


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

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан факультета физико-  
математического и естественно-  
научного образования

  
С.Е. Зюзин  
25.11.2017 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.1.2 Физика контактного взаимодействия

**1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:**

15.03.01 Машиностроение

**2. Профиль подготовки:**

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

**3. Квалификация (степень) выпускника:**

Бакалавр

**4. Форма образования:**

Очная, заочная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра прикладной математики, информатики, физики и методики их преподавания

**6. Составитель программы:**

Б.У. Шарипов, доктор технических наук, профессор кафедры, доцент

**7. Рекомендована:**

НМС факультета физико-математического и естественно-научного образования,  
протокол № 3 от 23.11.2017 г.

**8. Семестры: 6**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

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

**Задачами** дисциплины являются следующие:

- 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 всплески, 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 дисциплины по выбору вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

При изучении дисциплины должны использоваться знания и навыки, полученные при освоении дисциплин – физика, химия, теоретическая механика.

Дисциплина «Физика контактного взаимодействия» должна рассматриваться как междисциплинарная, инновационного характера, которая нацеливает выпускника на решение современных и передовых проблем развития качества и повышенных свойств (энергоёмкости, оптимальной долговечности и экологичности) современных технических систем, например, при освоении дисциплины «Технология машиностроения», при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

Для реализации дисциплины для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и (или) инвалидов созданы следующие условия. При реализации программы дисциплины в образовательном процессе для удовлетворения особых образовательных потребностей обучающихся с ОВЗ используются современные методы электронного обучения и дистанционные образовательные технологии. Изучение дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами предполагает обеспечение сочетания on-line и off-line технологий, а также индивидуальных и коллективных форм работы в учебном процессе, осуществляемом с использованием дистанционных образовательных технологий. Обучающиеся с ограниченными возможностями и инвалиды здоровья могут изучать дисциплину по индивидуальному учебному плану в установленные сроки с учетом их особенностей и образовательных потребностей. При составлении индивидуального плана обучения предусмотрены различные варианты проведения занятий: в профессиональной образовательной организации (в академической группе и индивидуально), на дому с использованием дистанционных образовательных технологий. Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических

особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т. п.). При необходимости обучающимся предоставляется дополнительное время для подготовки ответа при прохождении аттестации.

**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	умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа, моделирования, теоретического и экспериментального	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• характер взаимодействия поверхностей тел на границе контакта при взаимном перемещении, в том числе с учетом влияния сред;</li> <li>• основные методы физического (теоретического) моделирования трибосистем и расчётных схем процесса трения;</li> <li>• существующие методы расчета прочности, изнашивания и долговечности материала при трении;</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать законы физики при истолковании механической и электромагнитной природы трения, в том числе, в процессе решения задач профессиональной направленности;</li> </ul> <p>истолковывать положительные и отрицательные проявления трения в природе и технике, владеть (иметь навык(и)):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• терминологией физики контактного взаимодействия;</li> <li>• экспериментальными навыками исследования процесса трения;</li> </ul> <p>способами ориентации в профессиональных источниках информации (журналы, сайты, образовательные порталы и др.).</p>
ПК-18	умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	<p>знать:</p> <p>методы экспериментальных исследований трибосистем, правилами их эксплуатации, диагностики, способы повышения долговечности,</p> <p>уметь:</p> <p>истолковывать положительные и отрицательные проявления трения в конструкторских разработках, в металловедческих испытаниях и в технологических решениях,</p> <p>владеть (иметь навык(и)):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• экспериментальными навыками исследования процессов формообразования при изготовлении деталей механизмов и машин</li> </ul>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — — 4 / 144.**

**Форма промежуточной аттестации: экзамен**

**13. Виды учебной работы (очная форма обучения)**

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам
			сем. 6
Контактная работа, в том числе:	54	18	54
лекции	18	6	18
практические занятия	18	6	18
лабораторные работы	18	6	18
Самостоятельная работа	54		54
Форма промежуточной аттестации	36		36
<b>Итого:</b>	<b>144</b>		<b>144</b>

### Виды учебной работы (заочная форма обучения)

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам
			сем. 6
Контактная работа, в том числе:	12	12	12
лекции	4	4	4
практические занятия	4	4	4
лабораторные работы	4	4	4
Самостоятельная работа	123		123
Форма промежуточной аттестации	9		9
<b>Итого:</b>	<b>144</b>		<b>144</b>

## 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение.	Явления трения и контактного взаимодействия тел. История механики контактного взаимодействия и физики трения. Классификация трения.
1.2	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	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.
1.3	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.
1.4	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.
1.5	Контакты между шероховатыми поверхностями	Модель Гринвуда и Вильямсона. Пластическая деформация шероховатостей. Электрические контакты. Тепловые контакты. Механическая жесткость контактов. Уплотнения. Шероховатость и адгезия.
1.6	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

		микроспекальзывания. 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.
1.7	Фрикционные автоколебания.	Причины фрикционных автоколебаний и 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.
1.8	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.
1.9	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.	Классификация видов трения.
2.2	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	Простые контактные задачи. Качественные методы оценки контактов с трехмерными упругими телами.
2.3	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.
2.4	Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией	Деформации упругого полупространства под влиянием поверхностных сил.
2.5	Контакты между шероховатыми поверхностями	Пластическая деформация шероховатых поверхностей.
2.6	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.
2.7	Фрикционные автоколебания.	Влияние фрикционных колебаний на прочность деталей.
2.8	Трибологические системы со смазкой	Гидродинамическая теория смазки.
2.9	Изнашивание	Расчет ожидаемой интенсивности изнашивания режущих инструментов.
<b>3. Лабораторные работы</b>		
3.1	Введение.	Лабораторные установки для изучения трения, изнашивания и смазки.
3.2	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	Определение момента трения в подшипниках качения на установке 28М.
3.3	Качественное описание	Испытания подшипников скольжения на установке ДМ-

	контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией	29М.
3.4	Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией	Измерение коэффициента динамического трения поверхностей различного качества и природы методом наклонной плоскости.
3.5	Контакты между шероховатыми поверхностями	Заводские (натурные) стенды и оборудование для испытания на трение, изнашивание и смазку.
3.6	Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах	Испытание болтового соединения, работающего на сдвиг на установке ДМ –23М.
3.7	Фрикционные автоколебания.	Определение к.п.д. и исследования температурного поля червячного редуктора на установке ДМ 41.
3.8	Трибологические системы со смазкой	Исследование режима масляного голодания при трении.
3.9	Изнашивание	Анализ видов повреждаемости и износа при трении.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий (очная форма обучения)

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

### Разделы дисциплины и виды занятий (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	

1.	Введение.	0	0	0	11	11
2.	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии	0,5	0,5	1	14	16
3.	Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией	0,5	0,5	1	14	16
4.	Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией	0,5	0,5	1	14	16
5	Контакты между шероховатыми поверхностями	0,5	0,5	0	14	15
6	Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах	0,5	0,5	1	14	16
7	Фрикционные автоколебания.	0,5	0,5	0	14	15
8	Трибологические системы со смазкой	0,5	0,5	0	14	15
9	Изнашивание	0,5	0,5	0	14	15
	Экзамен					9
<b>Итого:</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>123</b>	<b>144</b>

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

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Ведение конспекта лекций должно сопровождаться графическими построениями, раскрывающими основные положения и методы курса. Заголовки тем и разделов должны быть выделены, чертежи и схемы выполнены карандашом. Новые термины и определения следует давать с пояснениями, общепринятыми сокращениями или аббревиатурой, которые позволяют сократить запись. Пропущенные лекции должны быть переписаны. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или практическом занятии.
Практические и лабораторные занятия	В процессе освоения дисциплины студенты выполняют лабораторные работы, результаты наблюдений оформляют в отдельной тетради. При защите лабораторных работ студент отвечает на вопросы, касающиеся теории и методики проведения эксперимента, обработки экспериментальных данных.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, отработанные методы решения задач и приобретенные навыки анализа и проверки выполненных решений.

Для достижения планируемых результатов обучения используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, тренинги, анализ ситуаций и имитационных моделей.

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

### а) основная литература:

№ п/п	Источник
01	Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко ; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. Москва: Техносфера, 2012. 560 с. (Мир физики и техники). ISBN 978-5-94836-327-1 ; То же [Электронный ресурс]. URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466</a> (21.11.2017).

### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
02	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> (21.11.2017).

### в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
03.	<a href="#">Елифанов, Г. И.</a> Физика твердого тела : учеб. пособие / Г. И. Елифанов. Москва: Лань, 2011. 288 с. : ил. (Учебники для вузов. Специальная литература). Библиогр.: с. 282-283. ISBN 978-5-8114-1001-9 : 647,40. <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=2023">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=2023</a> > (21.11.2017).
04.	<a href="#">Матухин, В. Л.</a> Физика твердого тела : учеб. пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. Москва: Лань, 2010. 218 с.: ил. (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-0923-5. <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=262">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=262</a> >. (21.11.2017).

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

№ п/п	Источник
1	<i>Интерактивные материалы (презентации) ко всем темам курса технической механики.</i>
2	<i>Методические указания по выполнению лабораторных работ</i>

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Технологии создания и обработки тестовых заданий (тестовая оболочка MyTestX).  
Сетевые технологии (федеральный портал «Российское образование» <http://edu.ru>,  
Академик. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru>)  
Программный продукт для выполнения лабораторных работ.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория механики и молекулярной физики, оборудование для выполнения лабораторных работ.

Для проведения лекционных и практических занятий - аудитория, рассчитанная на группу из 12-14 человек, снабженная компьютером, проектором, экраном, доской.

## 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,	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или	Оценочные материалы для проведения текущего контроля



	навыков)	модуля и их наименование)	успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся
ОПК-1 умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>• характер взаимодействия поверхностей тел на границе контакта при взаимном перемещении, в том числе с учетом влияния сред;</li> <li>• основные методы физического (теоретического) моделирования трибосистем и расчётных схем процесса трения;</li> <li>• существующие методы расчета прочности, изнашивания и долговечности материала при трении.</li> </ul>	Раздел 2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии. Раздел 9 Изнашивание.	Реферат Устный опрос
	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать законы физики при истолковании механической и электромагнитной природы трения, в том числе, в процессе решения задач профессиональной направленности;</li> <li>• истолковывать положительные и отрицательные проявления трения в природе и технике.</li> </ul>	Раздел 2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии. Раздел 9 Изнашивание.	Реферат Устный опрос Отчет по лабораторной работе
	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> <li>• терминологией физики контактного взаимодействия;</li> <li>• экспериментальными навыками исследования процесса трения;</li> <li>• способами ориентации в профессиональных источниках информации (журналы, сайты, образовательные порталы и др.).</li> </ul>	Раздел 2 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт без адгезии. Раздел 9 Изнашивание.	Реферат Устный опрос Отчет по лабораторной работе
ПК-18 умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	Знать: методы экспериментальных исследований трибосистем, правилами их эксплуатации, диагностики, способы повышения долговечности.	Раздел 3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией. Раздел 4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией. Раздел 5 Контакты между шероховатыми поверхностями. Раздел 6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые	Реферат Устный опрос Отчет по лабораторным работам

		<p>процессы в контактах. Раздел 7 Фрикционные автоколебания. Раздел 8 Трибологические системы со смазкой.</p>	
	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• истолковывать положительные и отрицательные проявления трения в конструкторских разработках, в металлургических испытаниях и в технологических решениях.</li> </ul>	<p>Раздел 3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией. Раздел 4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией. Раздел 5 Контакты между шероховатыми поверхностями. Раздел 6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в контактах. Раздел 7 Фрикционные автоколебания. Раздел 8 Трибологические системы со смазкой.</p>	<p>Реферат Устный опрос Отчет по лабораторным работам</p>
	<p>Владеть: экспериментальными навыками исследования процессов формообразования при изготовлении деталей механизмов и машин.</p>	<p>Раздел 3 Качественное описание контактного взаимодействия – нормальный контакт с адгезией. Раздел 4 Строгое рассмотрение контактных явлений без адгезии и с адгезией. Раздел 5 Контакты между шероховатыми поверхностями. Раздел 6 Касательная контактная задача. Закон Кулона. Тепловые процессы в</p>	<p>Реферат Устный опрос Отчет по лабораторным работам</p>

		контактах. Раздел 7 Фрикционные автоколебания. Раздел 8 Трибологические системы со смазкой.	
<b>Промежуточная аттестация</b>			КИМ

### 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
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение истолковывать положительные и отрицательные проявления трения в конструкторских разработках, в металловедческих испытаниях и в технологических решениях;
- 5) владение экспериментальными навыками исследования процессов формообразования при изготовлении деталей механизмов и машин.

Для оценивания результатов обучения 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 данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области трибологии.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано знание некоторых вопросов.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум (трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление об излагаемом материале, допускает неточности в определении понятий, терминов, законов, не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения.</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся не понимает суть вопроса, механически повторяет текст лекций или учебника, не умеет найти нужное подтверждение в защиту или опровержение определённой позиции, не знает, не умеет соотнести теорию с практикой. Не владеет терминологией, подменяет одни понятия другими. Не понимает сути наводящих вопросов.</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 (зачету):

1. Абразивное изнашивание. Адгезионное изнашивание. Износ как перенос материала из зоны трения.
2. Влияние фрикционных колебаний на прочность деталей. Причины фрикционных автоколебаний и 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 и 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 Темы курсовых работ

Не предусмотрена учебным планом.

### 19.3.3 Темы рефератов

1. Явления трения и контактного взаимодействия тел.
2. История механики контактного взаимодействия и физики трения.
3. Классификация трения.
4. Кристаллическая структура твердых 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 текущего контроля успеваемости 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: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа), лабораторных работ. 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/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений.

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



## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление/специальность: 15.03.01 Машиностроение

Профиль подготовки: Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

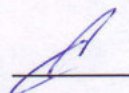
Дисциплина: Б1.В.ДВ.1.2 Физика контактного взаимодействия

Форма обучения: очная, заочная

---

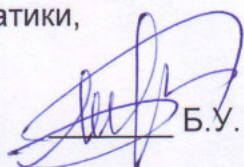
Ответственный исполнитель

Декан факультета  
физико-математического и естественно-  
научного образования

 С. Е. Зюзин 25.11.2017


Исполнители

Профессор кафедры прикладной математики,  
информатики, физики и методики  
их преподавания


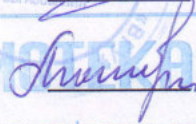
 Б.У. Шарипов 25.11.2017

СОГЛАСОВАНО

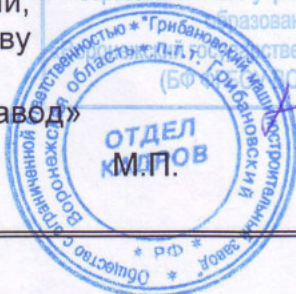
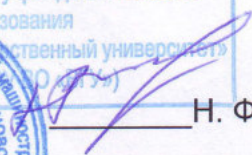
Декан факультета  
физико-математического и естественно-  
научного образования

 С. Е. Зюзин 25.11.2017

М.П.  
Заведующий библиотекой

  
М.П.  Н. В. Моторина 25.11.2017

Представитель  
профильной организации,  
директор по производству  
ООО «Грибановский  
машиностроительный завод»

  
М.П.  Н. Ф. Ртищев 25.11.2017

---

Программа рекомендована НМС факультета физико-математического и естественно-научного образования протокол № 3 от 23.11.2017 г.