

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра материаловедения и технологии материалов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б.1.В.ОД.4 Основы теории трения, изнашивания и триботехнические испытания»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа академического бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2018

1085832

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра материаловедения и технологии материалов

наименование кафедры

протокол № 7 от "09" февраля 2018 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра материаловедения и технологии материалов

наименование кафедры

подпись

Юршев В.И.

расшифровка подписи

Исполнители:

доцент

должность

подпись

Тавтилов И.Ш.

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

15.03.01 Машиностроение

код наименование

личная подпись

Юршев В.И.

расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

личная подпись

Грицай Н.Н.

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству от АКИ

личная подпись

Черноусова А.М.

расшифровка подписи

№ регистрации

© Тавтилов И.Ш., 2018

© ОГУ, 2018

1 Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины:

- овладеть современными знаниями контактного взаимодействия твёрдых тел при внешнем трении и изнашивании.

Задачи:

- изучить теории и механизмы внешнего трения и изнашивания;
- научиться производить расчёты на износ деталей машин и оборудования;
- сформировать методологическую и информационную основу для минимизации износа как фактора повышения надёжности машин.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам (модулям) вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б.1.Б.12 Физика*

Постреквизиты дисциплины: *Б.1.В.ОД.7 Оборудование и обработка пластическим деформированием, Б.1.В.ОД.8 Теоретические основы и технологические методы восстановления и повышения износостойкости деталей машин*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
<u>Знать:</u> - основные законы естественнонаучных дисциплин для определения основных свойств исходных материалов, влияния свойств материалов на ресурсосбережение и надёжность технологических процессов при трении; - методики расчета технико-экономической эффективности при выборе технических и организационных решений; - физико-механические свойства поверхностей, виды, характеристики, законы и основные теории внешнего трения. <u>Уметь:</u> - применять методы математического анализа процессов при определении оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования в условиях трения; - осуществлять стандартные испытания и технический контроль разработок и эксплуатации узлов трения машин. <u>Владеть:</u> - навыками моделирования, теоретического и экспериментального исследования по оценке качества и свойств поверхностей трения, смазочных материалов и присадок к ним, работающих в условиях трения.	ОПК-1 умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
<u>Знать:</u> - технологические схемы методы контроля качества изделий, работающих в условиях трения и изнашивания, методы определения коэффициента внешнего трения, механизм образования сервовитной пленки. <u>Уметь:</u>	ПК-10 умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
- проводить анализ причин нарушений технологических процессов при трении; - определять величину износа и способность материала сопротивляться различным видам нагрузок, использовать эффект безызносности. Владеть: - навыками разработки мероприятий по предупреждению нарушений технологических процессов при определении влияния различных факторов на коэффициент внешнего трения и на свойства поверхностей трения, работающих в условиях изнашивания.	технологических процессов в машиностроении и разрабатывать мероприятия по их предупреждению

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	37,25	37,25
Лекции (Л)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: - выполнение индивидуального задания (ИЗ); самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к рубежному контролю.	106,75	106,75
Вид итогового контроля	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Поверхность твёрдого тела и контактирование шероховатых поверхностей	14	2			12
2	Виды, характеристики, законы и основные теории внешнего трения. Определение основных характеристик внешнего трения.	18	2		4	12
3	Трение при различных видах смазки. Влияние различных факторов на коэффициент внешнего трения	18	2		4	12
4	Динамические процессы при трении. Трение качения. Особенности трения различных материалов	16	2		2	12
5	Внутреннее трение	14	2			12
6	Основные понятия и определения, относящиеся	18	2		4	12

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	к физике и механике изнашивания. Механизмы и стадии изнашивания. Измерение износа и его распределение между деталями.					
7	Теории изнашивания. Основные виды изнашивания.	16	2		2	12
8	Трещинообразование, контактная прочность и связь сопротивления усталости деталей с изнашиванием. Влияние различных факторов на интенсивность изнашивания.	14	2			12
9	Приработка и равновесная шероховатость. Эффект безыносности (избирательный перенос при трении) и его применение в технике.	16	2		2	12
	Итого:	144	18		18	108
	Всего:	144	18		18	108

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ раз- дела	Наименование раздела	Содержание раздела
Модуль 1 Основы контактных взаимодействий твёрдых тел при внешнем трении		
1	Поверхность твёрдого тела и контактирование шероховатых поверхностей	Предмет, цель и задачи изучения дисциплины. Понятие о трибологии, триботехнике и трибологических системах. Поверхность твёрдого тела. Физико-механические свойства поверхностей. Жидкости, газы и поверхностно-активные вещества (ПАВ); особенности их поведения на поверхностях трения. Качество и топография поверхности твёрдых тел. Контактирование шероховатых поверхностей. Контактная деформация и взаимодействие выступов контактирующих поверхностей. Понятие о насыщенном и ненасыщенном контактах. Площади фактического контакта и сближение между поверхностями твёрдых тел.
2	Виды, характеристики, законы и основные теории внешнего трения. Определение основных характеристик внешнего трения.	Понятие о внешнем трении и его видах. Характеристика внешнего трения. Классические законы трения. Общие теории трения. Современная картина трения с точки зрения молекулярно-механической теории трения. Предварительное смещение твёрдых тел. Механизм предварительного смещения. Контактное предварительное смещение при упругих и пластических деформациях микронеровностей. Соотношение между фактическими площадями касания и сближениями в контакте при скольжении. Определение коэффициента внешнего трения. Коэффициент внешнего трения при упругих и пластических деформациях контактирующих микронеровностей. Виды нарушения фрикционных связей и порог внешнего трения.

3	Трение при различных видах смазки. Влияние различных факторов на коэффициент внешнего трения.	Определение понятий смазочный материал, смазывание и смазка. Виды смазки. Трение при жидкостной смазке: гидродинамической, гидростатической и эластогидродинамической. Трение при граничной, полужидкостной (смешанной) и газовой смазке. Газодинамическая и газостатическая смазка. Трение при твёрдой смазке. Нормальная нагрузка. Шероховатость поверхности. Механические свойства контактирующих материалов. Температура твёрдых тел и окружающей среды. Скорость скольжения. Толщина покрытия. Влияние вакуума. Влияние конструкции узла трения. Эффект аномально низкого трения.
4	Динамические процессы при трении. Трение качения. Особенности трения различных материалов.	Основные понятия и их определение. Вклад различных учёных в исследование динамических процессов при трении. Динамические модели трения скольжения. Фрикционные автоколебания. Вибрационное сглаживание и реверсивное трение. Гистерезисные потери. Проскальзывание. Адгезия материалов. Трение слоистых твёрдых тел: графит, дисульфид молибдена, слюда, нитрид бора. Трение политетрафторэтилена (ПТФЭ). Трение и износ алмаза. Адгезия льда. Трение хрупких тел, древесины, пряжи и волокна.
5	Внутренне трение.	Внутренне трение в твёрдых телах и методы его определения. Основные теории внутреннего трения. Внутреннее трение в жидкостях и методы его определения.
Модуль 2. Физика и механика изнашивания		
6	Основные понятия и определения, относящиеся к физике и механике изнашивания. Механизмы и стадии изнашивания. Измерение износа и его распределение между деталями.	Общие понятия, виды и характеристики изнашивания. Триботехнические характеристики материалов. Классы и разряды износостойкости. Механизм изнашивания металлических поверхностей; классификация и характеристика элементарных видов разрушения. Механизм изнашивания эластомеров. Стадии изнашивания пар трения. Измерение износа и расчёт характеристик изнашивания. Распределение износа между деталями.
7	Теории изнашивания. Основные виды изнашивания: аналитический обзор и характеристика; методы предупреждения и уменьшения износа.	Усталостная теория. Энергетическая теория. Новые концепции трения и изнашивания. Виды изнашивания: водородное, абразивное, усталостное, кавитационное, молекулярно-механическое (схватывание и заедание поверхностей), коррозионно-механическое: окислительное изнашивание, изнашивание вследствие деформации, диспергирования и выкрашивания, изнашивание при фреттинг-коррозии, эрозионное. Основные пути повышения износостойкости сопряжений.
8	Трещинообразование, контактная прочность и связь сопротивления усталости деталей с изнашиванием. Влияние различных факторов на интенсивность изнашивания.	Усталостное разрушение металлического антифрикционного слоя подшипников скольжения. Трещинообразование: причины, последствия и меры по предотвращению. Разрушение поверхности при контактных нагрузках. Связь сопротивления усталости деталей с трением и изнашиванием. Нормальная нагрузка. Шероховатость и волнистость поверхности. Механические свойства контактирующих материалов. Фрикционные свойства сопряжения. Скорость скольжения и температура зоны трения. Смазывание зоны трибологического контакта (ЗТК). Агрессивная среда и вакуум. Условия эксплуатации и режим работы. Сроки службы трущихся деталей и

		убытки от трения и износа в машинах.
9	Приработка и равновесная шероховатость. Эффект безызносности и его применение в технике.	Основные процессы, протекающие при приработке. Изменение микрогеометрии поверхностей. Гипотезы образования микрорельефа. Факторы, влияющие на эффективность приработки. Расчёт равновесной шероховатости. Сущность эффекта безызносности (ЭБ). Механизм образования сервоитной плёнки и её структура. Физические основы ЭБ. Использование ЭБ в узлах трения машин

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Определение коэффициента трения и параметров, влияющих на процесс изнашивания	2
2	2	Определение температурной зависимости удельной теплоемкости материалов	2
3	3	Лабораторные установки для испытаний материалов на трение и изнашивание	2
4	3	Определение триботехнических характеристик подшипника скольжения на машине трения	2
5	4	Определение коэффициента трения и параметров, влияющих на процесс изнашивания	2
6	6	Исследование трибологических свойств материалов на машине трения СМЦ-2	2
7	6	Определение момента трения в подшипниках скольжения на приборе ДП16А	2
8	7	Изучение изнашивания материалов	2
9	9	Выезд студентов на предприятия по вопросам выявления свойств поверхностей и смазочных материалов, работающих в условиях безызносности.	2
		Итого:	18

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1 Технологические процессы машиностроительного и ремонтного производства [Текст] : учеб. для вузов / [С. И. Богодухов и др.]; под общ. ред. С. И. Богодухова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : Университет, 2012. - 713 с. : ил. - Библиогр.: с. 634-637. - Прил.: с. 638-713. - ISBN 978-5-4417-0029-0.

2 Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.

5.2 Дополнительная литература

1 Тавтилов, И. Ш. Виды изнашивания и причины отказов узлов трения [Электронный ресурс] : практикум для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение / И. Ш. Тавтилов, В. И. Юршев, В. С. Репях; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т», Каф. материаловедения и технологии материалов. - Оренбург : ОГУ. - 2017. - ISBN 978-5-7410-2071-5. - 90 с

2 Тавтилов, И. Ш. Практикум по основам теории трения, изнашивания и триботехническим испытаниям [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение / И. Ш. Тавтилов, В. И. Юршев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т», Каф. материаловедения и технологии материалов. - Оренбург : ОГУ. - 2017. - ISBN 978-5-7410-1698-5. - 231 с

3 Фрикционное материаловедение Учеб. пособие для студентов вузов / С. И. Богодухов, Е. С. Козик. ГОУ ОГУ. - Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2010. - 323 с.

5.3 Периодические издания

1 Вестник машиностроения : журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2015-2016.

2 Технология машиностроения : журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2015-2016.

5.4 Интернет-ресурсы

1 Ресурсы электронной библиотеки Регионального портала образовательного сообщества Оренбуржья. – Режим доступа: <http://www.orenport.ru/>).

2 КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2016]. – Режим доступа к системе в сети ОГУ для установки системы: – Режим доступа: <\\fileserver1\CONSULT\cons.exe>

3 ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2016]. – Режим доступа в сети ОГУ для установки системы: – Режим доступа: <\\fileserver1\GarantClient\garant.exe>

4 Федеральный институт промышленной собственности: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.fips.ru>.

5 Научно-технический портал: [сайт]. – Режим доступа: <http://ntpo.com>.

6 Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Материаловедение и термическая обработка металлов» – Режим доступа: <http://mitom.folium.ru/>

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1 Операционная система Microsoft Windows

2 Open Office/LibreOffice – свободный офисный пакет программ, включающий в себя текстовый и табличный редакторы, редактор презентаций и другие офисные приложения.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа оснащены комплектами ученической мебели, мультимедийным проектором, доской, экраном, тематическими стендами, плакатами, схемами.

Для проведения лабораторных занятий используются:

- лаборатория материаловедения, в которой используются микроскопы, твердомеры, нагревательные печи, в том числе современные: растровый электронный микроскоп с системой анализа распределения химических элементов, металлографический микроскоп, микровизор, шлифовально-полировальный станок для подготовки металлографических образцов, отрезной станок, стационарный твердомер, портативный твердомер с цифровой индексацией, индукционная высокочастотная установка для нагрева, ультразвуковой дефектоскоп, вихретоковый дефектоскоп.

- лаборатория триботехнических испытаний, в которой имеются: машина трения, машина для абразивных испытаний, профилометр и профилограф, установка для триботехнических испытаний и другое оборудование, лабораторные весы.

- лаборатория физических методов исследования с оборудованием: вакуумный пост, сканер механических напряжений, позволяющий измерить и визуализировать остаточные термические и

технологические напряжения на различных этапах технологических процессов. Лаборатория укомплектована экраном, проектором и сверхмощным компьютером, поддерживающим емкое инженерное программное обеспечение.

Помещение для самостоятельной работы, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

Для обучения и контроля предусмотрено применение тематических стендов, информационно-измерительных систем, комплектов плакатов, схем, натуральных образцов, таблиц, раздаточного материала для иллюстраций лекций. Необходимые технические и электронные средства обучения и контроля имеются в лабораториях, располагающихся в перечисленных выше аудиториях.

К рабочей программе прилагаются:

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.