание.
  - a) Изнашивание в результате механических воздействий.
  - b) Механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел или твердых частиц.
  - c) Изнашивание поверхности в результате воздействия потока жидкости.
  - d) Абразивное изнашивание в результате действия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости.
  - e) Механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя.
2. Механическое изнашивание.
  - a) Изнашивание в результате механических воздействий.
  - b) Механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел или твердых частиц.
  - c) Изнашивание поверхности в результате воздействия потока жидкости.
  - d) Абразивное изнашивание в результате действия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости.
  - e) Механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя.
3. Усталостное изнашивание.
  - a) Изнашивание в результате механических воздействий.
  - b) Механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел или твердых частиц.
  - c) Изнашивание поверхности в результате воздействия потока жидкости.
  - d) Абразивное изнашивание в результате действия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости.
  - e) Механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя.
4. Гидроэрозионное изнашивание.
  - a) Изнашивание в результате механических воздействий.
  - b) Механическое изнашивание материала в результате режущего или

- царапающего действия твердых тел или твердых частиц.
- c) Изнашивание поверхности в результате воздействия потока жидкости.
  - d) Абразивное изнашивание в результате действия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости.
  - e) Механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя.

5. Гидроабразивное изнашивание.

- a) Изнашивание в результате механических воздействий.
- b) Механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел или твердых частиц.
- c) Изнашивание поверхности в результате воздействия потока жидкости.
- d) Абразивное изнашивание в результате действия твердых тел или твердых частиц, увлекаемых потоком жидкости.
- e) Механическое изнашивание в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя.

*Вопросы для проведения тестирования на тему «Характеристики изнашивания»:*

1. Скорость изнашивания.

- a) **Отношение значения износа к интервалу времени, в течении которого он возник.**
- b) Отношение значения износа к обусловленному пути, на котором происходило изнашивание, или объему выполненной работы.
- c) Объем материала, удаляемый с поверхности трения.

2. Интенсивность изнашивания.

- a) Отношение значения износа к интервалу времени, в течении которого он возник.
- b) **Отношение значения износа к обусловленному пути, на котором происходило изнашивание, или объему выполненной работы.**
- c) Объем материала, удаляемый с поверхности трения.

*Вопросы для проведения тестирования на тему «Виды смазки»:*

1. Жидкостная смазка.

- a) Смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей осуществляется жидким смазочным материалом.
- b) Смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется твердым смазочным материалом
- c) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
- d) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении или покое, осуществляется в результате поступления жидкости (газа) в зазор между поверхностями трения под внешним давлением
- e) Смазка, при которой характеристики трения и толщина пленки жидкого смазочного материала между двумя поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются упругими свойствами материалов тел, а также реологическими свойствами последнего
- f) Смазка, при которой трение и износ между поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются свойствами поверхностей и свойствами смазочного материала, отличными от объемной вязкости



2. Твердая смазка.
  - a) Смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей осуществляется жидким смазочным материалом.
  - b) Смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется твердым смазочным материалом
  - c) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
  - d) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении или покое, осуществляется в результате поступления жидкости (газа) в зазор между поверхностями трения под внешним давлением
  - e) Смазка, при которой характеристики трения и толщина пленки жидкого смазочного материала между двумя поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются упругими свойствами материалов тел, а также реологическими свойствами последнего
  - f) Смазка, при которой трение и износ между поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются свойствами поверхностей и свойствами смазочного материала, отличными от объемной вязкости
  
3. Гидродинамическая смазка.
  - a) Смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей осуществляется жидким смазочным материалом.
  - b) Смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется твердым смазочным материалом
  - c) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
  - d) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении или покое, осуществляется в результате поступления жидкости (газа) в зазор между поверхностями трения под внешним давлением
  - e) Смазка, при которой характеристики трения и толщина пленки жидкого смазочного материала между двумя поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются упругими свойствами материалов тел, а также реологическими свойствами последнего
  - f) Смазка, при которой трение и износ между поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются свойствами поверхностей и свойствами смазочного материала, отличными от объемной вязкости
  
4. Гидростатическая смазка.
  - a) Смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей осуществляется жидким смазочным материалом.
  - b) Смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется твердым смазочным материалом
  - c) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
  - d) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения

трения деталей, находящихся в относительном движении или покое, осуществляется в результате поступления жидкости (газа) в зазор между поверхностями трения под внешним давлением

- e) Смазка, при которой характеристики трения и толщина пленки жидкого смазочного материала между двумя поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются упругими свойствами материалов тел, а также реологическими свойствами последнего
- f) Смазка, при которой трение и износ между поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются свойствами поверхностей и свойствами смазочного материала, отличными от объемной вязкости

5. Эласто-гидродинамическая смазка.

- a) Смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей осуществляется жидким смазочным материалом.
- b) Смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется твердым смазочным материалом
- c) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
- d) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении или покое, осуществляется в результате поступления жидкости (газа) в зазор между поверхностями трения под внешним давлением
- e) Смазка, при которой характеристики трения и толщина пленки жидкого смазочного материала между двумя поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются упругими свойствами материалов тел, а также реологическими свойствами последнего
- f) Смазка, при которой трение и износ между поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются свойствами поверхностей и свойствами смазочного материала, отличными от объемной вязкости

6. Граничная смазка.

- a) Смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей осуществляется жидким смазочным материалом.
- b) Смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется твердым смазочным материалом
- c) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
- d) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении или покое, осуществляется в результате поступления жидкости (газа) в зазор между поверхностями трения под внешним давлением
- e) Смазка, при которой характеристики трения и толщина пленки жидкого смазочного материала между двумя поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются упругими свойствами материалов тел, а также реологическими свойствами последнего
- f) Смазка, при которой трение и износ между поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются свойствами поверхностей и свойствами смазочного материала, отличными от объемной вязкости

*Темы для курсового проектирования:*

- 1. Оценка остаточного ресурса подшипника скольжения опорного ролика пластинчатого питателя ПП-3200.*
- 2. Расчет показателей износостойкости и ресурса роликов отводящего рольганга стана 2000 г/п ЛПЦ-10 ПАО «ММК».*
- 3. Оценка среднего ресурса по критерию износостойкости элементов подшипника качения №305 редуктора ИЦ2У-160 привода ленточного конвейера.*
- 4. Расчет показателей износостойкости планок скольжения механизма установки подушек прокатных валков стана 2000 х/п ЛПЦ-11 ПАО «ММК».*
- 5. Разработка модели изнашивания опорных валков стана 2000 г/п ЛПЦ-10 ПАО «ММК».*
- 6. Оценка среднего ресурса зубчатой муфты по критерию износостойкости контактных поверхностей зубьев.*
- 7. Расчет показателей износостойкости стандартной пары трения «ролик-колодка».*
- 8. Проектная оценка среднего ресурса червячной передачи по критерию износостойкости.*
- 9. Оценка остаточного ресурса вкладышей скольжения универсального шпинделя привода рабочих валков клетки №7 стана 2000 г/п ПАО «ММК».*
- 10. Расчет показателей износостойкости роликов подводящего рольганга.*

**7 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
<b>ПК-13 умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методику оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования</li> <li>- алгоритм расчета остаточного ресурса элементов трибосопряжений технологического оборудования</li> </ul>	<p><i>Вопросы для подготовки к экзамену:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методика аналитической оценки ресурса элементов трибосопряжений на моделировании фрикционного взаимодействия с использованием структурно-энергетического подхода.</li> <li>2. Алгоритм расчета показателей износостойкости и ресурса элементов технологического оборудования.</li> <li>3. Показатели износостойкости элементов трибосопряжений.</li> <li>4. Виды изнашивания.</li> <li>5. Предварительное смещение.</li> <li>6. Подходы к оценке показателей износостойкости.</li> <li>7. Концептуальный подход к моделированию процесса изнашивания.</li> <li>8. Способы повышения износостойкости материалов элементов трибосопряжений.</li> <li>9. Способы повышения ресурса узлов трения.</li> <li>10. Способы поверхностного пластического деформирования для повышения долговечности узлов трения.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методику оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования</li> <li>- применять алгоритм расчета остаточного ресурса элементов трибосопряжений технологического оборудования</li> </ul>	<p><i>Перечень заданий для практических занятий (пример):</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет остаточного ресурса трибосопряжения в заданных условиях эксплуатации.</li> <li>2. Подобрать смазочный материал для продления остаточного ресурса трибосопряжения.</li> <li>3. Оценка проектного ресурса прокатных валков по критерию износостойкости.</li> <li>4. Расчет показателей износостойкости подшипника скольжения.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<p>- навыками применения методики оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования</p> <p>- навыками применения алгоритма расчета остаточного ресурса элементов трибоспряжений технологического оборудования</p>	<p><i>Примеры заданий на решение задач из профессиональной области и темы для курсового проектирования:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка остаточного ресурса подшипника скольжения опорного ролика пластинчатого питателя ПП-3200.</i></li> <li>2. <i>Расчет показателей износостойкости и ресурса роликов отводящего рольганга стана 2000 г/н ЛПЦ-10 ПАО «ММК».</i></li> <li>3. <i>Оценка среднего ресурса по критерию износостойкости элементов подшипника качения №305 редуктора 1Ц2У-160 привода ленточного конвейера.</i></li> <li>4. <i>Расчет показателей износостойкости планок скольжения механизма установки подушек прокатных валков стана 2000 х/н ЛПЦ-11 ПАО «ММК».</i></li> <li>5. <i>Разработка модели изнашивания опорных валков стана 2000 г/н ЛПЦ-10 ПАО «ММК».</i></li> <li>6. <i>Оценка среднего ресурса зубчатой муфты по критерию износостойкости контактных поверхностей зубьев.</i></li> <li>7. <i>Расчет показателей износостойкости стандартной пары трения «ролик-колодка».</i></li> <li>8. <i>Проектная оценка среднего ресурса червячной передачи по критерию износостойкости.</i></li> <li>9. <i>Оценка остаточного ресурса вкладышей скольжения универсального шпинделя привода рабочих валков клетки №7 стана 2000 г/н ПАО «ММК».</i></li> <li>10. <i>Расчет показателей износостойкости роликов подводящего рольганга.</i></li> </ol>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы теории трения и изнашивания» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса.

***Показатели и критерии оценивания экзамена:***

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – 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.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**Показатели и критерии оценивания курсового проекта:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.