



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)

Учебно-научный институт транспорта  
*(наименование факультета/института)*  
Кафедра «Трубопроводные транспортные системы»  
*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
по учебной работе и цифровизации  
\_\_\_\_\_ В.А. Шкаберин  
«26» апреля 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
учебной дисциплины

«Трение и износ в машинах»  
*(наименование дисциплины)*

2.5.3 Трение и износ в машинах  
*(код и наименование научной специальности)*

Технические науки  
*(наименование отрасли науки)*

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации  
*(уровень образования)*

очная  
*(форма обучения)*

2024  
*(год набора)*

Брянск 2024

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

учебной дисциплины

«Трение и износ в машинах»

---

*(наименование дисциплины)*

2.5.3 Трение и износ в машинах

---

*(код и наименование научной специальности)*

Разработал:

Доцент кафедры «ТТС»,

---

к.т.н., доцент*(должность, ученая степень, ученое звание)*

---

*(подпись)*

---

М.А. Измеров*(И.О. Фамилия)*

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

«Трубопроводные транспортные системы»

---

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

«07» марта 2024 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой

---

д.т.н., доцент*(ученая степень, ученое звание)*

---

*(подпись)*

---

М.Г. Шалыгин*(И.О. Фамилия)*

© Измеров М.А., 2024

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2024

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Трение и износ в машинах» направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах.

Основными задачами дисциплины являются изучение:

- основных трибологических закономерностей для решения конкретных конструкторских, технологических и эксплуатационных задач;
- принципов выбора материалов с необходимыми физико-механическими свойствами, степени точности, качества поверхности и условий эксплуатации деталей в подвижных соединениях;
- новейших методик расчета деталей машин и определения их оптимальных размеров, обеспечивающих прочность, долговечность и надежность в эксплуатации.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Дисциплина «Трение и износ в машинах» относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и реализуется на 4 курсе в 1 семестре.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

По окончании освоения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

#### **знать:**

- общие направления научных исследований в области развития средств механизации и автоматизации машин, их технологического оборудования и комплексов на их базе;
- особенности проведения экспериментальных исследований технических систем; методы планирования натурных и компьютерных экспериментов; методы обработки результатов экспериментальных и компьютерных исследований;
- численные методы решения систем уравнений; особенности математического моделирования различных по характеру явлений и процессов существующих и вновь разрабатываемых узлов трения методы структурной и параметрической оптимизации;
- особенности построения методик расчета на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований;

#### **уметь:**

- обоснованно критиковать существующие и вновь создаваемые технические решения; прогнозировать направления развития в области совершен-

ствования средств механизации и автоматизации, их технологического оборудования и комплексов на их базе;

- планировать технический эксперимент; обрабатывать результаты технического эксперимента; адекватно оценивать результаты технического эксперимента; планировать компьютерный эксперимент; обрабатывать результаты компьютерного эксперимента; адекватно оценивать результаты компьютерного эксперимента;

- в совершенстве создавать математические модели процессов и явлений на контакте твердых тел, находящихся в относительном движении;

- выстраивать логически упорядоченные алгоритмы проектирования и расчета на основе проведенных научных исследований;

- распознавать возможности улучшения параметров качества объекта исследования и прогнозировать результат этих улучшений;

**владеть:**

- навыками распознавания возможностей совершенствования механизмов и машин на основе анализа их структурных, кинематических и силовых схем; методами оценки новых технических решений на основе многокритериального подхода;

- методиками анализа эффективности технических решений;

- навыками организации экспериментальных исследований в области машиностроения; навыками организации и проведения компьютерного эксперимента при исследовании трибологических систем;

- навыками математического моделирования процессов и явлений, сопровождающих трение; навыками анализа результатов математического моделирования процессов и явлений на поверхности твердых тел;

- навыками анализа результатов проведенных исследований; навыками создания логических связей между полученными результатами исследований и «классическими» методами и методиками проектирования и расчета пар трения; навыками создания вспомогательного и результирующего программного обеспечения при проведении научных исследований.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 академических часа). Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам

Виды учебной работы в соответствии с учебным планом программы аспирантуры	Трудоемкость, час.	
	Всего	Семестр
		7
<b>1. Контактная работа, в том числе:</b>	36	36
1.1. Лекции	18	18
1.2. Практические занятия,	18	18
<b>2. Самостоятельная работа</b>	72	72
<b>Общая трудоемкость (з.е. 108)</b>	108	108

## 5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Структура дисциплины

Структура дисциплины представлена в виде тематического плана в таблице 2.

Таблица 2 – Тематический план дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	Основы теории трения	<u>Основы теории трения</u> Понятие о качестве поверхности. Топографические параметры. <u>Инженерия поверхности деталей машин.</u> Связь показателей трения и износа с параметрами качества поверхности ее физико-механическими свойствами. <u>Методы описания поверхности.</u> Статистические методы, фрактальные свойства шероховатой поверхности.
2	Поверхность твердых тел и контактное взаимодействие.	<u>Явления на поверхности.</u> Адсорбция, адгезия, эффект Ребиндера. <u>Моделирование контактного взаимодействия.</u> Модель Гринвуда-Вильямсона. Модель Маджумдара. Контактная жесткость шероховатых поверхностей.
3	Трение.	<u>Общие положения теории трения.</u> Исторический аспект: Леонардо да Винчи, Амонтон, Кулон и их представления о трении. Трение без смазочного материала. Трение покоя, скольжения, предварительное смещение. Трение качения. <u>Моделирование трения.</u> Зависимости силы трения от скорости скольжения. Прерывистое движение элементов трибосистемы. Колебания систем с трением.
4	Смазка	<u>Смазка.</u> Основные понятия и определения. Теория Петрова и Рейнольдса. Кривая Штрибека и режимы смазки. Эластогидродинамическая смазка. <u>Смешанная смазка.</u> Граничная смазка. Трение в условиях избирательного переноса. Эффект безызносности. Жидкие, пластические и твердые смазочные материалы. Принципы выбора смазочного материала.
5	Износ.	<u>Основные понятия и определения.</u> Интенсивность изнашивания пар трения. Классы износостойкости. Кривые износа. Оценка надежности узлов трения. <u>Классификация видов изнашивания.</u> Абразивный износ. Адгезионный износ. Износ при фреттинг-коррозии. Усталостное изнашивание. Заедание в парах трения. Водородное изнашивание. Окислительное изнашивание.
6	Расчет и конструирование узлов трения.	<u>Расчет подшипников скольжения.</u> Условие работоспособности подшипника скольжения в условии жидкостного трения. Расчет подшипника в условиях граничной смазки. Виды отказов подшипников качения. Выбор смазочного мате-

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
		риала для подшипников качения. Выбор подшипников. <u>Основы триботехнологии.</u> Методы оценки параметров качества поверхности трибоэлементов. Твердость поверхностного слоя и ее влияние на износостойкость. Метод нанесения защитных покрытий. Пленки на поверхностях трения. Материалы для атифрикционных и фрикционных узлов трения. Выбор композиционных материалов для разных узлов трения.

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий представлена в таблице 3.

Таблица 3 -Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Трудоемкость, час.			
		Всего	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1.	Основы теории трения	18	3	3	12
2.	Поверхность твердых тел	18	3	3	12
3.	Трение	18	3	3	12
4.	Смазка	18	3	3	12
5.	Износ	18	3	3	12
6.	Расчет и конструирование улов трения	18	3	3	12
	<b>Всего часов</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>72</b>

## 5.3. Лекции

Перечень занятий лекционного типа, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и содержание лекций

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1	1	Основы теории трения	3
2	2	Поверхность твердых тел	3
3	3	Трение	3
4	4	Смазка	3
5	5	Износ	3
6	6	Расчет и конструирование улов трения	3
Итого			18

#### 5.4. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы.

Перечень практических занятий, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и содержание практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	1	Основы теории трения	3
2	2	Поверхность твердых тел	3
3	3	Трение	3
4	4	Смазка	3
5	5	Износ	3
6	6	Расчет и конструирование улов трения	3
Итого			18

#### 5.5. Самостоятельная работа аспиранта

Виды самостоятельной работы аспиранта представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Виды самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1	1	Изучения конспекта лекций и дополнительной литературы;
2	2	Изучения конспекта лекций и дополнительной литературы;
3	3	Изучения конспекта лекций и дополнительной литературы;
4	4	Изучения конспекта лекций и дополнительной литературы;
5	5	Изучения конспекта лекций и дополнительной литературы;
6	6	Изучения конспекта лекций и дополнительной литературы;
7	1-6	Подготовка к кандидатскому экзамену

### 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины применяются следующие образовательные технологии представленные в таблице 6.

Таблица 6 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

Вид учебной работы	Виды образовательных технологий
Лекции	Мультимедиа-лекция Проблемная лекция Лекция с разбором конкретных ситуаций Лекция-обсуждение
Практические занятия	Групповые дискуссии. Решение практических задач.
Самостоятельная работа	Индивидуальные исследования Технология индивидуализации обучения
Текущий контроль	Технология оценивания качества знаний на основе

## **7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В электронной информационно-образовательной среде БГТУ размещается электронный курс дисциплины, включающий в себя:

- сведения об авторе курса;
- краткое описание курса;
- рабочую программу дисциплины;
- полный перечень тем дисциплины;
- презентационные материалы для проведения занятий лекционного типа;
- лекции/краткий конспект лекций по каждой теме;
- методические указания по выполнению каждого практического задания;
- материалы для текущего контроля успеваемости аспирантов.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Перечень основной, дополнительной и справочной учебной литературы:**

#### *а) основная литература:*

1) Качество и износостойкость поверхностного слоя деталей машин: Учебное пособие / Д. Ю. Богомолов, В. В. Порошин, М. А. Измеров, В. П. Тихомиров. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. – 210 с. – ISBN 978-5-907205-89-5. [7 экз.]

2) Горленко, О. А. Прикладная механика: триботехнические показатели качества машин : Учебное пособие / О. А. Горленко, В. П. Тихомиров, Г. А. Бишутин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 264 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-02382-4. — Текст : электронный // Юрайт: электронно-библиотечная система.

3) Горленко, О. А. Трибология: методы моделирования процессов : Учебник и практикум / О. А. Горленко, В. П. Тихомиров, В. В. Порошин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 239 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-04911-4. — Текст: электронный // Юрайт : электронно-библиотечная система.

4) Пенкин, Н. С. Основы трибологии и триботехники: учебное пособие / Н. С. Пенкин, А. Н. Пенкин, В. М. Сербин. — 3-е изд., стереотип. — Москва: Машиностроение, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-907104-97-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.



5) Караваев, Д. М. Трибология: учебное пособие / Д. М. Караваев. — Пермь: ПНИПУ, 2021. — 148 с. — ISBN 978-5-398-02480-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

*б) дополнительная литература:*

6) Шалыгин, М. Г. Изнашивание субшероховатости поверхностей трения в водородсодержащей среде / М. Г. Шалыгин. — Москва : Издательство "Инновационное машиностроение", 2018. — 92 с. — ISBN 978-5-6040794-6-1

7) Трибология автоколебаний / А. Ю. Албагачиев, М. И. Сидоров, М. Е. Ставровский [и др.]. — Москва: Эко-Пресс, 2022. — 270 с. — ISBN 978-5-6047081-7-0

8) Фундаментальные основы технологического обеспечения и повышения надежности изделий машиностроения / А. Г. Суслов, В. П. Федоров, О. А. Горленко [и др.]. — Москва: Издательство "Инновационное машиностроение", 2022. — 552 с. — ISBN 978-5-907523-04-3

*в) справочная литература:*

9) Жданов, А. Г. Основы триботехники наземных транспортно-технологических средств: / А. Г. Жданов, А. А. Свечников, В. А. Кожевников ; Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. — Москва : Федеральное государственное бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-907479-08-1.

10) Доценко, А. И. Основы триботехники : Учебник / А. И. Доценко, И. А. Буяновский. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2019. — 336 с. — (Среднее профессиональное образование). — ISBN 978-5-16-014515-0.

## **8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины:**

1. Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).

2. Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).

3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).

4. Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).

5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).

6. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).

7. Сайт ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения обучения имеется следующая материально-техническая

база:

- аудитория для проведения лекционных занятий и организации защиты рефератов, оборудованная персональными компьютерами, мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном, наличием доступа в информационно-коммуникационную сеть Интернет;
- учебная аудитория, оснащенная комплектом мебели и доской, для проведения консультаций и кандидатского экзамена;
- компьютерные классы с постоянным доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы аспирантов.

## **10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Изучение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья организуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

При проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований:

- учебные занятия проводятся для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для обучающихся в ходе учебных занятий;
- присутствие ассистента из числа работников БГТУ или привлеченных лиц, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с педагогическим работником и т. п.);
- обучающиеся с учетом их индивидуальных особенностей могут пользоваться необходимыми им техническими средствами;
- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел и других приспособлений).

Университетом созданы специальные условия для получения высшего образования обучающимися с ОВЗ:

- 1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
  - наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;

- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;

- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию организации;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);

- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения Университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **11.1. Методические рекомендации для преподавателей**

#### ***Методика чтения лекций.***

Лекции являются одним из основных методов обучения и должны решать следующие задачи:

- изложение наиболее важного материала программы курса, освещающего основные моменты;

- развитие у аспирантов теоретического понятийного мышления;

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания аспирантов структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать название каждого раздела, суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу.

#### ***Содержание лекций***

Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой. Желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему и представляла собой логически законченное изложение. Лучше сократить тему и

не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта. В случае, если материал невозможно изложить в рамках одной лекции, то на следующей лекции в начале следует сделать краткий обзор материала предыдущей лекции с целью установления логической связи между лекциями.

Рассмотрение теоретических основ функционирования конкретного устройства или прибора необходимо сопровождать представлением временных диаграмм с помощью презентационного оборудования или на доске.

Следует уделять внимание практическим аспектам. Излагаемая формульная база должна быть напрямую привязана к расчетной практике. При подготовке лекций необходимо пользоваться современной литературой или средствами интернет. Содержание и доработку лекционного курса рекомендуется пересматривать раз в год.

### ***Практические занятия***

Практические занятия необходимо проводить в форме рассмотрения и решения задач и (или) семинаров по тематике, представленной в данной рабочей программе.

#### **10.2. Методические рекомендации для аспирантов**

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, интернетом и типовыми задачами.

### ***Лекционные занятия***

Рекомендуется сразу же после окончания лекции просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого необходимо обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью более углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания. В этом случае рекомендуется просматривать несколько учебников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал, и проверять свои знания, отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях.

### ***Практические занятия***

На практических занятиях следует уделять внимание применению методик расчета, изложенных на лекциях в реальной расчетной практике. Особое внимание нужно уделять работе с формульной базой, а также обращать внимание на полученные результаты расчета с целью контроля их достоверности с точки зрения физических соображений. Работа на практических занятиях не должна быть механической, поскольку в ряде случаев для расчета нужно применить последовательно несколько расчетных выражений, что в ряде случаев требует творческого подхода.

### ***По работе с литературой***

Перед изучением литературы аспиранту рекомендуется ознакомиться с информацией по изучаемой теме предложенной автором дисциплины. Это позволит исключить лишний объем информации и сосредоточиться лишь на необходимом материале. Кроме этого следует уточнить у преподавателя, какой именно литературный источник из приведенного списка наиболее полно раскрывает рассматриваемый вопрос.

## **12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **12.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

Текущий контроль проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся. Результаты текущего контроля являются допуском к промежуточной аттестации.

#### **Шкала оценивания**

Уровень освоения аспирантом учебного материала определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### **Показатели и критерии оценивания текущих результатов освоения дисциплины**

Оценку «отлично» заслуживает аспирант, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, изучивший основную и знакомый с дополнительной литературой.

Оценку «хорошо» заслуживает аспирант, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполнивший предусмотренные учебной программой задания, изучивший основную литературу.

Оценку «удовлетворительно» заслуживает аспирант, обнаруживший знание основного учебного материала в полном объеме, необходимом для подготовки к сдаче кандидатского экзамена, выполнивший предусмотренные учебной программой задания, знакомый с основной литературой.

Оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший пробелы в знаниях основного учебного материала, допустивший принципиальные ошибки при выполнении предусмотренных программой заданий.

### **12.2. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости**

#### **12.2.1. Вопросы для текущего контроля успеваемости**

1. Расчетные методы оценки износостойкости материалов при действии абразивных частиц.

2. Критический анализ расчетных методов оценки износостойкости материалов и деталей машин.

3. Энергетический метод оценки износостойкости материалов и его разновидности.

4. Контактное взаимодействие твердых тел. Дискретность контакта. Номинальная, контурная и фактическая площадь касания.

5. Сближение поверхностей под нагрузкой. Понятие о ненасыщенном и насыщенном контакте. Механика контактного взаимодействия твердых тел с шероховатыми поверхностями.

6. Дискретность контакта.

7. Микро- и макро-масштабный уровень рассмотрения характеристик дискретного контакта. Номинальная, контурная и фактическая площади касания.

8. Сближение поверхностей под нагрузкой. Понятие о ненасыщенном и насыщенном контакте. Механика контактного взаимодействия твердых тел с шероховатыми поверхностями.

9. Методы расчета фактической площади касания. Соотношения между фактическими площадями контакта и сближения контактирующих тел в неподвижном состоянии и при скольжении.

10. Экспериментальные способы определения фактических площадей касания и сближений.

11. Силы и коэффициенты внешнего трения. Определение сил и коэффициентов внешнего трения при упругих и пластических деформациях в зоне контакта.

12. Зависимости коэффициента внешнего трения от вида контакта, нагрузки, температуры, скорости скольжения, свойств материалов пары трения.

13. Классификация видов изнашивания. Количественные характеристики изнашивания. Износостойкость и классы износостойкости. Основные закономерности изнашивания. Модели и кинетика разрушения фрикционного контакта.

14. . Влияние различных факторов на износостойкость. Изменение вида разрушения поверхностей при трении в зависимости от режимов работы (приработка, установившийся и форсированный режимы).

15. Полимерные и металлополимерные композиционные материалы для подшипников, опор скольжения, тормозов и муфт сцепления.

16. Внешнее трение. Основные положения и развитие теории внешнего трения. Виды фрикционного взаимодействия.

17. Трение скольжения, качения и верчения. Трение покоя. Предварительное смещение твердых тел при внешнем трении.

18. Механизмы диссипации энергии при фрикционном взаимодействии.

19. Физическое моделирование процессов трения, изнашивания и смазки. Трибологические системы.

20. Виды подоподобия в трибосистемах. Метод анализа размерностей и его использование при моделировании процессов трения и изнашивания.

21. Граничная смазка. Природа и строение граничных слоев. Закономерности процессов при граничной смазке.

22. Влияние смазочного материала, температуры, скорости скольжения, шероховатости поверхностей трения на процессы при граничной смазке.

23. Триботехнологии. Виды износостойких покрытий и упрочнения поверхностных слоев. Наплавка износостойких слоев.

24. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Лазерное упрочнение.

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

26. Гидродинамическая смазка. Основные уравнения теории гидродинамической смазки. Уравнение Рейнольдса и граничные условия.

27. Эластогидродинамическая смазка.

28. Принципы конструирования узлов трения различного назначения. Основы проектирования, подбора материалов и конструктивного оформления узлов трения.

29. Принцип геометрической оптимизации трибосистем.

30. Металлические материалы для узлов трения различного назначения.

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

32. Классификация смазочных материалов: по агрегатному состоянию, происхождению, способу получения, назначению.

33. Жидкие смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент масел. Базовые масла.

34. Функциональные присадки, антифрикционные добавки к маслам. Пластичные смазочные материалы.

35. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент пластичных смазок. Твердые смазочные материалы.

36. Силы и коэффициенты внешнего трения.

37. Определение сил и коэффициентов внешнего трения при упругих и пластических деформациях в зоне контакта микронеровностей.

38. Цикл триботехнических испытаний. Испытательная техника для триологических испытаний и исследований пар трения.

39. Машины трения.