



---

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

---

Учебно-научный институт транспорта

Кафедра «Трубопроводные транспортные системы»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор по учебной  
работе и цифровизации  
\_\_\_\_\_ В.А. Шкаберин  
«21» апреля 2022 г.

**Рабочая программа учебной дисциплины**

**ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ**

**по направлению подготовки: 15.03.03  
«Прикладная механика»**

**профиль «Нефтегазовое оборудование и надежность машин»**

**квалификация выпускника: бакалавр  
форма обучения: очная  
(для набора с 2020 г.)**

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «Трение и износ в машинах» для направления подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиля «Нефтегазовое оборудование и надежность машин»..

Разработал:

д.т.н., профессор

(должность, ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_/ В.П. Тихомиров  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
от 30.03.2022 г., протокол № 3

Заведующий выпускающей кафедрой «ТТС»

доктор технических наук, доц.

(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_/ М.Г. Шалыгин  
(подпись) (И.О. Фамилия)

© [Тихомиров В.П.]

© ФГБОУ ВО «Брянский  
государственный технический  
университет»

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС.....	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	6
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины.....	8
5.3. Лекции .....	9
5.4. Лабораторные работы .....	12
5.5. Практические занятия .....	12
5.6. Самостоятельная работа обучающихся .....	15
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	19
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	19
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	20
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	20
8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся .....	20
8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	21
8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины .....	23
8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем .....	23
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	24

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	25
11.1. Методические материалы для педагогических работников .....	25
11.2. Методические материалы для обучающихся .....	27
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	27
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины.....	27
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости .....	28
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся .....	29
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....	30
12.5. Характеристика результатов обучения .....	30
12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	31
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....	31

### **Предисловие.**

Программа разработана на основе требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.03 «Прикладная механика» (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ № 220 от 12.03.2015 г. в соответствии с рабочим учебным планом по программе академического бакалавриата по профилю «Надёжность и безопасность машин». Дисциплина ориентирована на научно-исследовательский и расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательской виды профессиональной деятельности как основные.

### **1. Цель освоения дисциплины.**

Целью освоения дисциплины является приобретение углубленных знаний в области теории трения, смазки, изнашивания, а также расчёта и конструирования узлов трения.

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

Дисциплина «Трение и износ в машинах» относится к вариативной части блока Б1 программы академического бакалавриата, базируется на предшествующих дисциплинах: «Высшая математика», «Физика», «Информационные технологии», «Теория упругости», «Материаловедение», «Детали машин и основы конструирования», используется для изучения следующих за ней дисциплин, таких, как «Основы теории надёжности», «Физика прочности и механика разрушения», «Теория подобия и физическое моделирование», «Методы повышения надёжности и безопасности машин», «Обеспечение безопасности машин при проектировании», «Прогнозирование технического состояния машин», «Экспертная оценка и техническая диагностика машин» и при прохождении преддипломной практики и защите выпускной квалификационной работы.

### **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>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-7	Готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений тех-	<b>знать:</b> современные достижения техники и технологий, классические и технические теории и методы, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям

	ники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	<b>уметь:</b> выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе полученных знаний <b>владеть:</b> навыками построения физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям
ПК-12	Готовность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин	<b>знать:</b> основные методы расчёта деталей машин и их узлов на прочность, устойчивость, долговечность и безопасность <b>уметь:</b> проводить оценку надёжности проектируемой конструкции и расчёт на износостойкость подвижных узлов деталей машин <b>владеть:</b> практическими навыками проектирования машин и конструкций с целью обеспечения их основных технических показателей

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы (180 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	102	102
В том числе:	-	-
Лекции (Л)	51	51
Практические занятия (ПЗ)	34	34
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
<b>Самостоятельная работа (СРС) (без учета подготовки к экзамену)</b>	42	42
В том числе:	-	-
Курсовой проект	-	-
Подготовка к занятиям	21	21
Самоподготовка	21	21
<i>Зачёт с оценкой</i>	36	36
Общая трудоемкость: 180 часов; 5 зачетные единицы	180	180

## 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	<i>Тема № 1.</i> <u>Основы теории трения.</u> <i>Тема № 2.</i> <u>Инженерия поверхности деталей машин.</u> <i>Тема № 3.</i> <u>Методы описания поверхности.</u>
2	Поверхность твердых тел и контактное взаимодействие.	<i>Тема № 1.</i> <u>Явления на поверхности.</u> <i>Тема № 2.</i> <u>Моделирование контактного взаимодействия.</u>
3	Трение.	<i>Тема № 1.</i> <u>Общие положения теории трения.</u> <i>Тема № 2.</i> <u>Моделирование трения.</u>
4	Смазка	<i>Тема № 1.</i> <u>Смазка.</u> <i>Тема № 2.</i> <u>Смешанная смазка.</u>
5	Износ.	<i>Тема № 1.</i> <u>Основные понятия и определения.</u> <i>Тема № 2.</i> <u>Классификация видов изнашивания.</u>
6	Расчет и конструирование узлов трения.	<i>Тема № 1.</i> <u>Расчет подшипников скольжения.</u>
7	Основы триботехнологии.	<i>Тема № 1.</i> <u>Основы триботехнологии.</u>

### 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	СРС	Всего часов
1	Основы теории трения	8	4	2	8	22
2	Поверхность твердых тел	6	4	2	12	24
3	Трение	8	10	4	12	34
4	Смазка	8	4	2	12	26
5	Износ	8	6	4	12	30
6	Расчет и конструирование узлов трения	6	4	2	12	24
7	Основы триботехнологии	7	2	1	10	20
ВСЕГО		51	34	17	78	180

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

### 6.1. Лекции (табл. 5).

Таблица 5

#### Тематика лекций и их трудоемкость

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1	1	<u>Основы теории трения.</u> Понятие о качестве поверхности. Топографические параметры.	2
2	1	<u>Инженерия поверхности деталей машин.</u> Геометрия поверхности, макроотклонения, шероховатость, волнистость, субшероховатость.	2
3	1	Связь показателей трения и износа с параметрами качества поверхности и ее физико-механическими свойствами.	2
4	1	<u>Методы описания поверхности.</u> Статистические методы, фрактальные свойства шероховатой поверхности.	2
5	2	<u>Явления на поверхности.</u> Адсорбция, адгезия, эффект Ребиндера.	2
6	2	<u>Моделирование контактного взаимодействия.</u> Модель Гринвуда-Вильямсона.	2
7	2	Модель Маджумдара. Контактная жесткость шероховатых поверхностей.	2
8	3	<u>Общие положения теории трения.</u> Исторический аспект: Леонардо да Винчи, Амонтон, Кулон и их представления о трении.	2
9	3	Трение без смазочного материала. Трение покоя, скольжения, предварительное смещение. Трение качения.	2
10	3	<u>Моделирование трения.</u> Зависимости силы трения от скорости скольжения.	2
11	3	Прерывистое движение элементов трибосистемы. Колебания систем с трением.	2
12	4	<u>Смазка.</u> Основные понятия и определения. Теория Петрова и Рейнольдса. Кривая Штрибека и режимы смазки.	2
13	4	Эластогидродинамическая смазка.	2
14	4	<u>Смешанная смазка.</u> Граничная смазка. Тре-	2



		ние в условиях избирательного переноса. Эффект безызносности.	
15	4	Жидкие, пластические и твердые смазочные материалы. Принципы выбора смазочного материала.	2
16	5	<u>Основные понятия и определения.</u> Интенсивность изнашивания пар трения.	2
	5	Классы износостойкости. Кривые износа. Оценка надежности узлов трения.	2
17	5	<u>Классификация видов изнашивания.</u> Абразивный износ. Адгезионный износ. Износ при фреттинг-коррозии.	2
18	5	Усталостное изнашивание. Заедание в парах трения. Водородное изнашивание. Окислительное изнашивание.	2
19	6	<u>Расчет подшипников скольжения.</u> Условие работоспособности подшипника скольжения в условиях жидкостного трения.	2
20	6	Расчет подшипника в условиях граничной смазки.	2
21	6	Виды отказов подшипников качения. Выбор смазочного материала для подшипников качения. Выбор подшипников.	2
22	7	<u>Основы триботехнологии.</u> Методы оценки параметров качества поверхности трибоэлементов.	2
23	7	Твердость поверхностного слоя и ее влияние на износостойкость.	2
24	7	Метод нанесения защитных покрытий. Пленки на поверхностях трения. Материалы для антифрикционных и фрикционных узлов трения.	2
25	7	Выбор композиционных материалов для разных узлов трения.	1
<b>Итого</b>			<b>51</b>

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

Таблица 6

## Тематика практических занятий и их трудоемкость

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	1	Анализ причин отказа по виду повреждения деталей машин	2
2	1	Анализ причин отказа подшипников качения	2
3	2	Назначение параметров шероховатости образцов	2
4	2	Выбор параметров шероховатости образцов	2
5	3	Расчёт тяговой способности ременной передачи	2
6	3	Расчёт величины проскальзывания ременной передачи	2
7	3	Расчет и конструирование узлов трения	3
8	3	Оценка триботехнических параметров конических передач	3
9	4	Расчёт вязкости смазочного материала и подбор марки масла для редукторов общего назначения	2
10	4	Расчёт давления масла в подшипнике скольжения	2
11	5	Расчёт величины износа при абразивном изнашивании	2
12	5	Определение вида износа	2
13	5	Определение величины износа методом лунок	2
14	6	Подбор антифрикционного материала зубчатого колеса червячной передачи	2
15	6	Расчёт КПД многоступенчатого редуктора	2
16	7	Нанесение защитных покрытий	2
ИТОГО			34

### 6.3. Лабораторные работы (табл. 7).

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1	1	Анализ причин отказа подшипников качения	2
2	2	Выбор параметров шероховатости образцов	2
3	3	Определение тяговой способности ременной передачи	2
4	3	Определение величины проскальзывания ременной передачи	2
5	4	Определение давления масла в подшипнике скольжения	2
6	5	Определение вида повреждения по натурным образцам	2
7	5	Определение величины износа методом лунок	2
8	6	Определение КПД многоступенчатого редуктора	2
9	7	Нанесение защитных покрытий	1
ИТОГО			17

### 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>Лабораторные работы:</b> проводятся в форме мастер-класса преподавателя; используется контекстное обучение с привязкой разбираемых примеров к реальным конструкциям и условиям их работы
<b>Самостоятельная работа:</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. 8).

Таблица 8

№ 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.: Курер-Бук, 2016. – 360 с.Лагереv, В.В. [5 экз.].
2. Рабочая программа учебной дисциплины «Трение и износ в машинах» для направления подготовки бакалавров направления 15.04.03 «Прикладная механика», профиля «Надёжность и безопасность машин». [Электронный ресурс каф. ДМ]

**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) Г а р к у н о в 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;
- выполнение практических работ
- подготовка к экзамену.

*Дисциплина в целом.* Темы лекций и практических занятий необходимо согласовывать друг с другом и с расписанием аудиторных занятий. Студентам заранее сообщаются темы практических занятий, система оценки учебной работы. При изучении учебного материала необходимо постоянно показывать связи дисциплины со смежными дисциплинами.

*Лекции.* Большую часть лекционного материала, учитывая ограниченность во времени, целесообразно излагать, используя технологию объяснительно-иллюстрационной (традиционной) модели обучения: от знаний к проблеме. Виды лекций: лекция-изложение, лекция-объяснение, лекция-установка. Часть учебного материала следует излагать, используя технологию проблемного обучения (от проблемы к знаниям) с использованием интерактивных методов: «групповые дискуссии».

*Практические занятия.* Занятия проводятся с использованием компьютерных технологий, содержат элементы проблемного обучения: «проблемные вопросы». Часть времени практического занятия проводится с использованием интерактивных методов: «обсуждение сценариев решения задач» и «групповые дискуссии».

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

*Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины.* Учебная работа, как и любая другая, включает в себя подготовительные, основные и проверочные действия. Проверочные действия студент осуществляет в виде самоконтроля по каждому виду учебной работы.

Подготовка к лекции: повторить предыдущий учебный материал по конспекту лекций и учебной литературе накануне текущей лекции. В случае непонимания материала – сформулировать вопросы и обратиться к преподавателю или коллегам за разъяснением. Пониманию проблемы способствуют:

- умение задавать себе вопросы;

- аналогия;
- разные языки описания проблемы (словесный, графический, математический, символичный, табличный).

Конспект лекций пишется кратко, схематично, с фиксацией основных положений, выводов, формулировок, обобщений. Следует пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины цветным фломастером. Выполнять проверку терминов, понятий с помощью учебников и справочников. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.

Подготовка к практическому занятию: изучение теоретического материала по конспектам лекций и учебной литературе.

*Рекомендации по изучению отдельных тем курса.* При изучении дисциплины необходимо использовать справочную литературу.

*Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса.* Для экономии времени и повышения качества обучения рекомендуется изучить рабочую программу дисциплины и учебно-методический комплекс.

*Рекомендации по работе с литературой:*

- Просмотрите предыдущий учебный материал по конспекту лекций и учебнику. Найдите связь, изучаемой темы с остальными разделами курса.
- Анализ заголовка. Прочитав заголовок, следует спросить себя: «О чём здесь пойдёт речь? Почему заголовок имеет такое название?». Попробуйте ответить на эти и аналогичные вопросы.
- По ходу чтения ведите диалог с текстом. Задавайте себе вопросы, например, «Откуда это следует? Как быть в этом случае?». По ходу чтения старайтесь осознать, что вам не понятно. Делайте выписки, составляйте схемы, таблицы, подчёркивайте ключевые слова, важные мысли. Разбирайте примеры.
- После прочтения текста попытайтесь выразить его главные мысли. Представьте себе логическую схему текста. Составьте план конспекта.
- Бегло просмотрев учебный материал и повторяя сложные места, составьте конспект текста, который будет использован в дальнейшем.

*Рекомендации по подготовке к зачёту.* Необходимо проработать конспект лекций и учебную литературу в рамках сформулированных преподавателем вопросов. Возникающие вопросы задать преподавателю на консультациях. Проработать решения практических задач.

## 11. Фонд оценочных средств

### 11.1. Этапы формирования компетенций

Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины)	Показатель освоения (коды)					
	ПК-7			ПК-12		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Основы теории трения	+		+		+	+
Поверхность твердых тел	+		+		+	+
Трение		+	+	+		+
Смазка		+		+		
Износ		+	+	+		
Расчет и конструирование узлов трения		+	+	+	+	+
Основы триботехнологии	+	+		+	+	+

### 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
Профессиональные компетенции				
ПК-7	Готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реаль-	<b>P1 - знает:</b> современные достижения техники и технологий, классические и технические теории и методы, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>P2 - умеет:</b> выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе полученных знаний	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>P3 - владеет:</b> навыками построения физико-механических,	Устный опрос (вопросы к эк-	Вопросы к экзамену



	ным процессам, машинам и конструкциям	математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	замену)	
ПК-12	Готовность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин	<b>Р1 - знает:</b> основные методы расчёта деталей машин и их узлов на прочность, устойчивость, долговечность и безопасность	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р2 - умеет:</b> проводить оценку надёжности проектируемой конструкции и расчёт на износостойкость подвижных узлов деталей машин	Устный опрос (вопросы к экзамену)	Вопросы к экзамену
		<b>Р3 - владеет:</b> практическими навыками проектирования машин и конструкций с целью обеспечения их основных технических показателей	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 обу-

чающийся 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 экзамена 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 дифференцированный зачёт.**

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

#### **Вопросы к зачёту 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 подобия 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.

**Аннотация  
рабочей программы дисциплины  
«Трение и износ в машинах»**

Код и название направления подготовки:

15.03.03 «Прикладная механика».

Программа академического бакалавриата

Профиль: «Надёжность и безопасность машин»

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

1. Цель дисциплины: приобретение углубленных знаний в области теории трения, смазки, изнашивания, а также расчёта и конструирования узлов трения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина относится к вариативной части блока Б1.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие компетенций (коды, в соответствии с ФГОС ВО) ПК-7, ПК-12

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы (180 часов).

5. Основные разделы дисциплины:

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

6. Автор(ы):

Тихомиров Виктор Петрович, профессор

ФИО, должность, ученое звание

7. Рабочая программа дисциплины рассмотрена на заседании кафедры «ДМ» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» от «30 » 08 2018 г., протокол № 8 и утверждена первым проректором по учебной работе « 31 » 08 2018 г.