

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
БОРИСОГЛЕБСКИЙ ФИЛИАЛ  
(БФ ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
естественнонаучных и  
общеобразовательных дисциплин



С.Е. Зюзин  
01.09.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.01.02 Физика контактного взаимодействия**

**1. Код и наименование направления подготовки:**

15.03.01 Машиностроение

**2. Профиль подготовки:**

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

**3. Квалификация выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная, заочная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** естественнонаучных и  
общеобразовательных дисциплин

**6. Составитель программы:**

С.Е. Зюзин, кандидат физико-математических наук, доцент

**7. Рекомендована:** Научно-методическим советом Филиала от 22.06.2021, протокол № 8

**8. Учебный год:** 2023-2024

**Семестр:** 6

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

**Целью учебной дисциплины** «Физика контактного взаимодействия» является формирование обобщённых представлений о механике контактных взаимодействий в тесной связи с физикой трения, что способствует более глубокому и комплексному пониманию трибологических явлений.

### Задачи учебной дисциплины:

- получение знаний в области контактного взаимодействия между гладкими телами и телами с шероховатой поверхностью: нормальный контакт без адгезии и с адгезией;
- изучение напряженно-деформированного состояния упругого полупространства под действием нормальных и касательных сил;
- изучение зависимости коэффициента трения от различных условий: продолжительности контакта, нормальной силы, шероховатости поверхностей контакта, скорости скольжения;
- изучение влияния различных факторов: фрикционные автоколебания, температурные вспышки, абразивное и адгезионное изнашивание и др. на прочность и долговечность деталей машин и механизмов.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы:

Дисциплина «Физика контактного взаимодействия» входит в блок Б1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору вариативной части образовательной программы. Для изучения дисциплины требуется освоение курсов «Физика», «Химия», «Процессы формообразования и инструмент». Дисциплина является предшествующей для курса «Технология машиностроения».

Условия реализации дисциплины для лиц с ОВЗ определяются особенностями восприятия учебной информации и с учетом индивидуальных психофизических особенностей.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<b>знает:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные законы физики, методы математического анализа и моделирования;</li><li>- стандартные методы теоретического и экспериментального исследования физических объектов;</li><li>- основные идеи и методы математики как универсального языка науки и техники, средства моделирования явлений и процессов трения;</li></ul> <b>умеет:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;</li><li>- применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;</li><li>- использовать физические приборы, проводить измерения физических величин, грамотно представлять их результаты;</li></ul> <b>владеет:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- навыками проведения экспериментального исследования физических объектов;</li><li>- профессиональной терминологией, используемой при решении задач;</li></ul>

ПК-18	умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	<p><b>знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные характеристики физико-механических свойств производственных материалов;</li> <li>- технологические показатели;</li> <li>- методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий;</li> </ul> <p><b>умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать знания основных характеристик физико-механических свойств и технологических показателей производственных материалов для проведения стандартных испытаний готовых изделий;</li> </ul> <p><b>владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.</li> </ul>
-------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4/144

Форма промежуточной аттестации экзамен.

## 13. Виды учебной работы

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам сем. 6
Контактная работа, в том числе:	54	54
лекции	18	18
практические занятия	18	18
лабораторные работы	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Форма промежуточной аттестации (экзамен - 9 час.)	36	36
Итого:	144	144

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам сем. 6
Контактная работа, в том числе:	12	12
лекции	4	4
практические занятия	4	4
лабораторные работы	4	4
Самостоятельная работа	123	123
Форма промежуточной аттестации (экзамен - 9 час.)	9	9
Итого:	144	144

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение. Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	Явления трения и контактного взаимодействия тел. История механики контактного взаимодействия и физики трения. Классификация трения. Кристаллическая структура твёрдых тел. Краткий обзор механических свойств кристаллов Полиморфизм. Свободная поверхность. Дефекты кристаллического строения и их общие свойства. Макроструктура твёрдых тел (поликристаллы).

		Аморфные структуры твёрдых тел. Простые контактные задачи. Качественные методы оценки контактов с трехмерными упругими телами.
1.2	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией	Физическая природа сил адгезии. Адгезия между телами с искривленной поверхностью. Качественные оценки сил адгезии между упругими телами. Влияние шероховатости поверхности на адгезию. Клейкая лента. Силы Ван-дер-Ваальса и их влияние на поверхностный слой материалов.
1.3	Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией	Деформации упругого полупространства под влиянием поверхностных сил. Теория контактного взаимодействия Герца. Контакт упругих тел с искривленной поверхностью. Контакт твердого тела с упругим полупространством. Теория нормального контактного взаимодействия с адгезией Джонсона.
1.4	Контакты между шероховатыми поверхностями	Модель Гринвуда и Вильямсона. Пластическая деформация шероховатостей. Электрические контакты. Тепловые контакты. Механическая жесткость контактов. Уплотнения. Шероховатость и адгезия.
1.5	Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах	Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы. Касательная контактная задача без проскальзывания. Касательная контактная задача без проскальзывания с учетом микропроскальзывания. Контактное взаимодействие упругих тел при качении. Распределение напряжений в контакте качения. Закон Кулона. Трение покоя и трение скольжения. Угол трения. Зависимость коэффициента трения от различных условий: продолжительности контакта, нормальной силы, шероховатости поверхности контакта, скорости скольжения. Теория Боудена и Тейбора. Зависимость коэффициента трения от температуры. Температурные всплески в микроконтакте. Термомеханическая неустойчивость.
1.6	Фрикционные автоколебания.	Причины фрикционных автоколебаний в их проявление в технике. Неустойчивость, обусловленная зависимостью коэффициента трения от скорости скольжения и в системе с распределенной упругостью. Критическое затухание и оптимальное подавление скрипа. Активное подавление фрикционных колебаний (скрипа). Влияние фрикционных колебаний на прочность деталей.
1.7	Трибологические системы со смазкой	Гидродинамическая теория смазки. Вязкая адгезия. Реология смазочных материалов. Граничная смазка. Эластогидродинамическая смазка. Твердые смазки. Вязкоупругие свойства эластомеров. Релаксация напряжений и диссипация энергии в вязкоупругом материале. Реологические модели эластомеров. Модель резины. Изменение модуля сдвига эластомеров.
1.8	Изнашивание	Абразивное изнашивание. Адгезионное изнашивание. Износ как перенос материала из зоны трения. Условия для трения с минимальным износом. Износ эластомеров. Влияние ультразвуковых колебаний на силу трения. Влияние фрикционных колебаний на износ деталей.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Введение. Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	Классификация видов трения. Простые контактные задачи. Качественные методы оценки контактов с трехмерными упругими телами.
2.2	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией	Физическая природа сил адгезии. Адгезия между телами с искривленной поверхностью. Качественные оценки сил адгезии между упругими телами.
2.3	Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией	Деформации упругого полупространства под влиянием поверхностных сил.

2.4	Контакты между шероховатыми поверхностями	Пластическая деформация шероховатых поверхностей.
2.5	Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах	Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы. Трение покоя и трение скольжения. Теория Боудена и Тейбора.
2.6	Фрикционные автоколебания.	Влияние фрикционных колебаний на прочность деталей.
2.7	Трибологические системы со смазкой	Гидродинамическая теория смазки.
2.8	Изнашивание	Расчет ожидаемой интенсивности изнашивания режущих инструментов.
<b>2. Лабораторные работы</b>		
3.1	Введение. Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	Измерение коэффициента статического трения поверхностей различного качества и природы методом наклонной плоскости.  Измерение коэффициента динамического трения поверхностей различного качества и природы методом наклонной плоскости.  Лабораторные установки для изучения трения, изнашивания и смазки.
3.2	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией	
3.3	Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией	
3.5	Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

#### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Введение. Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	4	4	6	12	26
2.	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией	2	2	4	6	14
3.	Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией	2	2	4	6	14
4.	Контакты между шероховатыми поверхностями	2	2		6	10
5.	Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах	2	2	4	6	14
6.	Фрикционные автоколебания.	2	2		6	10
7.	Трибологические системы со смазкой	2	2		6	10
8.	Изнашивание	2	2		6	10
	Контроль (экзамен)					36
	Итого:	18	18	18	54	144

## Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Введение. Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	0,5	0,5	1	25	27
2.	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией	0,5	0,5	1	14	16
3.	Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией	0,5	0,5	1	14	16
4.	Контакты между шероховатыми поверхностями	0,5	0,5	0	14	15
5.	Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах	0,5	0,5	1	14	16
6.	Фрикционные автоколебания.	0,5	0,5	0	14	15
7.	Трибологические системы со смазкой	0,5	0,5	0	14	15
8.	Изнашивание	0,5	0,5	0	14	15
	Контроль (экзамен)					9
	Итого:	4	4	4	123	144

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению учебной дисциплины, целесообразно ознакомиться с учебной программой дисциплины, электронный вариант которой размещён на сайте БФ ВГУ.

Знание основных положений, отраженных в рабочей программе дисциплины, поможет обучающимся ориентироваться в изучаемом курсе, осознавать место и роль изучаемой дисциплины в подготовке будущего выпускника, строить свою работу в соответствии с требованиями, заложенными в программе.

Основными формами контактной работы по дисциплине являются лекции, практические занятия и лабораторные работы, посещение которых обязательно для всех студентов (кроме студентов, обучающихся по индивидуальному плану).

Подготовка к практическим занятиям ведется на основе планов практических занятий, которые размещены на сайте филиала. В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить в соответствии с вопросами для повторения конспекты лекций, основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой. Кроме того, следует повторить материал лекций, ответить на контрольные вопросы, изучить образцы решения задач, выполнить упражнения (если такие предусмотрены).

При подготовке к лабораторным работам следует заранее ознакомиться с теоретическим материалом, перечнем приборов и оборудования, порядком выполнения работы. Нужно обратить внимание на контрольные вопросы, завершающие описание каждой лабораторной работы. При защите лабораторной работы студент предъявляет преподавателю отчет по установленной форме и отвечает на контрольные вопросы.

При подготовке к промежуточной аттестации необходимо повторить пройденный материал в соответствии с учебной программой. Рекомендуется использовать конспекты лекций и источники, перечисленные в списке литературы в рабочей программе дисциплины, а также ресурсы электронно-библиотечных систем.

Для достижения планируемых результатов обучения используются интерактивные лекции, групповые дискуссии.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Гуртов В. А. , Осауленко Р. Н. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие: М.: Техносфера, 2012. – 560 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466&amp;sr=1">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466&amp;sr=1</a> (11.06.2021)

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Механика контактного взаимодействия и физика трения: от нанотрибологии до динамики землетрясений / . - Москва : Физматлит, 2013. - 350 с. : ил., схем., табл. Библиогр.: с. 342-345. ISBN 978-5-9221-1443-1 ; То же [Электронный ресурс]. URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457680">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457680</a> (11.06.2021)

### в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
3	Гуртов В. А. , Осауленко Р. Н. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие: М.: Техносфера, 2012. – 560 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466&amp;sr=1">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466&amp;sr=1</a> (11.06.2021)
4	Механика контактного взаимодействия и физика трения: от нанотрибологии до динамики землетрясений / . - Москва : Физматлит, 2013. - 350 с. : ил., схем., табл. Библиогр.: с. 342-345. ISBN 978-5-9221-1443-1 ; То же [Электронный ресурс]. URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457680">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457680</a> (11.06.2021)

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Методические материалы по дисциплине

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных

### Программное обеспечение:

Win10, OfficeProPlus 2010;

–STDU Viewer version 1.6.2.0;

–7-Zip;

–GIMP GNU Image Manipulation Program;

–Paint.NET;

–браузеры: Yandex, Google, Opera, Mozilla Firefox, Explorer.

### Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

–Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <http://elibrary.ru/>

–Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/>

–Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru>

–Портал машиностроения – <http://www.mashportal.ru/>

–Информационно-тематический портал «Машиностроение, механика, металлургия» <http://mashmex.ru/mehanika-mashinostroenie.html>

–База данных «Стандарты и регламенты» Росстандарта – <https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts>

–Библиотека технической литературы ТехЛит.ру – <http://www.tehlit.ru/list.htm>

–Библиотека машиностроителя – <https://lib-bkm.ru/index/0-9>

–Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» – <http://biblioclub.ru/>

–ООО Политехресурс ЭБС «Электронная библиотека технического вуза» (ЭБС «Консультант студента») – <https://www.studentlibrary.ru/>

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук или стационарный компьютер, экран).  
Специализированная аудитория механики жидкости и газа, оборудование для выполнения лабораторных работ.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<b>Знать:</b> - основные законы физики, методы математического анализа и моделирования; - стандартные методы теоретического и экспериментального исследования физических объектов; - основные идеи и методы математики как универсального языка науки и техники, средства моделирования явлений и процессов трения;	1 Введение. 2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии 3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией 4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией 5 Контакты между шероховатыми поверхностями 6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах 7 Фрикционные автоколебания. 8 Трибологические системы со смазкой	Отчет по лабораторным работам  Реферат
	<b>Уметь:</b> - использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; - применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности; - использовать физические приборы, проводить измерения физических величин, грамотно представлять их результаты;	1 Введение. 2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии 3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией 4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией 5 Контакты между шероховатыми поверхностями 6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах 7 Фрикционные автоколебания. 8 Трибологические системы со смазкой	Отчет по лабораторным работам
	<b>Владеть:</b> -навыками проведения экспериментального исследования физических объектов; – -профессиональной терминологией, используемой при решении задач;	1 Введение. 2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии 3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией 4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией 5 Контакты между	Отчет по лабораторным работам



		<p>шероховатыми поверхностями</p> <p>6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах</p> <p>7 Фрикционные автоколебания.</p> <p>8 Трибологические системы со смазкой</p>	
<p>ПК-18</p> <p>умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий</p>	<p>Знать:</p> <p>- основные характеристики физико-механических свойств производственных материалов;</p> <p>- технологические показатели;</p> <p>- методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий;</p>	<p>1 Введение.</p> <p>2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии</p> <p>3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией</p> <p>4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией</p> <p>5 Контакты между шероховатыми поверхностями</p> <p>6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах</p> <p>7 Фрикционные автоколебания.</p> <p>8 Трибологические системы со смазкой</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Реферат</p>
	<p>Уметь:</p> <p>– использовать знания основных характеристик физико-механических свойств и технологических показателей производственных материалов для проведения стандартных испытаний готовых изделий;</p>	<p>1 Введение.</p> <p>2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии</p> <p>3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией</p> <p>4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией</p> <p>5 Контакты между шероховатыми поверхностями</p> <p>6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах</p> <p>7 Фрикционные автоколебания.</p> <p>8 Трибологические системы со смазкой</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>
	<p>Владеть:</p> <p>– методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.</p>	<p>1 Введение.</p> <p>2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии</p> <p>3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией</p> <p>4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией</p> <p>5 Контакты между шероховатыми поверхностями</p> <p>6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах</p> <p>7 Фрикционные автоколебания.</p> <p>8 Трибологические системы со смазкой</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>
<p><b>Промежуточная аттестация – экзамен</b></p>			<p>Вопросы к</p>

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом т физики контактного взаимодействия;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять теоретические знания для решения практических задач в области физики контактного взаимодействия, решать типовые расчётные задачи.

Для оценивания на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом физики контактного взаимодействия, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения типовых расчётных задач и практических заданий более высокого уровня сложности в области физики контактного взаимодействия.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом физики контактного взаимодействия, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, применять теоретические знания при решении типовых расчётных задач, допускает незначительные ошибки при решении практических заданий более высокого уровня сложности в области физики контактного взаимодействия.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами физики контактного взаимодействия, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, в ряде случаев затрудняется применять теоретические знания при решении типовых расчётных задач, не всегда способен решить практические задания более высокого уровня сложности в области физики контактного взаимодействия.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при решении типовых расчётных задач либо не имеет представления о способе их решения.</i>	<i>–</i>	<i>Неудовлетворительно</i>

### **19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:**

- 1 Абразивное изнашивание. Адгезионное изнашивание. Износ как перенос материала из зоны трения.
- 2 Влияние фрикционных колебаний на прочность деталей. Причины фрикционных автоколебаний в их проявление в технике.
- 3 Вязкоупругие свойства эластомеров. Релаксация напряжений и диссипация энергии в вязкоупругом материале.
- 4 Дефекты кристаллического строения и их общие свойства. Макроструктура твёрдых тел (поликристаллы). Аморфные структуры твёрдых тел.
- 5 Деформации упругого полупространства под влиянием поверхностных сил. Теория контактного взаимодействия Герца. Контакт упругих тел с искривленной поверхностью.
- 6 Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы. Касательная контактная задача при отсутствии проскальзывания.
- 7 Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы. Касательная контактная задача с учетом микропроскальзывания.
- 8 Зависимость коэффициента трения от различных условий: продолжительности контакта, нормальной силы, шероховатости поверхности контакта, скорости скольжения. Теория Боудена и Тейбора.
- 9 Зависимость коэффициента трения от температуры. Температурные вспышки в микроконтакте. Термомеханическая неустойчивость.
- 10 Зависимость коэффициента трения от температуры. Температурные вспышки в микроконтакте. Термомеханическая неустойчивость.
- 11 Закон Кулона. Трение покоя и трение скольжения. Угол трения. Физическая природа сил трения: механическое сопротивление, действие электромагнитных сил. Коэффициент трения.
- 12 Контакт твердого тела с упругим полупространством. Теория нормального контактного взаимодействия с адгезией Джонсона.
- 13 Контактные взаимодействия упругих тел при качении. Распределение напряжений в месте контакта тел при качении.
- 14 Кристаллическая структура твёрдых тел. Виды кристаллов и их механические свойства. Полиморфизм. Свободная поверхность.
- 15 Критическое затухание и оптимальное подавление скрипа. Активное подавление фрикционных колебаний (скрипа).
- 16 Модель контактного взаимодействия Гринвуда и Вильямсона. Пластическая деформация шероховатостей. Электрические контакты. Тепловые контакты.
- 17 Молекулярно–механическая теория трения. Деформационно–адгезионная теория трения. Закон аддитивности трения.
- 18 Неустойчивость, обусловленная зависимостью коэффициента трения от скорости скольжения и в системе с распределенной упругостью.
- 19 Особенности проявления трения и контактного взаимодействия между телами. Развитие механики контактного взаимодействия и физики трения. Классификация трения.
- 20 Причины фрикционных автоколебаний в их проявление в технике.
- 21 Простые контактные задачи. Качественные методы оценки контактов с трехмерными упругими телами.
- 22 Релаксация напряжений и диссипация энергии в вязкоупругом материале. Реологические модели эластомеров. Модель резины. Изменение модуля сдвига эластомеров.
- 23 Силы межмолекулярного взаимодействия. Силы Ван-дер-Ваальса и их влияние на поверхностный слой материалов. Клейкая лента.
- 24 Стандартная классификация видов изнашивания трибопар. Водородное изнашивание. Изнашивание при избирательном переносе.
- 25 Термодинамическая модель трения. Уравнения энергетического баланса трения. Энергетическая интерпретация коэффициента трения Леонардо да Винчи.
- 26 Трибологические системы со смазкой. Гидродинамическая теория смазки. Вязкая адгезия. Реология смазочных материалов.
- 27 Трибологические системы со смазкой. Граничная смазка. Эластогидродинамическая смазка. Твердые смазки.
- 28 Условия для трения с минимальным износом. Износ эластомеров. Влияние ультразвуковых колебаний на силу трения.
- 29 Физическая природа сил адгезии. Адгезия между телами с искривленной поверхностью. Качественные оценки сил адгезии между упругими телами. Влияние шероховатости поверхности на адгезию.

30 Фрикционные колебания и способы борьбы с ними. Влияние фрикционных колебаний на износ деталей.

31 Электрические контакты. Тепловые контакты. Механическая жесткость контактов. Уплотнения. Шероховатость и адгезия.

### **19.3.2 Перечень лабораторных работ**

1 Измерение коэффициента статического трения поверхностей различного качества и природы методом наклонной плоскости.

2 Измерение коэффициента динамического трения поверхностей различного качества и природы методом наклонной плоскости.

3 Лабораторные установки для изучения трения, изнашивания и смазки.

### **19.3.3 Темы рефератов и докладов**

1. Явления трения и контактного взаимодействия тел.

2. История механики контактного взаимодействия и физики трения.

3. Классификация трения.

4. Кристаллическая структура твёрдых тел.

5. Физическая природа сил адгезии. Адгезия между телами

6. Деформации упругого полупространства под влиянием поверхностных сил.

7. Теория контактного взаимодействия Герца.

8. Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы.

9. Зависимость коэффициента трения от различных условий.

10. Причины фрикционных автоколебаний в их проявление в технике.

11. Гидродинамическая теория смазки.

12. Абразивное изнашивание.

13. Адгезионное изнашивание.

### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущий контроль успеваемости проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущий контроль успеваемости проводится в формах: *фронтальных опросов, отчетов по лабораторным работам*. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.