



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

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

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
по учебной работе и цифровизации  
\_\_\_\_\_ В.А. Шкаберин  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
учебной дисциплины

**Трение и износ в машинах**

(наименование дисциплины)

15.06.01 Машиностроение

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Трение и износ в машинах

(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

(уровень образования)

Исследователь. Преподаватель-исследователь

(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)

Заочная

(форма обучения)

2020

(год набора)

Брянск 2022

**Трение и износ в машинах**

---

*(наименование дисциплины)***15.06.01 Машиностроение**

---

*(код и наименование специальности или направления подготовки)***Трение и износ в машинах**

---

*(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)*

Разработал:

Заведующий кафедрой «ТТС»,

---

Д.Т.Н., доцент*(должность, ученая степень, ученое звание)*

---

*(подпись)*

---

М.Г. Шалыгин*(И.О. Фамилия)*

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

---

**Трубопроводные транспортные системы***(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

«30» марта 2022 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой

---

Д.Т.Н., доцент*(ученая степень, ученое звание)*

---

*(подпись)*

---

М.Г. Шалыгин*(И.О. Фамилия)*

© Шалыгин М.Г., 2022

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2022

### **Предисловие.**

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

### **1. Цель освоения дисциплины.**

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 2.5.3 «Трение и износ в машинах».

### **2. Место дисциплины в структуре ОПОП.**

Дисциплина «Трение и износ в машинах» относится к обязательным дисциплинам вариативной части программы высшего образования — программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Таблица 1

Компетенции и требования к освоению дисциплины

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Результат освоения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
ОПК-1	Способность научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства	<b>знать:</b> методы стимуляции процесса мышления, методы принятия решений, методы оптимизации; <b>уметь:</b> распознавать возможности улучшения параметров качества объекта исследования и прогнозировать результат этих улучшений; <b>владеть:</b> 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;
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-1	Способность анализировать техническое состояние и ресурс пар трения деталей машин,	<b>знать:</b> общие направления научных исследований в области развития средств механизации и автоматизации машин, их технологического оборудо-

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Результат освоения
	узлов и оборудования и прогнозировать их работоспособное состояние.	вания и комплексов на их базе; <b>уметь:</b> обоснованно критиковать существующие и вновь создаваемые технические решения; прогнозировать направления развития в области совершенствования средств механизации и автоматизации, их технологического оборудования и комплексов на их базе; <b>владеть:</b> методиками анализа эффективности технических решений;
ПК-2	Способность проводить теоретические и экспериментальные научные исследования в области трения и износа с целью повышения работоспособности и долговечности исследуемых пар трения.	<b>знать:</b> особенности проведения экспериментальных исследований технических систем; методы планирования натурных и компьютерных экспериментов; методы обработки результатов экспериментальных и компьютерных исследований; <b>уметь:</b> планировать технический эксперимент; обрабатывать результаты технического эксперимента; адекватно оценивать результаты технического эксперимента; планировать компьютерный эксперимент; обрабатывать результаты компьютерного эксперимента; адекватно оценивать результаты компьютерного эксперимента; <b>владеть:</b> навыками организации экспериментальных исследований в области машиностроения; навыками организации и проведения компьютерного эксперимента при исследовании трибологических систем;
ПК-3	Способность применять в профессиональной деятельности научно обоснованно моделировать трибопроцессы, протекающих в контакте исследуемых пар трения с целью повышения их эксплуатаци-	<b>знать:</b> 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; <b>уметь:</b> в совершенстве создавать математические модели процессов и явлений на контакте твердых тел, нахо-

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Результат освоения
	онных характеристик	<p>дящихся в относительном движении;</p> <p><b>владеть:</b> навыками математического моделирования процессов и явлений, сопровождающих трение; навыками анализа результатов математического моделирования процессов и явлений на поверхности твердых тел;</p>
ПК-4	Способность разрабатывать более совершенные методы и методики проектирования и расчета пар трения на основе проводимых теоретических и экспериментальных исследований	<p><b>знать:</b> особенности построения методик расчета на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований;</p> <p><b>уметь:</b> выстраивать логически упорядоченные алгоритмы проектирования и расчета на основе проведенных научных исследований;</p> <p><b>владеть:</b> 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;</p>
ПК-5	Способность осуществлять педагогическую деятельность, в том числе в области трибологии и сопутствующих ей области знаний.	<p><b>знать:</b> основные формы и методы обучения студентов технических специальностей в области машиностроения, области их рационального применения;</p> <p><b>уметь:</b> учитывать возможности образовательной среды для обеспечения качества технического образования в области машиностроения;</p> <p><b>владеть:</b> формами и методами обучения студентов технических специальностей в области машиностроения;</p>

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	12	12
В том числе:	-	-
Лекции (Л)	6	6
Практические занятия (ПЗ)	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа (СРС) (без учета подготовки к экзамену)</b>	60	60
В том числе:	-	-
Курсовой проект	-	-
Подготовка к занятиям	-	-
Самоподготовка	60	60
<i>Экзамен</i>	36	36
Общая трудоемкость: 108 часов; 3 зачетные единицы	108	108

#### 5. Содержание дисциплины.

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины (табл. 2).

Таблица 2

Содержание разделов 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-механические 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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
		<p>смазочного материала. Трение покоя, скольжения, предварительное смещение. Трение качения.</p> <p><u>Моделирование трения.</u></p> <p>Зависимости силы трения от скорости скольжения. Прерывистое движение элементов трибосистемы. Колебания систем с трением.</p>
4	Смазка	<p><u>Смазка.</u></p> <p>Основные понятия и определения. Теория Петрова и Рейнольдса. Кривая Штрибека и режимы смазки. Эластогидродинамическая смазка.</p> <p><u>Смешанная смазка.</u></p> <p>Граничная смазка. Трение в условиях избирательного переноса. Эффект безызносности. Жидкие, пластические и твердые смазочные материалы. Принципы выбора смазочного материала.</p>
5	Износ.	<p><u>Основные понятия и определения.</u></p> <p>Интенсивность изнашивания пар трения. Классы износостойкости. Кривые износа. Оценка надежности узлов трения.</p> <p><u>Классификация видов изнашивания.</u></p> <p>Абразивный износ. Адгезионный износ. Износ при фреттинг-коррозии. Усталостное изнашивание. Заедание в парах трения. Водородное изнашивание. Окислительное изнашивание.</p>
6	Расчет и конструирование узлов трения.	<p><u>Расчет подшипников скольжения.</u></p> <p>Условие работоспособности подшипника скольжения в условиях жидкостного трения. Расчет подшипника в условиях граничной смазки.</p> <p>Виды отказов подшипников качения. Выбор смазочного материала для подшипников качения. Выбор подшипников.</p> <p><u>Основы триботехнологии.</u></p> <p>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 фрифрикционных узлов трения. Выбор композиционных материалов для разных узлов трения.</p>

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий (в часах) (табл.4).

Таблица 4

### Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	С	СРС	ЭКЗ	Всего часов
1	Основы теории трения	1	1	-	-	10	6	14
2	Поверхность твердых тел	1	1	-	-	10	6	18
3	Трение	1	1	-	-	10	6	19
4	Смазка	1	1	-	-	10	6	19
5	Износ	1	1	-	-	10	6	18
6	Расчет и конструирование улов трения	1	1	-	-	10	6	20
	ИТОГО	6	6			60	36	108

## 6. Лекции, практические занятия, лабораторные работы.

### 6.1. Лекции (табл. 5).

Таблица 5

### Тематика лекций и их трудоемкость

№ п/п	№ раздела дисципли- ны	Тематика лекций	Трудоем- кость (час.)
1	1	Основы теории трения	1
2	2	Поверхность твердых тел	1
3	3	Трение	1
4	4	Смазка	1
5	5	Износ	1
6	6	Расчет и конструирование улов трения	1
		Итого	6

### 6.2. Практические занятия (табл. 6).

Таблица 6

### Тематика практических занятий и их трудоемкость

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



#### 6.4. Образовательные технологии.

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:

<b>Лекции:</b> проводятся в форме мастер-класса преподавателя; используются опорные конспекты (системы слайдов), доводимые до аудитории с помощью мультимедийного оборудования
<b>Практические занятия:</b> проводятся в форме мастер-класса преподавателя; используется контекстное обучение с привязкой разбираемых примеров к реальным конструкциям и условиям их работы
<b>Самостоятельная работа аспирантов:</b> при проведении самостоятельной работы обучающиеся имеют доступ в лабораторию кафедры с выходом в сеть «Интернет», а также к электронно-библиотечной системе университета
<b>Консультации:</b> проводятся в форме дискуссии «учебная группа – преподаватель»
<b>Экзамен:</b> письменный, проводится по билетам;

#### 7. Самостоятельная работа студентов (табл. 7).

Таблица 7

№ п/п	№ раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1	2	3
1	1	Работа с литературой;
2	2	Работа с литературой;
3	3	Работа с литературой;
4	4	Работа с литературой;
5	5	Работа с литературой;
6	6	Работа с литературой;
7	7	Работа с литературой;

#### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

##### 8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю):

1. Тихомиров, В.П. Трибология/В.П. Тихомиров, В.В. Порошин, О.А. Горленко, Д.Ю. Богомолов, М.А. Измеров. – ММ.: Купер-Бук, 2016. – 360 с. [5 экз.].
2. Рабочая программа учебной дисциплины «Трение и износ в машинах» для направления подготовки кадров высшей квалификации 15.06.01 «Машиностроение», направленность программы «Трение и износ в машинах». [Электронный ресурс каф. ТТС]

## **8.2. Перечень основной, дополнительной и справочной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

### *а) основная литература:*

- 1) Тихомиров, В.П. Анализ трибосистем / В.П. Тихомиров, В.В. Порошин и др. -М.: МИИР, 2016. – 315 с. [5 экз.]
- 2) Горленко, О.А. Прикладная механика: Триботехнические показатели качества машин: учеб. пособие/О.А. Горленко, В.П. Тихомиров, Г.А. Бишутин. – М.: Издательство Юрайт, 2017. – 264 с. [5 экз.]
- 3) Тихомиров, В.П. Трибология: Методы моделирования процессов: учебник. И практикум/В.П. Тихомиров, О.А. Горленко, В.В. Порошин. -М.: Издательство Юрайт, 2018. -239 с. [5 экз.]

### *б) дополнительная литература:*

- 4) Трение, износ и смазка (трибология и триботехника: учебник /А.В. Чичинадзе и др. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
- 5) Гаркунов Д. Н. Триботехника. М.: Машиностроение, 1989. 328 с.
- 6) Трибология: Исследования и приложения: Опыт США и стран СНГ/Под ред. В.А. Белого, К. Лудемы, Н.К. Мышкина. М.: Нью-Йорк, 1993. 454 с.

### *в) справочная литература:*

- 7) Трение, изнашивание и смазка: Справочник: В 2 кн/Под ред. И.В. Крагельского. М.: Машиностроение, 1978.
- 8) Справочник по триботехнике: В 3 т. Т.1. Теоретические основы; Т.2. Смазочные материалы и техника смазки; Т.3. Триботехника антифрикционных, фрикционных и сцепных устройств, методы триботехнических испытаний. М.: Машиностроение. 1989.

## **8.3. Перечень ресурсов сети «Интернет», необходимых для изучения дисциплины:**

- Электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) БГТУ;
- [www.tu-bryansk.ru](http://www.tu-bryansk.ru) - официальный сайт БГТУ;
- [edu.tu-bryansk.ru](http://edu.tu-bryansk.ru) - система электронной поддержки учебных курсов на базе программного обеспечения Moodle со встроенной подсистемой тестирования;
- [mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2](http://mark.lib.tu-bryansk.ru/marcweb2) - электронная библиотечная система БГТУ;
- [lib.tu-bryansk.ru](http://lib.tu-bryansk.ru) - сайт библиотеки БГТУ со ссылками на внешние ЭБС;

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

### **Специальные помещения:**

- помещение для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций (ауд. 258);
- помещение для текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе итоговой аттестации (ауд. 258);

- помещение для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации (ауд. 258).

Перечисленные специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

***Перечень необходимого программного обеспечения:***

Операционные системы и офисные пакеты (ОС WINDOWS, LibreOffice).

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

### **10.1. Методические рекомендации для преподавателей.**

При чтении лекций должна решаться задача доступного изложения всех материалов по данной дисциплине согласно рабочей программе.

Главной задачей каждой лекции и практического занятия является раскрытие тематики и увязка с практическим применением.

При чтении лекций и проведении практических занятий целесообразно использовать опорные конспекты (систему слайдов с наглядными изображениями и тезисами лекций).

### **10.2. Методические рекомендации для обучающихся.**

Подготовку по дисциплине «Трение и износ в машинах» можно разбить на несколько этапов:

- работа с литературой;
- подготовка к экзамену.

При подготовке к экзамену необходимо возникающие вопросы задать преподавателю на консультациях.

## **11. Фонд оценочных средств**

### **11.1. Этапы формирования компетенций**

Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины)	Показатель освоения (коды)																	
	ОПК-1			ПК-1			ПК-2			ПК-3			ПК-4			ПК-5		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Основы теории трения	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+	+	+	+	+
Поверхность твердых тел			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Трение			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Смазка			+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Износ			+	+	+	+				+	+	+				+	+	+
Расчет и конструирование узлов трения			+	+	+	+				+	+	+				+	+	+

### 11.2. Индексированные показатели и критерии оценивания результатов

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Показатель освоения	Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
Общепрофессиональные компетенции				
ОПК-1	Способность научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства	<b>Р1 – знает:</b> методы стимуляции процесса мышления, методы принятия решений, методы оптимизации;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> распознавать возможности улучшения параметров качества объекта исследования и прогнозировать результат этих улучшений;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р3 – владеет:</b> 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;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
Профессиональные компетенции				
ПК-1	Способность анализировать техническое состояние и ресурс пар трения деталей машин, узлов и оборудования и прогнозировать их работоспособное со-	<b>Р1 – знает:</b> общие направления научных исследований в области трения и износа машин, х технологического оборудования и комплексов на их базе;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> обоснованно критиковать существующие и вновь со-	Устный опрос (вопросы к	Вопросы к экзамену

ПК-2	стояние.	здаваемые технические решения; прогнозировать направления развития в области совершенствования узлов трения.	экзамену)	
		<b>РЗ – владеет:</b> методами анализа эффективности технических решений;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
	Способность проводить теоретические и экспериментальные научные исследования в области трения и износа с целью повышения работоспособности и долговечности исследуемых пар трения.	<b>Р1 – знает:</b> особенности проведения экспериментальных исследований трибосистем; методы планирования натурных и компьютерных экспериментов; методы обработки результатов экспериментальных и компьютерных исследований;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> планировать технический эксперимент; обрабатывать результаты технического эксперимента; адекватно оценивать результаты технического эксперимента; планировать компьютерный эксперимент; обрабатывать результаты компьютерного эксперимента; адекватно оценивать результаты компьютерного эксперимента;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>РЗ – владеет:</b> навыками организации экспериментальных исследований в области машиностроения; навыками организации и проведения компьютерного эксперимента	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену

		при исследовании узлов трения;		
ПК-3	Способность применять в профессиональной деятельности научно обоснованно моделировать трибопроцессов, протекающих в контакте исследуемых пар трения с целью повышения их эксплуатационных характеристик	<b>Р1 – знает:</b> численные методы решения систем уравнений; особенности математического моделирования различных по характеру явлений и процессов на поверхности трения;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> в совершенстве создавать математические модели процессов и явлений на поверхности трения;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р3 – владеет:</b> навыками математического моделирования процессов контактного взаимодействия твердых тел с учетом влияния окружающей и промежуточной сред	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
ПК-4	Способность разрабатывать более совершенные методы и методики проектирования и расчета пар трения на основе проводимых теоретических и экспериментальных исследований	<b>Р1 – знает:</b> особенности построения методик расчета на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> выстраивать логически упорядоченные алгоритмы проектирования и расчета на основе проведенных научных исследований;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р3 – владеет:</b> навыками анализа результатов проведенных исследований; навыками создания логических связей между полученными результатами исследований и «классическими» методами и	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену

		методиками проектирования и расчета узлов трения.		
ПК-5	Способность осуществлять педагогическую деятельность, в том числе в области трибологии и сопутствующих ей области знаний.	<b>Р1 – знает:</b> основные формы и методы обучения студентов технических специальностей в области машиностроения, области их рационального применения;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 – умеет:</b> учитывать возможности образовательной среды для обеспечения качества технического образования в области машиностроения;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р3 – владеет:</b> формами и методами обучения студентов технических специальностей в области машиностроения;	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания

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

#### Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций

Оценку «отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, изучивший основную и знакомый с дополнительной литературой. Во время экзамена обучающийся должен подробно ответить на три теоретических вопроса билета.

Оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполнивший предусмотренные учебной программой задания, изучивший основную литературу. Во время экзамена обучающийся должен подробно ответить хотя бы на два теоретических вопроса билета.

Оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знание основного учебного материала в полном объеме, необходимом для дальнейшей учебы и работы по профессии, выполнивший предусмотренные учебной программой задания, знакомый с основной литературой. Во время эк-

замена обучающийся должен подробно ответить хотя бы на один теоретический вопрос билета и частично на два других вопроса.

Оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший пробелы в знаниях основного учебного материала, допустивший принципиальные ошибки при выполнении предусмотренных программой заданий. Во время экзамена обучающийся частично отвечает на вопросы.

### **Процедура промежуточной аттестации – письменный экзамен.**

## **Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации**

### **Вопросы к экзамену по дисциплине**

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 подбора 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 трибологических испытаний и исследований пар трения.

39. Машины трения.

## **12. 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, прочитывать 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).

### **13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

В соответствии с Федеральным законом от 31.07.2020г. № 304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся» воспитание - «деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде».

В учебном процессе воспитательная работа с обучающимися реализуется средствами учебных дисциплин.

Воспитательная деятельность в ходе преподавания дисциплины направлена на формирование у обучающегося системы убеждений, нравственных норм и общекультурных качеств, на оказание им помощи в жизненном само-

определении, нравственном, гражданском и профессиональном становлении, на создание условий для самореализации личности. Воспитательная работа также ориентирует обучающихся на будущую профессиональную деятельность, формируя не только личностные, но и профессионально значимые качества.

Воспитательные задачи во время учебных занятий выполняются в скрытой (контекстной) и открытой (целенаправленной) формах. Скрытая форма воспитательной работы представляет собой воздействие всего хода педагогического процесса на становление личностных качеств обучающихся. Например, соблюдение педагогическим работником трудовой дисциплины, демонстрация преданности науке, заинтересованность в успехе обучающихся, правильная речь, хорошие манеры и т. п. имеют положительное воспитательное значение и формируют у обучающихся добросовестность, исполнительность, трудолюбие, ответственность и другие положительные качества. Обучающиеся неосознанно перенимают данные черты у педагогического работника.

Воспитание в открытой форме – это целенаправленное воздействие содержанием учебной дисциплины на становление личности обучающегося. Например, решение проблем и исследовательская работа формируют у обучающихся умение аргументировать, самостоятельно мыслить, вкус к научному поиску, развивают творчество, профессиональные умения, и т. п.

# АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## Трение и износ в машинах

*(наименование дисциплины)*

15.06.01 Машиностроение

*(код и наименование специальности или направления подготовки)*

## Трение и износ в машинах

*(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)*

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

*(уровень образования)*

Исследователь. Преподаватель-исследователь

*(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)*

Заочная

*(форма обучения)*

2020

*(год набора)*

### 1. Цели, задачи дисциплины.

Цель дисциплины: подготовка обучающихся к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 2.5.3 «Трение и износ в машинах».

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина входит в вариативную часть образовательной программы и реализуется на 3 курсе в 6 семестре.

### 3. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

ОПК-1 – способность научно-обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства;

ПК-1- способность анализировать техническое состояние и ресурс пар трения деталей машин, узлов и оборудования и прогнозировать их работоспособное состояние;

ПК-2 - способность проводить теоретические и экспериментальные научные исследования в области трения и износа с целью повышения работоспособности и долговечности исследуемых пар трения;

ПК-3 - способность применять в профессиональной деятельности научно обоснованные методы моделирования трибопроцессов, протекающих в контакте исследуемых пар трения, с целью повышения их эксплуатационных характеристик;

ПК-4 - способность разрабатывать более совершенные методы и методики проектирования и расчета пар трения на основе проводимых теоретических и экспериментальных исследований;

ПК - 5 - способность осуществлять педагогическую деятельность, в том числе в области трибологии и сопутствующих ей областях знаний.

**4. Общая трудоемкость дисциплины**

3 зачетных единиц (108 академических часа).

**5. Форма (формы) промежуточной аттестации обучающихся**

Экзамен.

**6. Основные разделы дисциплины:**

- 1) Основы теории трения;
- 2) Поверхность твердых тел;
- 3) Трение;
- 4) Смазка;
- 5) Износ;
- 6) Расчет и конструирование узлов трения;

**7. Автор:**

Шалыгин М.Г., д.т.н., доцент