

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра материаловедения и технологии материалов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.2 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)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.2 Основы теории трения, изнашивания и триботехнические испытания» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра материаловедения и технологии материалов
наименование кафедры

протокол № 8 от «16» марта 2026 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 формирования фонда и научной обработки документов


личная подпись

Биктимирова С.А.

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству от АКИ


личная подпись

Черноусова А.М.

расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Тавтилов И.Ш., 2026

© ОГУ, 2026

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 Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.16 Физика, Б1.Д.Б.21 Материаловедение*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.3 Фрикционное материаловедение, Б1.Д.В.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

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ПК*-9 Способен к подготовке, организации, контролю выполнения работ, руководству выполнением работ лабораторией (службой) неразрушающего контроля и других видов испытаний, разработке технологической документации	ПК*-9-В-1 Производит верификацию исполнительной документации испытательных лабораторий (лабораторий неразрушающего контроля, лабораторий разрушающих испытаний) по контролю деталей, узлов, сварных конструкций ПК*-9-В-2 Осуществляет руководство выполнением работ и контроль выполнения работ лабораторией неразрушающего контроля и других видов испытаний ПК*-9-В-3 Применяет современные методы по неразрушающим и разрушающим видам испытаний и контроля	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- физические и технологические возможности современных методов контроля состояния упрочнённых и восстановленных деталей машин и аппаратов для верификации исполнительной документации;- технологические схемы методы контроля качества изделий, работающих в условиях трения и изнашивания, методы определения коэффициента внешнего трения, механизм образования сервовитной пленки. <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- производить верификацию исполнительной документации испытательных лабораторий;- проводить анализ причин нарушений технологических процессов при трении;- определять величину износа и способность материала сопротивляться различным видам нагрузок, использовать эффект безызносности. <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- навыками применения современных методов неразрушающих и разрушающих видов испытаний и контроля;- навыками разработки мероприятий по

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		предупреждению нарушений технологических процессов при определении влияния различных факторов на коэффициент внешнего трения и на свойства поверхностей трения, работающих в условиях изнашивания.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	108
Контактная работа:	15,25	15,25
Лекции (Л)	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
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); - самостоятельное изучение отдельных вопросов в разделах 1-9; - изучение разделов курса в системе электронного обучения; - подготовка к лабораторным занятиям.	92,75	92,75
Вид итогового контроля	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Поверхность твёрдого тела и контактирование шероховатых поверхностей	12	2			10
2	Виды, характеристики, законы и основные теории внешнего трения. Определение основных характеристик внешнего трения.	12	2			10
3	Трение при различных видах смазки. Влияние различных факторов на коэффициент внешнего трения	16	2		2	12
4	Динамические процессы при трении. Трение качения. Особенности трения различных материалов	14			2	12
5	Внутреннее трение	10				10
6	Основные понятия и определения, относящиеся к физике и механике изнашивания. Механизмы и стадии изнашивания. Измерение износа и его	12	2			10

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	распределение между деталями.					
7	Теории изнашивания. Основные виды изнашивания.	12			2	10
8	Трещинообразование, контактная прочность и связь сопротивления усталости деталей с изнашиванием. Влияние различных факторов на интенсивность изнашивания.	10				10
9	Приработка и равновесная шероховатость. Эффект безызносности (избирательный перенос при трении) и его применение в технике.	10				10
	Итого:	108	8		6	94
	Всего:	108	8		6	94

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ раздела	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	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.

	внешнего трения.	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 убитки от трения и износа в машинах.
9	Приработка и равновесная шероховатость. Эффект безызносности и	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

его применение в технике.	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	3	Лабораторные установки для испытаний материалов на трение и изнашивание	2
2	4	Определение коэффициента трения и параметров, влияющих на процесс изнашивания	2
3	7	Изучение изнашивания материалов	2
		Итого:	6

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. Практикум по видам изнашивания и причинам 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. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/61528_20180115.pdf

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. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/35180_20170306.pdf

3 Тавтилов, И. Ш. Основы теории трения и изнашивания [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение / И. Ш. Тавтилов, В. И. Юршев, А. С. Кириленко; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - 2-е изд., перераб. и доп. - Оренбург : ОГУ. - 2021. - 192 с. 1 электр. опт. Диск (CD-Rom) – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/150519_20210630.pdf.

5.3 Периодические издания

1 Вестник машиностроения: журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2016-2024.

2 Технология машиностроения: журнал. - М. : Агентство «Роспечать», 2018-2024.

5.4 Интернет-ресурсы

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

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

3 Ежемесячное периодическое научно-техническое и производственное печатное издание «Черные металлы»: [сайт] – Режим доступа: <https://www.rudmet.ru/catalog/journals/5/>

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

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

1 Операционная система РЕД ОС.

2 Пакет офисных приложений «МойОфис Образование».

3 Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс <https://yandex.ru/>.

4 ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ <http://garant.net.osu.ru>.

5 Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - <http://aist.osu.ru>.

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.