

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

03.07.2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.01.01 Трибология**

1. Шифр и наименование направления подготовки:

15.03.01 Машиностроение

2. Профиль подготовки:

Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная, заочная

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

6. Составитель программы: Б.У. Шарипов, доктор технических наук, доцент

7. Рекомендована: научно-методическим советом Филиала (протокол № 9 от 19.06.2019 г.)

8. Семестр: 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью учебной дисциплины «Трибология» является формирование знаний в области физической природы феномена трения как преобразователя движения в машинах и механизмах (технических системах).

Задачи учебной дисциплины:

- изучение характера взаимодействия поверхностей тел на границе контакта при взаимном перемещении, в том числе с учетом влияния сред;
- ознакомление с основными методами физического (теоретического) моделирования трибосистем и расчётными схемами процесса трения;
- ознакомление с методами расчета прочности, изнашивания и долговечности материала при трении;
- ознакомление с методами экспериментальных исследований трибосистем, правилами их эксплуатации, диагностики, способами увеличения долговечности.

10. Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы:

Дисциплина «Трибология» входит в блок Б1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору вариативной части образовательной программы. Для изучения дисциплины требуется освоение курсов «Физика», «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	знает: <ul style="list-style-type: none">- 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; умеет: <ul style="list-style-type: none">- 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; владеет: <ul style="list-style-type: none">- навыками проведения экспериментального исследования физических объектов;- профессиональной терминологией, используемой при решении задач;
ПК-18	умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых	знает: <ul style="list-style-type: none">- основные характеристики физико-механических свойств производственных материалов;- технологические показатели;- методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий;

изделий	<p>умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать знания основных характеристик физико-механических свойств и технологических показателей производственных материалов для проведения стандартных испытаний готовых изделий; <p>владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методами стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
---------	---

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 - 36 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
1. Лекции		
1.1	Введение. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей.	Трибология. Триботехника. Значимость трибологии и триботехники в машиностроении. История развития науки о трении. Классификация трения. Первые законы трения. Кристаллическая структура твердых тел. Полиморфизм. Свободная поверхность. Дефекты кристаллического строения и их причины. Макроструктура твердых тел (поликристаллы). Иерархия структурных уровней твердых тел. Аморфные структуры твердых тел.
1.2	Изменение структуры материалов при деформировании	Деформации тел. Виды деформаций. Диаграмма растяжения металлических материалов. Прочность. Пластичность. Механизмы пластической деформации. Наклёп (деформационное упрочнение). Разрушение. Возврат и рекристаллизация металлов. Холодное и горячее деформирование.

1.3	Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей	Классификация трения. Закономерности статического трения. Измерение статического коэффициента трения. Трение скольжения. Измерение динамического коэффициента трения. Двучленный закон трения. Молекулярно–механическая теория трения. Деформационно–адгезионная теория трения. Закон аддитивности трения. Фрикционные связи. Классификация фрикционных пар. Основные характеристики фрикционных связей. Схватывание. Главные задачи управления схватыванием поверхностей. Взаимная связь трения и износа с температурами трения. Их влияние на изменение коэффициента трения
1.4	Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей	Классификация износостойкости. Стандартная классификация видов изнашивания трибопар. Водородное изнашивание. Изнашивание при избирательном переносе. Вторичные структуры. Приспосабливаемость.
1.5	Физический принцип влияния смазки, ее разновидности	Функционально-физический принцип смазки. Типы смазки. Гидродинамическая смазка. Минеральные масла. Функциональные присадки и антифрикционные добавки. Антифрикционные материалы подшипников гидродинамического трения. Аэродинамическая (газовая) смазка. Эластогидродинамическая смазка. Граничная смазка.
1.6	Методы исследования изнашивания	Критерии изнашивания режущих инструментов. Физическое истолкование пластической деформации при резании
1.7	Обобщенные, физические представления о природе трения	Природа оптимальной температуры при контактном взаимодействии инструментальных и обрабатываемых материалов. Влияние температуры на интенсивность изнашивания режущих инструментов.
1.8	Методы прогнозирования изнашивания контактирующих материалов	Методы прогнозирования по: адгезионным исследованиям, когезионным характеристикам, характеру поведения физико-механических свойств материалов.
2. Практические занятия		
2.1	Введение. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей.	Дефекты кристаллического строения и их причины.
2.2	Изменение структуры материалов при деформировании	Механизм формирования наклёпа при резании металлов. Влияние различных факторов на величину наклёпа.
2.3	Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей	Некоторые методы анализа поверхностей. Метод косо́го сечения. Оптический метод. Электронная микроскопия. Отражающая микроскопия.
2.4	Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей	Методика расчётов на износ. Энергетические методы оценки и прогноза износа и износостойкости. Триботехника.
2.5	Физический принцип влияния смазки, ее разновидности	Типы смазки, применяемые при резании металлов.
2.6	Методы исследования изнашивания	Анализ кривых изнашивания инструмента при резании металлов.
2.7	Обобщенные, физические представления о природе трения	Влияние свойств контактирующих пар на величину оптимальной температуры резания и интенсивность изнашивания режущих инструментов.
2.8	Методы прогнозирования изнашивания контактирующих материалов	Расчет ожидаемой интенсивности изнашивания режущих инструментов.
3. Лабораторные работы		
3.1	Введение. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей.	Исследование трения при высоких температурах
3.2	Изменение структуры материалов при деформировании	
3.3	Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей	Исследование влияние режима обработки на температуру в зоне контакта
3.4	Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей	

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. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей.	2	2		7	11
2.	Изменение структуры материалов при деформировании	2	2		7	11
3.	Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей	2	2		7	11
4.	Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей	3	2	6	7	18
5.	Физический принцип влияния смазки, ее разновидности	2	2		7	11
6.	Методы исследования изнашивания	3	2	6	7	18
7.	Обобщенные, физические представления о природе трения	2	2		6	10
8.	Методы прогнозирования изнашивания контактирующих материалов	2	4	6	6	18
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. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей.	0,5	0,5	1	25	27
2.	Изменение структуры материалов при деформировании	0,5	0,5	1	14	16
3.	Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей	0,5	0,5	1	14	16
4.	Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей	0,5	0,5	1	14	15
5.	Физический принцип влияния смазки, ее разновидности	0,5	0,5	0	14	16
6.	Методы исследования изнашивания	0,5	0,5	0	14	15
7.	Обобщенные, физические представления о природе трения	0,5	0,5	0	14	15
8.	Методы прогнозирования изнашивания контактирующих	0,5	0,5	0	14	15

	материалов					
	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.

Это позволит обучающимся получить четкое представление о:

- перечне и содержании компетенций, на формирование которых направлена дисциплина;
- основных целях и задачах дисциплины;
- планируемых результатах, представленных в виде знаний, умений и навыков, которые должны быть сформированы в процессе изучения дисциплины;
- количестве часов, предусмотренных учебным планом на изучение дисциплины, форму промежуточной аттестации;
- количестве часов, отведенных на контактную и на самостоятельную работу;
- формах контактной и самостоятельной работы;
- структуре дисциплины, основных разделах и темах;
- системе оценивания учебных достижений;
- учебно-методическом и информационном обеспечении дисциплины.

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. 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: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466 (16.06.2019).

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: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457680 (16.06.2019)
---	---

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
3	Епифанов, Г. И. Физика твердого тела : учеб. пособие / Г. И. Епифанов .— Москва : Лань, 2011 .— 288 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература) .— .— Библиогр.: с. 282-283 .— ISBN 978-5-8114-1001-9 : 647,40 .— <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2023 >..(16.06.2019)
4	Матухин, В. Л. 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: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=262 >.(16.06.2019)

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

Microsoft Office 2007 (Word, Excel, PowerPoint)

Сетевые технологии:

- браузеры: Yandex, Google, Opera, Mozilla Firefox, Explorer.
- Научная электронная библиотека – <http://www.scholar.ru/>;
- Федеральный портал Российское образование – <http://www.edu.ru/>;
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/>;
- Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>;
- Лекции ведущих преподавателей вузов России в свободном доступе – <https://www.lektorium.tv/>;
- Электронно-библиотечная система «Издательства Лань» – <http://e.lanbook.com/>;
- Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» – <http://biblioclub.ru/>.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук или стационарный компьютер, экран).

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	Знать: - основные законы физики, методы математического анализа и моделирования; - стандартные методы теоретического и экспериментального исследования физических объектов; - основные идеи и методы	1. Введение. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей. 2. Изменение структуры материалов при деформировании 3. Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей 4. Износ и методы лабораторного анализа	Реферат Отчет по лабораторным работам

<p>математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>математики как универсального языка науки и техники, средства моделирования явлений и процессов трения;</p>	<p>износа поверхностей 5. Физический принцип влияния смазки, ее разновидности 6. Метод трибоэргодинамики. 7. Обобщенные, физические представления о природе трения 8. Совместимость трибосистем и элементы аксиоматики машинного трения</p>	
	<p>Уметь: - 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;</p>	<p>1. Введение. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей. 2. Изменение структуры материалов при деформировании 3. Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей 4. Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей 5. Физический принцип влияния смазки, ее разновидности 6. Метод трибоэргодинамики. 7. Обобщенные, физические представления о природе трения 8. Совместимость трибосистем и элементы аксиоматики машинного трения</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>
	<p>Владеть: навыками проведения экспериментального исследования физических объектов; – профессиональной терминологией, используемой при решении задач;</p>	<p>1. Введение. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей. 2. Изменение структуры материалов при деформировании 3. Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей 4. Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей 5. Физический принцип влияния смазки, ее разновидности 6. Метод трибоэргодинамики. 7. Обобщенные, физические представления о природе трения 8. Совместимость трибосистем и элементы аксиоматики машинного трения</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>
<p>ПК-18 умение применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей</p>	<p>Знать: - основные характеристики физико-механических свойств производственных материалов; - технологические показатели; - методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий;</p>	<p>1. Введение. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей. 2. Изменение структуры материалов при деформировании 3. Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей 4. Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей 5. Физический принцип</p>	<p>Отчет по лабораторным работам Реферат</p>

используемых материалов и готовых изделий		<p>влияния смазки, ее разновидности</p> <p>6. Метод трибозергодинамики.</p> <p>7. Обобщенные, физические представления о природе трения</p> <p>8. Совместимость трибосистем и элементы аксиоматики машинного трения</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. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей.</p> <p>2. Изменение структуры материалов при деформировании</p> <p>3. Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей</p> <p>4. Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей</p> <p>5. Физический принцип влияния смазки, ее разновидности</p> <p>6. Метод трибозергодинамики.</p> <p>7. Обобщенные, физические представления о природе трения</p> <p>8. Совместимость трибосистем и элементы аксиоматики машинного трения</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. Некоторые свойства твердых тел и жидкостей.</p> <p>2. Изменение структуры материалов при деформировании</p> <p>3. Особенности проявления трения в машиностроении. Методы анализа поверхностей</p> <p>4. Износ и методы лабораторного анализа износа поверхностей</p> <p>5. Физический принцип влияния смазки, ее разновидности</p> <p>6. Метод трибозергодинамики.</p> <p>7. Обобщенные, физические представления о природе трения</p> <p>8. Совместимость трибосистем и элементы аксиоматики машинного трения</p>	<p>Отчет по лабораторным работам</p>
Промежуточная аттестация – экзамен			Вопросы к экзамену

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 трибологии;
- 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 трибологии, 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 трибологии, 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 трибологии.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>Обучающийся владеет понятийным аппаратом трибологии, 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 трибологии.</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами трибологии, 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 трибологии.</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. Дефекты кристаллического строения и их общие свойства. Макроструктура твёрдых тел (поликристаллы). Аморфные структуры твёрдых тел.
4. Деформации упругого полупространства под влиянием поверхностных сил. Теория контактного взаимодействия Герца. Контакт упругих тел с искривленной поверхностью.
5. Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы. Касательная контактная задача при отсутствии проскальзывания.
6. Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы. Касательная контактная задача с учетом микропроскальзывания.
7. Зависимость коэффициента трения от различных условий: продолжительности контакта, нормальной силы, шероховатости поверхности контакта, скорости скольжения. Теория Боудена и Тейбора.
8. Зависимость коэффициента трения от температуры. Температурные вспышки в микроконтакте. Термомеханическая неустойчивость.
9. Закон Кулона. Трение покоя и трение скольжения. Угол трения. Физическая природа сил трения: механическое сопротивление, действие электромагнитных сил. Коэффициент трения.
10. Контакт твердого тела с упругим полупространством. Теория нормального контактного взаимодействия с адгезией Джонсона.
11. Контактные взаимодействия упругих тел при качении. Распределение напряжений в месте контакта тел при качении.

12. Модель контактного взаимодействия Гринвуда и Вильямсона. Пластическая деформация шероховатостей. Электрические контакты. Тепловые контакты.
13. Молекулярно–механическая теория трения. Деформационно–адгезионная теория трения. Закон аддитивности трения.
14. Неустойчивость, обусловленная зависимостью коэффициента трения от скорости скольжения и в системе с распределенной упругостью.
15. Особенности проявления трения и контактного взаимодействия между телами. Развитие механики контактного взаимодействия и физики трения. Классификация трения.
16. Причины фрикционного контактного взаимодействия.
17. Простые контактные задачи. Качественные методы оценки контактов с трехмерными упругими телами.
18. Релаксация напряжений и диссипация энергии в вязкоупругом материале. Реологические модели эластомеров. Модель резины. Изменение модуля сдвига эластомеров.
19. Силы межмолекулярного взаимодействия. Силы Ван-дер-Ваальса и их влияние на поверхностный слой материалов. Клейкая лента.
20. Стандартная классификация видов изнашивания трибопар. Водородное изнашивание. Изнашивание при избирательном переносе.
21. Термодинамическая модель трения. Уравнения энергетического баланса трения. Энергетическая интерпретация коэффициента трения Леонардо да Винчи.
22. Трибологические системы со смазкой. Гидродинамическая теория смазки. Вязкая адгезия. Реология смазочных материалов.
23. Трибологические системы со смазкой. Граничная смазка. Эластогидродинамическая смазка. Твердые смазки.
24. Условия для трения с минимальным износом. Износ эластомеров. Влияние ультразвуковых колебаний на силу трения.
25. Физическая природа сил адгезии. Адгезия между телами с искривленной поверхностью. Качественные оценки сил адгезии между упругими телами. Влияние шероховатости поверхности на адгезию.
26. Физическая природа сил адгезии. Адгезия между телами с искривленной поверхностью. Качественные оценки сил адгезии между упругими телами. Влияние шероховатости поверхности на адгезию.
27. Фрикционные колебания и способы борьбы с ними. Влияние фрикционных колебаний на износ деталей.
28. Электрические контакты. Тепловые контакты. Механическая жесткость контактов. Уплотнения. Шероховатость и адгезия.

19.3.2 Примеры лабораторных работ

Изучение некоторых физических процессов, характерных для механической обработки металлов, представляет определенные трудности. Например, при контактном взаимодействии обрабатываемого и инструментального материалов в процессе резания в зонах локального контакта формируются довольно высокие температуры (до 900 °С и выше). При этом время единичного контакта неровностей длится доли секунды. Поэтому исследование температурных зависимостей выходных параметров процесса осуществляют на установках, реализующих физическую модель контакта единичной микронеровности более твердого материала пары с мягким контртелом [1].

Выполнение таких экспериментов требует применения сложного нестандартного оборудования, дорогостоящего и требующего значительных энергетических и временных затрат. Поэтому применение такого оборудования для выполнения учебных лабораторных работ не всегда возможно. Вместе с тем, знания о напряженном состоянии зоны контакта инструмента и заготовки, их взаимосвязи с интенсивностью изнашивания режущего инструмента и с формированием обработанного поверхностного слоя детали позволяют объяснять некоторые аспекты этих процессов [2].

На рисунке 1 приведена схема установки для исследования адгезионной составляющей трения при высоких, соответствующих процессу резания металлов, температурах.

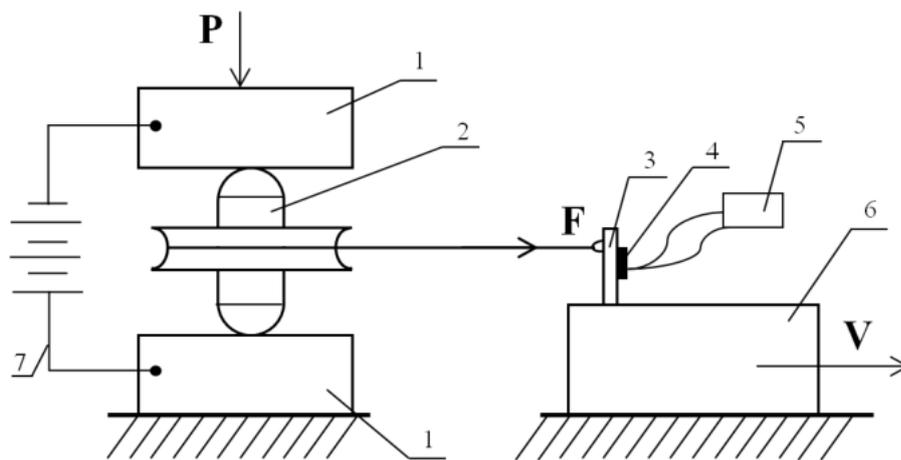


Рис.1. Схема установки для исследования адгезионной составляющей трения (1 – образцы из обрабатываемого материала; 2 – индентор из инструментального материала; 3 – упругая пластина; 4 – тензодатчик; 5 – регистрирующее устройство; 6 – тянущее устройство; 7 – система нагрева)

При выполнении реального физического эксперимента рабочие поверхности образцов (1) полируются до 13б – 14а классов шероховатости. Полусферы на торцах индентора из инструментального материала также полируются. Индентор сжимается между образцами с определенной нагрузкой P и нагревается до температуры исследования. Предварительная температурная тарировка позволяет в дальнейшем устанавливать температуру по величине тока нагрева. После установления в зоне контакта требуемой температуры включают тянущее устройство, индентор начинает вращаться, преодолевая силу трения. Величину силы F определяют по степени деформации упругой пластины, которая измеряется с помощью тензодатчика и регистрируется самопишущим прибором. Предварительно пластина также тарируется.

Такой метод исследования трения позволяет исключить влияние деформационной составляющей на показания адгезионной составляющей, ответственной за интенсивность процессов изнашивания инструмента и формирование параметров качества обработанного поверхностного слоя детали в реальном процессе резания.

Лабораторная работа №1 Исследование трения при высоких температурах



Рис. 2. Начальный экран

Каждой группе студентов (2-3 студента) преподаватель задает пару трения. По номеру варианта студенты выясняют марки инструментального и обрабатываемого материалов в окне «Исходные данные» (рис.3). Для примера рассмотрен I вариант, в котором необходимо исследовать трение никелевого сплава ХН60ВТ с инструментальным твердым сплавом ВК8.

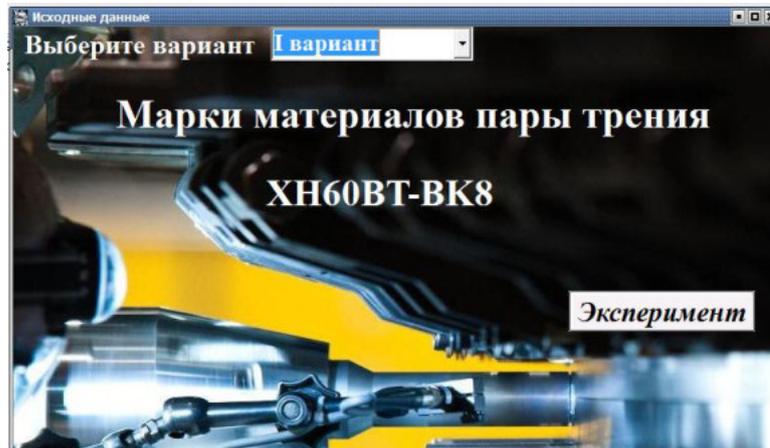


Рис.3. Выбор исходных данных

1. Выполнение эксперимента.

При нажатии кнопки «Эксперимент» на экране появляется схема установки (рис. 4), и указаны численные значения температур контакта, при которых следует выполнить очередной опыт.

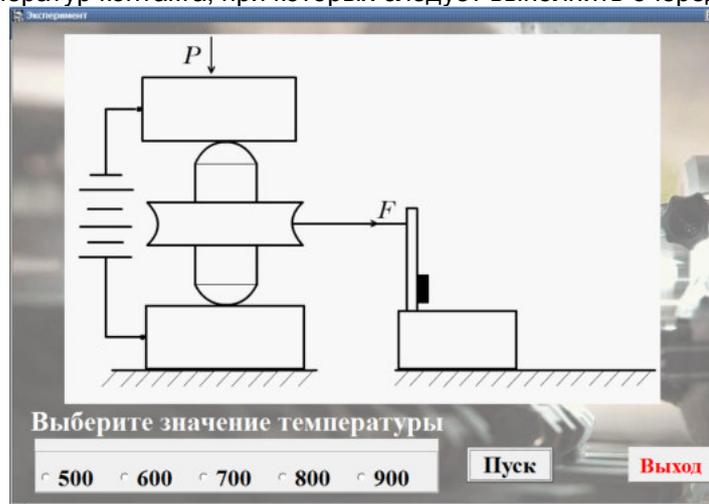


Рис.4. Выполнение эксперимента

В эксперименте необходимо выполнить пять опытов при разных температурах контакта: 500; 600; 700; 800; 900 °С.

После выбора требуемого значения температуры, нажимаем кнопку «Пуск», и установка приходит в действие. После перемещения салазок в крайнее правое положение в окне на экране появляются данные (численные значения: температуры – Θ °С; радиуса отпечатка – r , мм; силы давления – P , кН и силы, необходимой на вращение индентора – F , Н) (рис.5.).

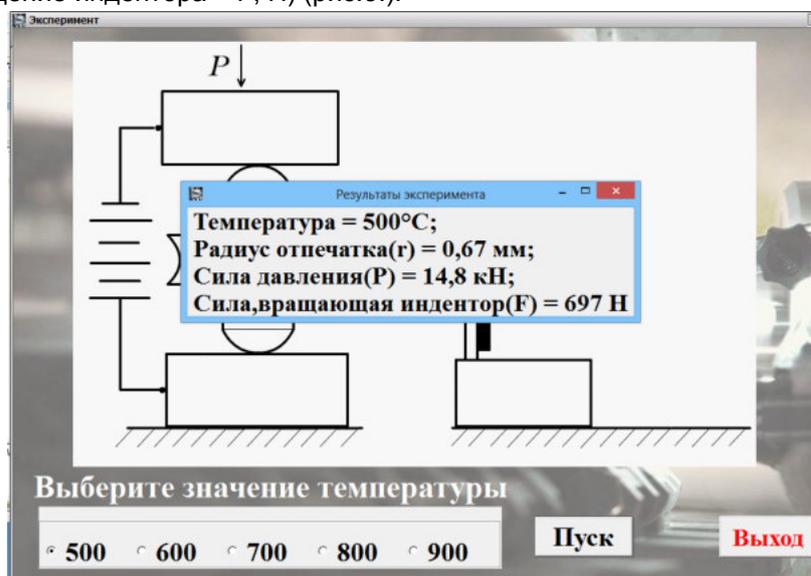


Рис.5. Окно результатов опыта

Результаты опыта необходимо занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Протокол эксперимента

№ п/п	Θ , °С	r , мм	P , кН	F , Н
1	500			
2	600			
3	700			
4	800			
5	900			

Повторить опыты с остальными температурами.

2. Вычислить нормальные

$$p_r = \frac{P}{\pi r^2}$$

и касательные напряжения на контакте

$$\tau_n = \frac{3 F \cdot R}{4 \pi r^3},$$

где R – радиус рабочей канавки диска индентора;

r – радиус отпечатка индентора (2) на поверхности образцов (1)

Рассчитать величину адгезионной составляющей коэффициента трения по формуле

$$f_a = \frac{\tau_n}{P_r}$$

и заполнить таблицу 2.

Таблица 2. Результаты вычислений

№ п/п	Θ , °С	p_r , МПа	τ_n , МПа	f_a
1	500			
2	600			
3	700			
4	800			
5	900			

3. Построить графики зависимостей

$$p_r = f(\Theta);$$

$$\tau_n = f(\Theta);$$

$$f_a = f(\Theta).$$

4. Сделать вывод о зависимости параметров трения от температуры.

Список литературы

1. Постнов В.В. Процессы на контактных поверхностях, износ режущего материала и свойства обработанной поверхности / В.В. Постнов, Б.У. Шарипов, Л.Ш. Шустер учеб. Пособие // Под общ. ред. Л.Ш. Шустера. – Свердловск : Изд-во Урал. ун-та, 1988. – 224 с.
2. Шарипов Б.У. Трение при высоких температурах / Б.У. Шарипов. – Борисоглебск: ФГБОУ ВПО «БГПИ», 2012. – 114с.

Лабораторная работа №2

Исследование влияние режима обработки на температуру в зоне контакта

Лабораторная работа №2 выполняется по программе лабораторной работы №1, с заменой составляющих сил резания на температуру контакта. Принципы методов вычисления аналогичны с лабораторной работой №1.

19.3.3 Темы рефератов и докладов

1. Значимость трибологии и триботехники в машиностроении.
2. История развития науки о трении.
3. Кристаллическая структура твёрдых тел.

4. Дефекты кристаллического строения и их причины.
5. Деформации тел. Виды деформаций.
6. Механизмы пластической деформации.
7. Молекулярно–механическая теория трения.
8. Деформационно–адгезионная теория трения.
9. Основные характеристики фрикционных связей.
10. Классификация видов изнашивания трибопар.
11. Функционально–физический принцип смазки.
12. Обобщённые характеристики видов разрушения.
13. Методы прогнозирования по адгезионным исследованиям.
14. Методы прогнозирования по когезионным характеристикам.
15. Методы прогнозирования по характеру поведения физико-механических свойств материалов.

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.