

кадр

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор Белорусско-Российского  
университета

  
Ю.В. Машин  
22.12.2023

Регистрационный № УД-150303/Б.1.0.20р

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ**

(наименование дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Направление подготовки 15.03.03 Прикладная механика

Направленность (профиль) Компьютерный инжиниринг

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	5
Лекции, часы	34
Практические занятия, часы	16
Экзамен, семестр	5
Контактная работа по учебным занятиям, часы	50
Самостоятельная работа, часы	58
Всего часов / зачетных единиц	108 / 3

Кафедра-разработчик программы: Основы проектирования машин  
(название кафедры)

Составитель: А.Е. Науменко, канд. техн. наук  
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Могилев, 2023

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика № 729 от 09.08.2021, учебным планом рег. № 150303-2.1 от 28.04.2023.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Основы проектирования машин»  
(название кафедры)

«15» декабря 2023 г., протокол № 5.

Зав. кафедрой  А.П. Прудников

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом  
Белорусско-Российского университета

20 12 2023, протокол № 3.

Зам. председателя  
Научно-методического совета

 С.А. Сухоцкий

Рецензент:

О.В. Борисенко, Начальник отдела механизации, автоматизации и охраны труда  
РУП «Могилевавтодор»

(И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание рецензента)

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь

 Е.Н. Колесникова

Начальник учебно-методического  
отдела

 О.Е. Печковская

# 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## 1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является овладение современными знаниями контактного взаимодействия твердых тел при внешнем трении и изнашивании

## 1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

### **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;

- технологические схемы методы контроля качества изделий, работающих в условиях трения и изнашивания, методы определения коэффициента 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.

- проводить анализ причин нарушений технологических процессов при трении;

- определять величину износа и способность материала сопротивляться различным видам нагрузок, использовать эффект безызносности.

### **владеть:**

- навыками моделирования, теоретического и экспериментального исследования по оценке качества и свойств поверхностей трения, смазочных материалов и присадок к ним, работающих в условиях трения.

- 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

## 1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» Обязательная часть Блока 1.

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- математика;

- физика;

- химия;

- материаловедение;

- технология конструкционных материалов.

Перечень учебных дисциплин, которые будут опираться на данную дисциплину:

- триботехническое материаловедение;

- надежность технических систем.

Кроме того, результаты, полученные при изучении дисциплины на практических занятиях будут применены при прохождении технологической (проектно-

технологической) практики и преддипломной практики, а также при подготовке выпускной квалификационной работы и дальнейшей профессиональной деятельности.

#### 1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ОПК-11	Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

## 2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

### 2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Поверхность твёрдого тела и контактирование шероховатых поверхностей	Предмет, цель и задачи изучения дисциплины. Понятие о трибологии, триботехнике и трибологических системах. Силы связи частиц в твердых телах. Свойства физических поверхностей твердого тела. Жидкости и газы, особенности их поведения на поверхностях трения. Поверхностно-активные вещества. Топография поверхности твердых тел.	ОПК-11
2	Внешнее трение твердых тел. Трение скольжения	Понятие о внешнем трении и его видах. Классические законы трения. Общие теории трения скольжения. Современная картина трения с точки зрения молекулярномеханической теории трения. Факторы, влияющие на трение скольжения.	ОПК-11
3	Трение качения	Определение коэффициента трения качения. Гистерезисные потери. Микропроскальзывание. Адгезионные связи.	ОПК-11
4	Трение при различных видах смазки.	Определение понятий смазочный материал, смазывание и смазка. Виды смазки. Эксплуатационные свойства масел. Трение при граничной, полужидкостной (смешанной) и жидкостной смазке. Жидкостная смазка. Гидродинамическая смазка. Гидростатическая смазка. Эластогидродинамическая смазка. Граничная смазка.	ОПК-11
5	Основные понятия и определения, относящиеся к физике и механике изнашивания. Механизмы и стадии изнашивания	Понятия и определения. Показатели изнашивания. Механизм изнашивания металлических поверхностей; классификация и характеристика элементарных видов разрушения. Механизм изнашивания эластомеров. Стадии изнашивания пар трения. Приработка и равновесная шероховатость.	ОПК-11
6	Основные виды изнашивания: аналитический обзор и характеристика	Абразивное изнашивание. Гидро- и газоабразивное изнашивание. Кавитационное изнашивание. Молекулярно-механическое изнашивание. Коррозионно-механическое изнашивание.	ОПК-11

7	Основные пути повышения износостойкости сопряжений	Конструкторские способы повышения износостойкости. Технологические методы обеспечения износостойкости узлов трения. Эксплуатационные способы повышения износостойкости.	ОПК-11
8	Методы расчета износа сопряжений	Усталостная теория изнашивания. Энергетическая теория изнашивания. Элементный закон изнашивания. Метод ключевых инвариантов. Расчет сопряжений на ресурс.	ОПК-11

## 2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1							
1	1 Поверхность твёрдого тела и контактирование шероховатых поверхностей.	2	Пр. р. 1 Определение площади контакта деталей при трении	2	1	ЗПР	3
2	1 Поверхность твёрдого тела и контактирование шероховатых поверхностей	2			1		
3	2 Внешнее трение твердых тел. Трение скольжения.	2	Пр. р. 2 Определение коэффициента трения	2	1	ЗПР	3
4	2 Внешнее трение твердых тел. Трение скольжения.	2			2	Т	9
5	3 Трение качения.	2	Пр. р. 3 Определение сил трения в ременных и фрикционных передачах	2	1	ЗПР	3
6	3 Трение качения.	2			1		
7	4 Трение при различных видах смазки.	2	Пр. р. 4 Определение коэффициента трения в подшипнике скольжения	2	1	ЗПР	3
8	4 Трение при различных видах смазки.	2			2	Т ПКУ	9 30
Модуль 2							
9	5 Основные понятия и определения, относящиеся к физике и механике изнашивания. Механизмы и стадии изнашивания.	2	Пр. р. 5 Расчет на усталостный износ дискового тормоза	2	1	ЗПР	3
10	5 Основные понятия и определения, относящиеся к физике и механике изнашивания. Механизмы и стадии изнашивания.	2			1		
11	6 Основные виды изнашивания: аналитический обзор и характеристика.	2	Пр. р.6 Расчет на абразивный износ зубчатой передачи	2	1	ЗПР	3
12	6 Основные виды изнашивания: аналитический обзор и характеристика.	2			2	Т	9
13	6 Основные виды изнашивания: аналитический обзор и характеристика.	2	Пр. р. 7 Определение параметров износа шлицевого соединения	2	1	ЗПР	3
14	7 Основные пути повышения износостойкости сопряжений.	2			1		
15	7 Основные пути повышения износостойкости сопряжений.	2	Пр. р.8 Определение параметров износа зубчатой передачи при наличии смазки	2	1	ЗПР	3
16	8 Методы расчета износа сопряжений.	2			1		
17	8 Методы расчета износа сопряжений.	2			3	Т ПКУ	9 30
18-21					36	ПА (экзамен)	40
	Итого	34		16	58		100

Принятые обозначения:

*Текущий контроль* –

Т – Тестовое задание;

ЗПР – защита практической работы;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.

ПА - Промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

#### Экзамен

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

### 3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий			Всего часов
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Традиционные	Темы 1, 5			8
2	Мультимедиа	Темы 2-4, 6-8			26
8	Расчетные		Пр. п.1-8		16
	<b>ИТОГО</b>	34	16		50

### 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к экзамену	1
2	Экзаменационные билеты	1
3	Вопросы к защите практических работ	8
4	Тестовые задания	4

### 5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

#### 5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
			<b>ОПК-11. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.</b>
			<b>ИОПК-11.1. Выявляет естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности</b>
1	Пороговый уровень	Знание основных законов и теорий трения, видов и характеристик изнашивания. Понимание физики и механики процессов изнашивания.	Применение законов и теорий трения и изнашивания для обеспечения долговечности деталей машин и механизмов

2	Продвинутый уровень	Анализ основных параметров, влияющих на интенсивность изнашивания на основании законов и теорий трения, видов и характеристик изнашивания	Умение производить выбор основных параметров поверхностей трения при проектировании деталей машин и механизмов для обеспечения их долговечности
3	Высокий уровень	Оценка возможности оптимизации параметров поверхностей трения деталей машин и механизмов на основании законов и теорий трения, видов и характеристик изнашивания	Конструирование деталей машин и механизмов с учетом минимизации интенсивности изнашивания их поверхностей трения

## 5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
<b><i>ОПК-11. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.</i></b>	
Применение законов и теорий трения и изнашивания для обеспечения долговечности деталей машин и механизмов	Экзаменационные билеты Вопросы к защите практических занятий Тестовые задания
Умение производить выбор основных параметров поверхностей трения при проектировании деталей машин и механизмов для обеспечения их долговечности	Экзаменационные билеты Вопросы к защите практических занятий Тестовые задания
Конструирование деталей машин и механизмов с учетом минимизации интенсивности изнашивания их поверхностей трения	Экзаменационные билеты Вопросы к защите практических занятий Тестовые задания

## 5.3 Критерии оценки практических работ

Каждая выполненная практическая работа защищается студентом индивидуально путем ответа на задаваемые преподавателем вопросы (в количестве 3-6 шт.).

Практическая работа оценивается до 3 баллов в соответствии с приведенной шкалой. При этом баллы начисляются за ее защиту в зависимости от уровня знаний студентом теоретического материала по теме работы, выполненной практической (расчетной) части и выводам по результатам расчетов.

### Шкала критериев оценки практических работ

Баллы	Требования к знаниям
3	Студент имеет глубокие теоретические знания по теме практической работы, четко и логически последовательно отвечает на поставленные вопросы, приводит в отчете обоснованное решение практической задачи, формирует обоснованные выводы по результатам решения практической части работы.
2	Студент имеет достаточные теоретические знания по теме практической работы, способен дать правильный ответ на поставленные вопросы, приводит в отчете верное решение практической задачи, способен сформировать выводы по результатам решения практической части работы.

1	Студент имеет частичные теоретические знания по теме практической работы, способен дать правильный ответ не менее чем на половину поставленных вопросов, владеет основным подходом решения практической задачи, способен сформировать частичные выводы по результатам решения практической части работы.
---	--

Если работа выполнена, но не защищена, то баллы по ней не начисляются, а она попадает в разряд задолженностей.

### Критерии оценки тестового задания

Тестовые задания проводятся через платформу moodle.

Тестовые задания включают в себя вопросы по темам лекционного курса и проводятся на 4-ой, 8-ой, 12-ой и 16-ой неделях в соответствии с таблицей 2.2.

Тестовое задание включает в себя от 10 до 20 вопросов.

Каждое тестовое задание оценивается до 9 баллов, которые начисляются в зависимости от количества правильных ответов на вопросы в соответствии со шкалой

#### Шкала критериев оценки тестового задания

Баллы	Количество правильных ответов на вопросы
9	100% правильных ответов
8	85% правильных ответов
7	70% правильных ответов
6	60% правильных ответов
5	50% правильных ответов
4	40% правильных ответов
3	30% правильных ответов
2	20% правильных ответов
1	10% правильных ответов
0	Отсутствие правильных ответов

### 5.4 Критерии оценки экзамена

Проставляемая в экзаменационную ведомость оценка соответствует сумме баллов, набранных студентом в течение семестра до 60 баллов и полученных при сдаче экзамена до 40 баллов и выставляется в соответствии с приведенной шкалой

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса и 1 задачу.

Первый теоретический вопрос оценивается в 10 баллов, второй теоретический вопрос оценивается в 15 баллов.

Полный ответ на теоретические вопросы должен включать в себя:

- теоретическую часть (оценивается до 5 баллов);
- расчетные схемы (оценивается до 5 баллов);
- расчетные формулы (оценивается до 5 баллов);

Основанием для простановки неполного балла являются отсутствие или ошибки в расчетных схемах, формулах, теоретической части.

Задача оценивается в 15 баллов

Полное решение задачи должно включать в себя:

- расчетную схему (оценивается до 5 баллов);



- расчетные формулы с результатами расчета (оценивается до 5 баллов);
- оценку полученных результатов (оценивается до 5 баллов).

Основанием для простановки неполного балла являются отсутствие решения, ошибки в расчетной схеме и расчетных формулах, отсутствие или неверное заключение.

## 6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- подготовку к защите практических занятий;
- подготовку к тестовым заданиям;
- подготовку к экзамену.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведен в приложении и хранится на кафедре.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Триботехника : учебник / А.И. Доценко, И.А. Буяновский. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 2-е изд., перераб. и доп. — 399 с.	Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области строительства в качестве учебника для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлению «Строительство» (профили «Механизация и автоматизация строительства» и «Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций»)	<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=349517">https://znanium.com/catalog/document?id=349517</a>

### 7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Горленко, О. А. Прикладная механика: триботехнические показатели качества машин: учеб. Пособие для вузов / О.А. Горленко, В.П. Тихомиров, Г.А. Бишутин. – 2-е изд., испр. И доп. – М. : Юрайт, 2021.- 264 с -(Высшее образование)	Рек. УМО ВО в качестве учеб. пособия для студ. вузов, обучающ. по инж.- технич. направл.	5

### **7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине**

1. <https://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>

### **7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам**

#### **7.4.1 Методические рекомендации**

1 Основы теории трения и изнашивания. Методические указания к практическим занятиям для студентов направления подготовки 15.03.03 Прикладная механика – Могилев, Белорусско-Российский университет. (электронный вариант)

#### **7.4.2 Информационные технологии**

Мультимедийные презентации:

Тема 2 - Внешнее трение твердых тел. трение скольжения.

Тема 3 - Трение качения.

Тема 4 - Трение при различных видах смазки.

Тема 6 – Основные виды изнашивания: аналитический обзор и характеристика.

Тема 7 – Основные пути повышения износостойкости сопряжений.

Тема 8 – Методы расчета износа сопряжений.

## **8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспортах лабораторий кафедры «Основы проектирования машин» «803», «805»: рег. номер ПУЛ-4.503-803/07-23.

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ

(наименование дисциплины)

## АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 15.03.03 Прикладная механика

Направленность (профиль) Компьютерный инжиниринг

	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	5
Лекции, часы	34
Практические занятия, часы	16
Экзамен, семестр	5
Контактная работа по учебным занятиям, часы	50
Самостоятельная работа, часы	58
Всего часов / зачетных единиц	108 / 3

### 1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является овладение современными знаниями контактного взаимодействия твердых тел при внешнем трении и изнашивании

### 2. Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

#### **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;
- технологические схемы методы контроля качества изделий, работающих в условиях трения и изнашивания, методы определения коэффициента внешнего трения, механизм образования сервовитной пленки.

#### **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.
- проводить анализ причин нарушений технологических процессов при трении;
- определять величину износа и способность материала сопротивляться различным видам нагрузок, использовать эффект безызносности.

#### **владеть:**

- навыками моделирования, теоретического и экспериментального исследования по оценке качества и свойств поверхностей трения, смазочных материалов и присадок к ним, работающих в условиях трения.

- 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

### 3. Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

### 4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются мультимедийные и традиционные занятия (лекционные занятия) а также расчетные занятия (практические занятия).