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
Заочная

Год набора 2016

1086412

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра материаловедения и технологии материалов
наименование кафедры

протокол № 8 от "25" февраля 2016 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра материаловедения и технологии материалов — подпись — Юршев В.И.
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:

доцент — подпись — Тавтилов И.Ш.
должность *подпись* *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
15.03.01 Машиностроение — личная подпись — Юршев В.И.
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки
личная подпись — Грицай Н.Н.
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству от АКИ
личная подпись — Черноусова А.М.
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации

© Тавтилов И.Ш., 2016
© ОГУ, 2016

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
Знать: - - основные законы естественнонаучных дисциплин для определения основных свойств исходных материалов, влияния свойств материалов на ресурсосбережение и надежность 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. **Уметь:** - - 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. **Владеть:** - 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
Знать: - технологические схемы методы контроля качества изделий, работающих в условиях трения и изнашивания, методы определения коэффициента внешнего трения, механизм образования сервовитной пленки. **Уметь:**	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	
	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**21,25**	**21,25**
Лекции (Л)	10	10
Лабораторные работы (ЛР)	10	10
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- выполнение индивидуального задания (ИЗ);* *- самостоятельное изучение отдельных вопросов разделов 3-5, 8;* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);* *- подготовка к лабораторным занятиям.*	**122,75**	**122,75**
Вид итогового контроля	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
2	Виды, характеристики, законы и основные теории внешнего трения. Определение основных характеристик внешнего трения.	14	2		2	10
3	Трение при различных видах смазки. Влияние различных факторов на коэффициент внешнего трения	22			2	20
4	Динамические процессы при трении. Трение качения. Особенности трения различных материалов	22			2	20
5	Внутреннее трение	14				14
6	Основные понятия и определения, относящиеся к физике и механике изнашивания. Механизмы	14	2		2	10

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	и стадии изнашивания. Измерение износа и его распределение между деталями.					
7	Теории изнашивания. Основные виды изнашивания.	14	2		2	10
8	Трещинообразование, контактная прочность и связь сопротивления усталости деталей с изнашиванием. Влияние различных факторов на интенсивность изнашивания.	20				20
9	Приработка и равновесная шероховатость. Эффект безызносности (избирательный перенос при трении) и его применение в технике.	12	2			10
	Итого:	144	10		10	124
	Всего:	144	10		10	124

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 сервовитной 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	3	Лабораторные установки для испытаний материалов на трение и изнашивание	2
3	4	Определение коэффициента трения и параметров, влияющих на процесс изнашивания	2
4	6	Определение момента трения в подшипниках скольжения на приборе ДП16А	2
5	7	Изучение изнашивания материалов	2
		Итого:	10

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

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, натурных 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.

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины

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

Направление подготовки: 15.03.01 Машиностроение
код и наименование

Профиль: Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов

Год набора 2016

Дополнения и изменения к рабочей программе на 2018/2019 учебный год рассмотрены и утверждены на заседании кафедры

Кафедра материаловедения и технологии материалов
наименование кафедры

протокол № 11 от " 29 " 06 2018 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра материаловедения и технологии материалов _____ В.И. Юршев
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий отделом комплектования Научной библиотеки ОГУ
_____ Н.Н. Грицай
личная подпись *расшифровка подписи* *дата*

Уполномоченный по качеству Аэрокосмического института
_____ А.М. Черноусова
личная подпись *расшифровка подписи* *дата*

В рабочую программу вносятся изменения.
Раздел 5 изложить в следующей редакции:

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 Дополнительцая 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», 2015-2018.

2 Технология машиностроения : журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2015-2018.

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.