

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



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института ММиМ  
А.С.Савинов  
«20» января 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ

Специальность

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация

Проектирование металлургических машин и комплексов

Уровень высшего образования – специалитет

Форма обучения

Очная

Институт	Металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования
Курс	5
Семестр	9

Магнитогорск  
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, утвержденного приказом МОиН РФ от 28.10.2016 № 1343.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры проектирования и эксплуатации металлургических машин и комплексов «19» января 2017г., протокол № 12.

Зав. кафедрой  / А.Г. Корчунов/

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материалообработки «20» января 2017 г., протокол № 4.

Председатель  / А.С. Савинов/

Рабочая программа составлена:

доцент, к.т.н.

 / М.Г. Слободянский/

Рецензент:

начальник проектно-конструкторского  
отдела ООО «МРК»

 / А.Н. Наумов/



## 1 Цели освоения дисциплины

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 специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов специализация Проектирование металлургических машин и комплексов.*

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки специалиста

Дисциплина «Основы теории трения и изнашивания» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения Б1.Б.12 «Инженерная графика», Б1.Б.13 «Техническая механика», Б1.Б.15 «Технология конструкционных материалов», Б1.В.ОД.4 «Основы трибологии», Б1.Б.19 «Основы проектирования».

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при рассмотрении: Б1.В.ДВ.4.2 «Эксплуатация металлургического оборудования», Б1.В.ДВ.7.1 «Проектирование металлургических подъемно-транспортных машин», Б1.В.ОД.10 «Проектирование оборудования прокатного и волочильного производства», Б1.В.ОД.8 «Проектирование оборудования аглодоменного производства», Б1.В.ОД.7 «Проектирование оборудования цехов сталеплавильного производства».

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

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу</b>	
Знать	- методику оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования - алгоритм расчета остаточного ресурса элементов трибосопряжений технологического оборудования; - методологический подход к анализу трибологической системы.
Уметь	- применять методику оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования - применять алгоритм расчета остаточного ресурса элементов трибосопря-

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	жений технологического оборудования
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения методики оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования</li> <li>- навыками применения алгоритма расчета остаточного ресурса элементов трибосопряжений технологического оборудования</li> </ul>
<b>ПК-14 способностью применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения</b>	
Знать	Стандартные методики расчета узлов трения используемые при проектировании различных металлургических машин и агрегатов
Уметь	Осуществлять проектные расчеты трибосопряжений
Владеть	Навыками использования стандартных методик расчета узлов трения на стадии их проектирования

#### 4 Структура и содержание дисциплины

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

- контактная работа – 76,1 акад. часа:
  - аудиторная – 72 акад. часа;
  - внеаудиторная – 4,1 акад. часов
- самостоятельная работа – 32,2 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	занятиялаборат.	практич. занятия				
1. Введение в дисциплину «Основы теории трения и изнашивания»	9	2						
<b>Итого по разделу</b>	<b>9</b>	<b>2</b>						
2. Контактное взаимодействие поверхностей твердых тел	9							
<b>Тема 1.</b> Характеристики микрогеометрии поверхностей	9	4	<b>9/5И</b>		5	Подготовка к лабораторной работе Подготовка к тестированию	Лабораторная работа Тестирование	ОК-1(зув) ПК-14(зув)
<b>Тема 2.</b> Контакт волнистых и шероховатых тел	9	4	<b>9/5И</b>		5	Подготовка к лабораторной работе Подготовка к тестированию	Лабораторная работа Тестирование	ОК-1(зув) ПК-14(зув)
<b>Итого по разделу</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>18/10 И</b>		<b>10</b>			

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	занятиялаборат.	практич. занятия				
3. Фрикционное взаимодействие и изнашивание твердых тел	9							ОК-1(зуб) ПК-14(зуб)
<b>Тема 1.</b> Виды изнашивания	9	4			4	Подготовка к тестированию	Тестирование	ОК-1(зуб) ПК-14(зуб)
<b>Тема 2.</b> Характеристики изнашивания	9	4		18/10И	4	Подготовка к практической работе	Практические работы	ОК-1(зуб) ПК-14(зуб)
<b>Итого по разделу</b>	<b>9</b>	<b>8</b>		<b>18/10 И</b>	<b>8</b>			
4. Современные подходы к моделированию процессов трения и изнашивания элементов трибосистем.	9							ОК-1(зуб) ПК-14(зуб)
<b>Тема 1.</b> Молекулярно-механическая теория трения.	9	3			3	Подготовка к практической работе	Практическая работа	ОК-1(зуб) ПК-14(зуб)
<b>Тема 2.</b> Структурно-энергетическая теория трения и изнашивания	9	3			3	Подготовка к практической работе	Практическая работа	ОК-1(зуб) ПК-14(зуб)
<b>Итого по разделу</b>	<b>9</b>	<b>6</b>			<b>6</b>			
5. Способы повышения износостойкости поверхностей трения элементов трибосопряжений	9	6			6			ОК-1(зуб) ПК-14(зуб)
<b>Итого по разделу</b>	<b>9</b>	<b>6</b>			<b>6</b>			
6. Смазка и смазочные материалы	9	6			2,2		Тестирование	ОК-1(зуб) ПК-14(зуб)
<b>Итого по разделу</b>	<b>9</b>	<b>6</b>			<b>2,2</b>			

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	занятия лаборат.	практич. занятия				
<b>Итого по курсу</b>	<b>9</b>	<b>36</b>	<b>18/10</b> <b>И</b>	<b>18/10</b> <b>И</b>	<b>32,2</b>		<b>Экзамен</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>9</b>	<b>36</b>	<b>18/10</b> <b>И</b>	<b>18/10</b> <b>И</b>	<b>32,2</b>			<b>ОК-1(зуб)</b> <b>ПК-14(зуб)</b>

**И** – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.



## 5 Образовательные и информационные 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.

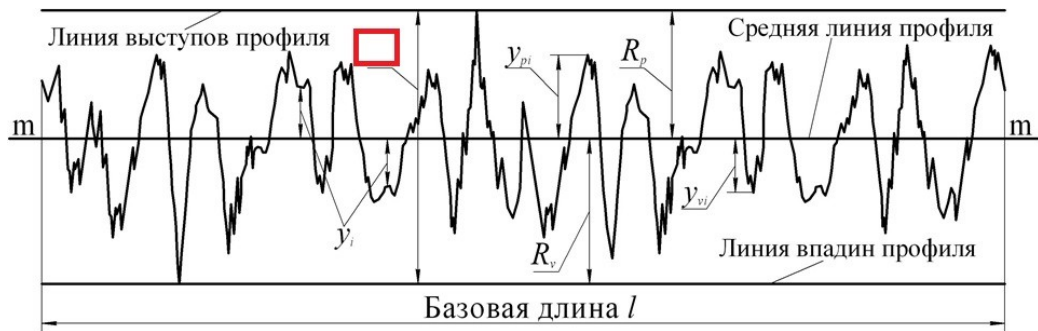
Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Основы теории трения и изнашивания» используются **специализированные интерактивные технологии**:

- *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

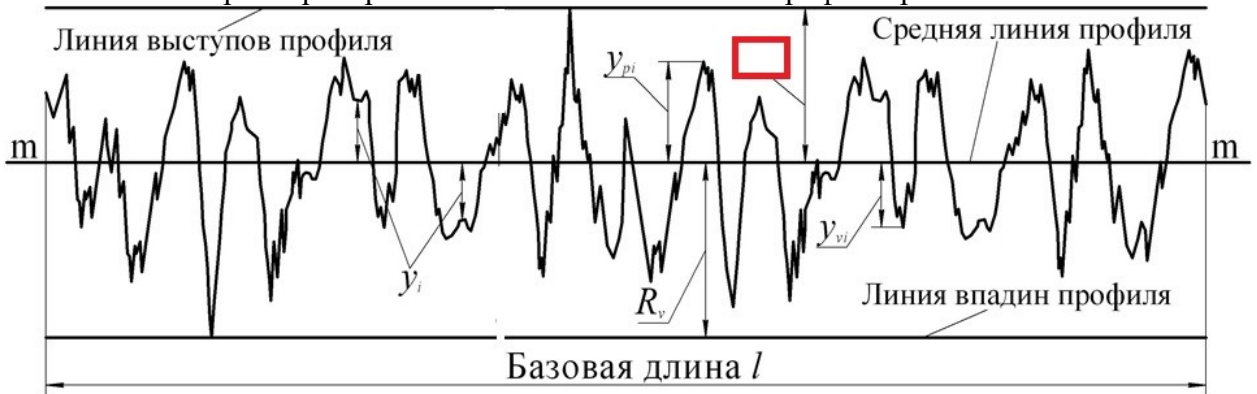
*Вопросы для проведения тестирования на тему «Характеристики микрогеометрии поверхностей»:*

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?



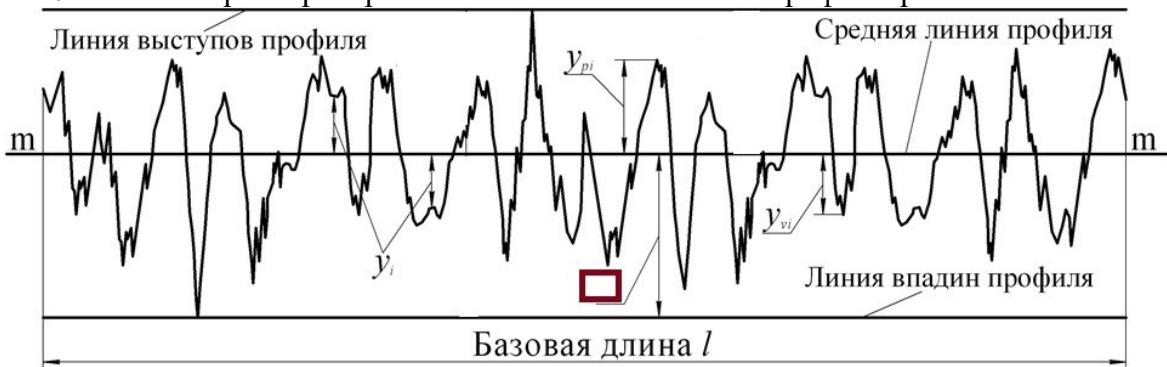
- 5.1. Максимальная высота профиля микронеровностей
- 5.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам
- 5.3. Среднее арифметическое отклонение профиля
- 5.4. Среднее квадратическое отклонение профиля
- 5.5. Высота наибольшего выступа профиля

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 относительно 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 введённого 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 введённого 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 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 введённого 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 «Смазка и смазочные материалы»:*

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

- с) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
- д) 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
- е) 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
- ф) 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.

- а) Смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей осуществляется жидким смазочным материалом.
- б) Смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется твердым смазочным материалом
- с) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
- д) 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
- е) 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
- ф) 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.

- а) Смазка, при которой полное разделение поверхностей трения деталей осуществляется жидким смазочным материалом.
- б) Смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется твердым смазочным материалом
- с) Жидкостная (газовая) смазка, при которой полное разделение поверхностей трения осуществляется в результате давления, самовозникающего в слое жидкости (газа) при относительном движении поверхностей
- д) 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
- е) 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



## 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>ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу</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> <li>5. Оценить величину коэффициента трения для заданного трибосопряжения.</li> <li>6. Определить класс и разряд износостойкости трибосопряжения.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения методики оценки технического состояния фрикционных сопряжений технологического оборудования</li> <li>- навыками применения алгоритма расчета остаточного ресурса элементов трибосопряжений технологического оборудования</li> </ul>	<p><i>Примеры заданий на решение задач из профессиональной области:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка остаточного ресурса подшипника скольжения опорного ролика пластинчатого питателя ПП-3200.</li> <li>2. Расчет показателей износостойкости и ресурса роликов отводящего рольганга стана 2000 г/н ЛПЦ-10 ПАО «ММК».</li> <li>3. Оценка среднего ресурса по критерию износостойкости элементов подшипника качения №305 редуктора 1Ц2У-160 привода ленточного конвейера.</li> <li>4. Расчет показателей износостойкости планок скольжения механизма установки подушек прокатных валков стана 2000 х/н ЛПЦ-11 ПАО «ММК».</li> <li>5. Разработка модели изнашивания опорных валков стана 2000 г/н ЛПЦ-10 ПАО «ММК».</li> <li>6. Оценка среднего ресурса зубчатой муфты по критерию износостойкости контактных поверхностей зубьев.</li> <li>7. Расчет показателей износостойкости стандартной пары трения «ролик-колодка».</li> <li>8. Проектная оценка среднего ресурса червячной передачи по критерию износостойкости.</li> <li>9. Оценка остаточного ресурса вкладышей скольжения универсального шпинделя привода рабочих валков клетки №7 стана 2000 г/н ПАО «ММК».</li> <li>10. Расчет показателей износостойкости роликов подводящего рольганга.</li> </ol>
<b>ПК-14 способностью применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения</b>		
Знать	Стандартные методики расчета узлов трения используемые при проектировании различных металлургических машин и агрегатов	<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> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>8. Способы повышения износостойкости материалов элементов трибосопряжений.</p> <p>9. Способы повышения ресурса узлов трения.</p> <p>10. Способы поверхностного пластического деформирования для повышения долговечности узлов трения.</p>
Уметь	Осуществлять проектные расчеты трибосопряжений	<p>Перечень заданий для практических занятий (<b>пример</b>):</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>
Владеть	Навыками использования стандартных методик расчета узлов трения на стадии их проектирования	<p>Примеры заданий на решение задач из профессиональной области:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка остаточного ресурса подшипника скольжения опорного ролика пластинчатого питателя ПП-3200.</li> <li>2. Расчет показателей износостойкости и ресурса роликов отводящего рольганга стана 2000 г/н ЛПЦ-10 ПАО «ММК».</li> <li>3. Оценка среднего ресурса по критерию износостойкости элементов подшипника качения №305 редуктора 1Ц2У-160 привода ленточного конвейера.</li> <li>4. Расчет показателей износостойкости планок скольжения механизма установки подушек прокатных валков стана 2000 х/н ЛПЦ-11 ПАО «ММК».</li> <li>5. Разработка модели изнашивания опорных валков стана 2000 г/н ЛПЦ-10 ПАО «ММК».</li> <li>6. Оценка среднего ресурса зубчатой муфты по критерию износостойкости контактных поверхностей зубьев.</li> <li>7. Расчет показателей износостойкости стандартной пары трения «ролик-колодка».</li> <li>8. Проектная оценка среднего ресурса червячной передачи по критерию износостойкости.</li> <li>9. Оценка остаточного ресурса вкладышей скольжения универсального шпинделя привода рабочих валков клетки №7 стана 2000 г/н ПАО «ММК».</li> <li>10. Расчет показателей износостойкости роликов подводящего рольганга.</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.

## **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.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Износостойкие хромистые чугуны для литого режущего инструмента: монография [электронный ресурс] / [А. Н. Емелюшин, 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. Жиркин, Ю. В. Экспериментальные исследования узлов трения линии привода валков листопрокатных станков : учебное пособие / Ю. В. Жиркин ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=3719.pdf&show=dcatalogues/1/1527678/3719.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

**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.informsistema.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:**

Перечень **программного обеспечения** необходимого при изучении дисциплины представлен ниже в виде таблицы.

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	Бессрочно
MS Office 2007	Д-135 от 17.09.2007	Бессрочно
APM WinMachine 2010	Д-262-12 от 15.02.2012	Бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое ПО	Бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	Бессрочно
FAR-Manager	Свободно распространяемое ПО	Бессрочно

Перечень необходимых **Интернет-ресурсов**:

1. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: <https://elibrary.ru/>
2. Поисковая система Академия Google (Google Scholar). – URL: <https://scholar.google.com/>
3. Информационная система – Единое окно доступа к информационным ресурсам. – URL: <http://window.edu.ru/>
4. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – URL: <https://www1.fips.ru/>
5. Образовательный портал ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» <http://lms.magtu.ru>
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/>
7. Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science» <http://webofscience.com>

8. Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials <http://materials.springer.com/>
9. Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature» <https://www.nature.com/siteindex>
10. Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный консорциум» (НП НЭИКОН) <https://archive.neicon.ru/xmlui/>
11. Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС» <https://dlib.eastview.com/>

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ	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	Доска, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в интернет и с доступом в электронную информационную-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.