

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по учебной работе

\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений  
Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
**«Научные основы трибологии»**

Направление подготовки магистров – 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Направленность (профиль) – Технологии сварочного производства.

Типы задач профессиональной деятельности – научно-исследовательский.  
производственно-технологический.

Форма обучения – очная.

Машиностроительный факультет.

Кафедра «Прикладная физика».

Тверь 20\_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки магистров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: профессор кафедры «Прикладная физика»

В.В. Измайлов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Прикладная физика»

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол №

Заведующий кафедрой

А.Н. Болотов

Согласовано

Начальник учебно-методического  
отдела УМУ

Барчуков Д.А.

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

## **1. Цели и задачи дисциплины**

**Цель изучения дисциплины** - получение учащимися современных научных представлений о физической природе явлений, протекающих на фрикционном контакте и способах повышения надежности и эффективности узлов трения.

**Задачами дисциплины** являются:

- формирование знаний о физических, химических, биологических и других явлениях, связанных с трением и изнашиванием;
- формирование знаний о современных теориях трения и изнашивания;
- формирование знаний о характеристиках и областях применения фрикционных, антифрикционных и смазочных материалов;
- формирование знаний о возможностях и областях применения триботехнологий, в том числе в сварочном производстве;
- формирование умений проводить исследования процессов трения и изнашивания и определять триботехнические характеристики материалов и узлов,
- формирование умений применять на практике конструктивные, технологические и эксплуатационные методы повышения надежности и эффективности фрикционных узлов, в том числе с помощью нанотехнологий и наноматериалов.

## **2. Место дисциплины в образовательной программе**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)». Значение дисциплины определено универсальным характером и ключевой ролью процессов трения и изнашивания в обеспечении надежности и долговечности современного технологического, энергетического и транспортного оборудования и широким применением триботехнологий в современном машиностроении.

Для изучения курса требуются знания, умения и навыки по таким дисциплинам, как физика, химия, высшая математика, материаловедение, технология машиностроения, приобретенные в процессе обучения по образовательной программе высшего образования уровня бакалавриата или специалитета.

Приобретенные знания в рамках данной дисциплины необходимы в дальнейшем при осуществлении профессиональной деятельности в сфере научно-исследовательских и проектно-конструкторских разработок в области машиностроения или в качестве специалиста машиностроительного производства.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

### **3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине**

#### **Компетенция, закрепленная за дисциплиной в ОХОП:**

ПК-5. Способен разрабатывать планы проведения экспериментальных и исследовательских работ по сварочному производству, обрабатывать и анализировать их результаты.

### **Индикаторы компетенции, закреплённые за дисциплиной в ОХОП:**

ИПК-5.1. Разрабатывает планы проведения экспериментальных и исследовательских работ по сварочному производству

ИПК-5.2. Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных и исследовательских работ по сварочному производству

### **Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

ИПК-5.1.:

#### **Знать:**

З1. Основные положения современных теорий трения и изнашивания, основные факторы, определяющие надежность и эффективность фрикционных узлов, возможности и области применения триботехнологий в машиностроении, в том числе в сварочном производстве.

#### **Уметь:**

У1. Выделять ключевые факторы, влияющие на показатели эффективности применяемой триботехнологии, планировать экспериментальные исследования с целью выбора и обоснования оптимальных технологических режимов.

#### **Иметь уровень практической подготовки:**

ПП1: Разрабатывать программы и методики экспериментальных исследований исходя из поставленных целей и задач.

ИПК-5.2.:

#### **Знать:**

З2. Современные методы статистической обработки результатов экспериментальных исследований, оценки их достоверности и способы их представления.

#### **Уметь:**

У2. Применять современные методы статистической обработки результатов экспериментальных исследований и оценки их достоверности.

#### **Иметь уровень практической подготовки:**

ПП1: Оформлять протоколы испытаний с учетом действующих требований, готовить материалы к публикации в открытой печати и представлению на научных конференциях и семинарах.

### **3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных и практических занятий, самостоятельная работа.

### **4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы**

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Зачетные единицы</b>	<b>Академические часы</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	4	144
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		28
В том числе:		
Лекции		14
Практические занятия (ПЗ)		14
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		80

В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		40
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к защите практических работ		30
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		10+36(экз)
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		14
В том числе:		
Практические занятия (ПЗ)		14
Лабораторные работы (ЛР)		не предусмотрены
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	Сам. работа
1	Природа технических поверхностей и процессов контактного взаимодействия.	45	4	4	0	25+12(экз)
2	Природа внешнего трения и процессов изнашивания	46	5	4	0	25+12(экз)
3	Триботехнологии в машиностроении и сварочном производстве в частности	53	5	6	0	30+12(экз)
Всего на дисциплину		<b>144</b>	14	14	0	<b>80+36(экз)</b>

### 5.2. Содержание дисциплины

#### **МОДУЛЬ 1. Природа технических поверхностей и процессов контактного взаимодействия:**

Физико-химические, механические и геометрические характеристики технических поверхностей на макро-, мезо-, микро- и наноуровне. Экспериментальные методы определения характеристик технических поверхностей. Механика контактного взаимодействия тел правильной формы при упругом и пластическом контакте. Механика и физика контактного взаимодействия технических поверхностей. Площади контакта, контактные деформации, контактные давления.

## **МОДУЛЬ 2. Природа внешнего трения и процессов изнашивания:**

Виды и основные закономерности трения. Молекулярно – механическая теория внешнего трения. Трение без смазочного материала, трение при граничной смазке. Гидродинамический режим трения. Трение качения. Основные закономерности изнашивания. Характеристики износостойкости. Классификация видов изнашивания. Теоретические методы оценки интенсивности некоторых видов изнашивания. Влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на интенсивность изнашивания.

## **МОДУЛЬ 3. Триботехнологии в машиностроении и сварочном производстве в частности:**

Принципы инженерии поверхностей. Конструктивные, технологические и эксплуатационные методы снижения износа и потерь на трение. Экспериментальные методы в триботехнике, диагностика машин по критерию износа. Трибологические аспекты сварочных технологий: диффузионная сварка, сварка трением, электроконтактная сварка, наплавка износостойких материалов, плазменные технологии нанесения материалов.

### **5.3. Практические занятия**

**Таблица 3.** Тематика практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

<b>Модули. Цели ПЗ</b>	<b>Практические работы</b>	<b>Трудоемкость в часах</b>
<b>Модуль 1.</b> <b>Цель:</b> систематизировать знания в области геометрических и физико-механических характеристик поверхности твердого тела	Профильный метод определения параметров структуры поверхности деталей машин.	2
<b>Модуль 2.</b> <b>Цель:</b> сформировать навыки теоретической оценки контактных и фрикционных характеристик пар трения.	Расчет фактической площади контакта	3
	Расчет коэффициента трения скольжения	3
<b>Модуль 3.</b> <b>Цель:</b> сформировать навыки теоретической оценки параметров надежности и долговечности пар трения.	Расчет фрикционных характеристик подшипника скольжения при гидродинамическом режиме трения	3
	Расчет интенсивности изнашивания и прогнозирование срока службы фрикционного соединения по критерию допустимого износа	3

## **5.4. Лабораторные занятия**

Учебным планом лабораторные занятия не предусмотрены.

## **6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости**

### **6.1. Цели самостоятельной работы**

Повторение изученного материала, закрепления и углубления знаний, полученных на аудиторных занятиях, для подготовки к зачету.

Формирование умения изучать, анализировать и критически оценивать учебную и научную литературу; самостоятельно приобретать новые знания, в том числе с использованием современных образовательных и информационных технологий.

Формирование умения аргументированно отстаивать свои предложения, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

### **6.2. Организация и содержание самостоятельной работы**

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к выполнению и защите лабораторных работ, зачету, в подготовке доклада или презентации.

### **6.3. Содержание самостоятельной работы**

Темы, вынесенные на самостоятельное изучение:

#### **Модуль 1. Природа технических поверхностей и процессов контактного взаимодействия**

Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Дефекты в кристаллах. Механические свойства материалов. Сверхпластичность металлов. Виды разрушения. Вязкое, хрупкое разрушение. Явление несовершенной упругости. Упругий гистерезис и последствие. Релаксация напряжений. Ползучесть, усталость.

#### **Модуль 2. Природа внешнего трения и процессов изнашивания.**

Тепловыделение при внешнем трении. Теплофизические характеристики материалов. Влияние температуры на трибологические характеристики пар трения. Температура на скользящем контакте. Максимальная и средняя температуры поверхности трения, температура вспышки, объемная температура.

#### **Модуль 3. Триботехнологии в машиностроении и сварочном производстве в частности.**

Принципы создания новых материалов на основе структурной приспособляемости и самоорганизации трибосистем.

Трибологические базы данных. Методы диагностики износа (полярография, седиментометрия, акустические, электрофизические, оптические и др. методы).

Триботехнические источники загрязнений окружающей среды. Методики оценки экономической эффективности и экологической чистоты триботехнических систем.

**Таблица 4. Темы докладов (презентаций)**

Модули	Возможная тематика доклада (презентации)
<b>Модуль 1</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способы получения поверхностей деталей машин с регулярным микрорельефом. Преимущества таких поверхностей.</li> <li>2. Инженерия поверхностей деталей машин. Применение инженерии поверхностей в трибологии.</li> <li>3. Физические средства в инженерии поверхностей и трибологии: сканирующий туннельный микроскоп (STM), атомный силовой микроскоп (AFM), фрикционный силовой микроскоп (FFM)</li> </ol>
<b>Модуль 2</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физические теории трения (Томлинсона, Френкеля – Конторовой, модель трения «Cobblestone»)</li> <li>2. Современные методы восстановления изношенных поверхностей деталей машин.</li> <li>3. Трение на наноуровне (нанотрибология).</li> <li>4. Трение в вакууме.</li> <li>5. Роль колебаний и вибрации в процессе трения. Положительные и отрицательные проявления колебаний и вибрации в трении.</li> <li>6. Трение при обработке металлов давлением.</li> <li>7. Трение при высоких и сверхвысоких скоростях</li> <li>8. Классификация видов изнашивания. Природа основных видов изнашивания.</li> <li>9. Изнашивание как случайный процесс. Вероятностный механизм изнашивания</li> <li>10. Фреттинг-изнашивание, его природа и борьба с ним.</li> <li>11. Современные методы трибодиагностики и трибомониторинга.</li> </ol>
<b>Модуль 3</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Современные антифрикционные материалы.</li> <li>2. Современные фрикционные материалы.</li> <li>3. Современные износостойкие материалы.</li> <li>4. Финишная антифрикционная безабразивная обработка поверхностей трения.</li> <li>5. Применение покрытий поверхностей трения для повышения их износостойкости.</li> <li>6. Трибология на железнодорожном транспорте.</li> <li>7. Трибология в автомобильном транспорте.</li> <li>8. Биомедицинские аспекты трибологии.</li> <li>9. Трибология микро/наноэлектромеханических систем (МЭМС/НЭМС)</li> <li>10. Диффузионная сварка в вакууме: сущность технологии, области применения, достоинства и</li> </ol>



	недостатки. 11. Электродуговая сварка: точечная, шовная. Сущность технологии, области применения.
--	---

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература по дисциплине

1. Пенкин, Н.С. Основы трибологии и триботехники : учеб. пособие для вузов по специальности 170600 "Машины и аппараты пищевых производств" направления подгот. 655800 "Пищевая инженерия" : в составе учебно-методического комплекса / Н.С. Пенкин, А.Н. Пенкин, В.М. Сербин. - 2-е изд. ; стер. - Москва : Машиностроение, 2011. - 207 с. : ил., табл. - (Для вузов). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-94275-583-6 : 363 p. - (ID=92477-2)
2. Пенкин, Н.С. Основы трибологии и триботехники : учебник для вузов по спец. 170600 "Машины и аппараты пищ. пр-в" напр. 655800 "Пищ. инженерия" : в составе учебно-методического комплекса / Н.С. Пенкин, А.Н. Пенкин, В.М. Сербин. - Москва : Машиностроение, 2008. - 207 с. : ил. - (Для вузов). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-217-03437-6 : 264 p. - (ID=73979-11)
3. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Чичинадзе [и др.]; под общей редакцией А.В. Чичинадзе. - Москва : Машиностроение, 2003. - 575 с. : ил. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 5-217-03193-X : 660 p. - (ID=16453-9)
4. Основы трибологии (трение, износ, смазка) : учебник для вузов : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Чичинадзе [и др.]; под общей редакцией А.В. Чичинадзе. - 2-е изд. ; перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2001. - 663 с. : ил. - (Федерал. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки на 1997 - 2000 годы"). - Текст : непосредственный. - ISBN 5-217-03053-4 : 70 p. - (ID=8780-26)
5. Хопин, П.Н. Трибология : учебник для вузов / П.Н. Хопин, С.В. Шишкин. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 07.07.2022. - ISBN 978-5-534-14021-7. - URL: <https://urait.ru/bcode/496771> . - (ID=139613-0)

### 7.2. Дополнительная литература по дисциплине

1. Болотов, А.Н. Теоретические и экспериментальные исследования процессов в триботехнических системах : монография / А.Н. Болотов, В.В. Измайлов, М.В. Новоселова; Тверской государственный технический университет. - Тверь : ТвГТУ, 2019. - 163 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-1024-4 : 200 p. - (ID=134491-5)
2. Гаркунов, Д.Н. Триботехника : учеб. пособие по направлению подготовки "Автоматизир. технологии и пр-ва", "Конструктор.-технолог. обеспечение машиностроит. пр-в" / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. - 2-е изд. ; стер. - М. : КноРус, 2013. - 408 с. - (Бакалавриат). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-406-02686-1 : 805 p. - (ID=100608-2)

3. Будко, С. И. Триботехника : методические указания / С. И. Будко, Л. С. Киселева, В. М. Кузюр. — Брянск : Брянский ГАУ, 2021. — 85 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171968> (дата обращения: 06.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=150733-0)
4. Магомедов, Ф. М. Основы триботехники : учебно-методическое пособие / Ф. М. Магомедов, И. М. Меликов, С. Р. Хабибов. — Махачкала : ДагГАУ имени М.М.Джамбулатова, 2021. — 47 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/194015> (дата обращения: 06.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=150734-0)
5. Быченин, А. П. Триботехника и триботехнологии : учебное пособие / А. П. Быченин, О. С. Володько. — Самара : СамГАУ, 2018. — 247 с. — ISBN 978-5-88575-510-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109458> (дата обращения: 06.10.2022). — Режим доступа: для авториз. Пользователей. - (ID=150735-0)
6. Киселев, Б.Р. Триботехника. Повышение эффективности работы червячной передачи : монография / Б.Р. Киселев. - 2-е изд. ; испр. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - Режим доступа: по подписке. - Дата обращения: 18.08.2022. - ISBN 978-5-8114-3199-1. - URL: <https://e.lanbook.com/book/213191> . - (ID=137273-0)
7. Жданов, А. Г. Основы триботехники. Смазочные материалы и рабочие жидкости, применяемые в подъемно-транспортных и дорожных машинах : учебное пособие / А. Г. Жданов, Н. В. Назарова, В. П. Малышев. — Самара : СамГУПС, 2011. — 126 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130293> (дата обращения: 06.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. - (ID=150736-0)

### **7.3. Методические материалы**

1. Гусев, А.Ф. Лабораторный практикум. Трибология : учебно-методическое пособие / А.Ф. Гусев, В.В. Измайлов, М.В. Новоселова; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ПФ. - Тверь : ТвГТУ, 2021. - 52 с. - Текст : непосредственный. - 126 р. 75 к. - (ID=138763-55)

2. Гусев, А.Ф. Лабораторный практикум. Трибология : учебно-методическое пособие / А.Ф. Гусев, В.В. Измайлов, М.В. Новоселова; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ПФ. - Тверь : ТвГТУ, 2021. - 52 с. - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.ver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/137909> . - (ID=137909-1)

3. Гусев, А.Ф. Лабораторный практикум. Трибология : в составе учебно-методического комплекса / А.Ф. Гусев, В.В. Измайлов, М.В. Новоселова; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ПФ ; под ред. В.В. Измайлова. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - 32 с. : ил. - (УМК-П). - Текст : непосредственный. - 44 р. - (ID=113468-75)

4. Гусев, А.Ф. Лабораторный практикум. Трибология : в составе учебно-методического комплекса / А.Ф. Гусев, В.В. Измайлов, М.В. Новоселова; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ПФ ; под ред. В.В. Измайлова. - Тверь : ТвГТУ, 2016. - (УМК-П).

- Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL:

<https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112881> . - (ID=112881-1)

#### **7.4. Программное обеспечение по дисциплине**

1. Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

2. Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

#### **7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет**

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭКТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ" : сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1,2,3,4. - М. :Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст : электронный. - 119600 р. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/150732>

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения учебных занятий по курсу «Научные основы трибологии» имеются:

- учебная лаборатория, оснащенная современным оборудованием и приборами,
- учебный класс для проведения компьютерного тестирования знаний по курсу;
- мультимедийное оборудование для демонстрации учебных материалов.

#### **9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

##### **9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».
2. Критерии оценки за экзамен:

для категории «знать»:

ниже базового уровня – 0;

базовый уровень – 1;

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 баллов;

базовый уровень – 1 балл;

выше базового уровня – 2 балла.

«отлично» - при сумме баллов 5;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

3. Вид экзамена – письменный экзамен.

4. Экзаменационный билет соответствует форме, утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования с учетом профессиональных стандартов. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 12. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3.

Продолжительность экзамена – 60 минут.

#### 5. База заданий, предъявляемая обучающимся на экзамене.

1. Особенности строения поверхностных слоев твердых тел. Адсорбция, десорбция, адгезия и когезия и их роль в процессах трения.

2. Микро- и наношероховатость поверхностей твердых тел. Характеристики микро- и наношероховатости. Методы измерения характеристик микро- и наношероховатости.

3. Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей. Дискретность контакта. Номинальная, контурная и фактическая площади контакта, их расчет по параметрам микрогеометрии и механическим свойствам материалов.

4. Упругий, пластический и упругопластический контакт. Критерии перехода от одного вида контакта к другому.

5. Классификация видов трения. Законы трения Амонтона и Кулона. Коэффициент трения, расчет коэффициента трения по параметрам микрогеометрии и физико-механическим свойствам поверхностных слоев. Современные представления о природе трения.

6. Влияние температуры на фрикционные характеристики контакта.

7. Трение качения. Влияние различных факторов на трение качения.

8. Классификация видов изнашивания. Характеристики основных видов изнашивания. Расчет интенсивности изнашивания и срока службы узла трения.

9. Случайный характер процесса изнашивания. Вероятностные характеристики процесса изнашивания.

10. Процесс приработки узлов трения, критерии его окончания, пути сокращения длительности процесса.

11. Модели разрушения поверхностей при различных видах изнашивания.
12. Понятие о смазке и смазочном действии. Жидкостная смазка. Диаграмма Герси - Штрибека. Граничная смазка.
13. Жидкие смазочные материалы. Присадки к смазочным маслам. Пластичные смазочные материалы и их основные свойства. Твердые смазочные материалы.
14. Требования к материалам для антифрикционных и фрикционных узлов трения.
15. Технологические способы повышения износостойкости поверхностных слоев деталей машин.
16. Конструктивные способы повышения износостойкости поверхностных слоев деталей машин.
17. Методы трибодиагностики и трибомониторинга.
18. Нанотрибология.
19. Триботехнологии в сварочном производстве: диффузионная сварка, сварка трением, электроконтактные виды сварки.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочными данными, ГОСТами и другими нормативными документами.

Пользование различными техническими устройствами не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов на экзаменационные вопросы задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках содержания экзаменационного билета, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

## **9.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме зачета**

Учебным планом зачет по дисциплине не предусмотрен.

## **9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы**

Учебным планом курсовая работа (проект) по дисциплине не предусмотрены.

## **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

На лекциях главное внимание следует уделять базовым вопросам курса и основным эффектам и явлениям. Дополнить конспект лекций студент должен, пользуясь рекомендованными учебниками, учебно-методическими пособиями и другими источниками информации. Для получения прочных знаний, твердых навыков и умений, необходима систематическая самостоятельная работа студента.

Лабораторный практикум ориентирован на экспериментальное изучение наиболее важных для практики машиностроения триботехнических понятий, явлений, экспериментальных методов, овладение техникой измерений и

корректной обработки их результатов. Необходимо, чтобы студенты самостоятельно проводили измерения, расчеты и анализ полученных результатов, грамотно и аккуратно оформляли отчет по каждой лабораторной работе. Следует учесть, что своевременно выполнить график лабораторного практикума невозможно без самостоятельной внеаудиторной подготовки студентов.

Студенты перед началом изучения дисциплины должны быть ознакомлены с системами зачетных единиц и правилами балльно-рейтинговой оценки.

#### **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами заседаний дисциплин, форма которых утверждена Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих ФГОС ВО.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Тверской государственный технический университет»**

Направление подготовки магистров – 15.04.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств

Направленность (профиль) – Технологии сварочного производства

Кафедра «Прикладная физика»

Дисциплина «Научные основы трибологии»

Семестр 2

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

Перечислите основные конструктивные способы повышения износостойкости поверхностных слоев деталей машин.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» по разделу **«Природа технических поверхностей и процессов контактного взаимодействия»** - 0 или 1 балл или 2 балла:

Рассчитайте фактическую площадь контакта поверхностей, механические и микрогеометрические характеристики которых приведены в таблице.

Материал детали	Характеристики микрогеометрии				Микро-твердость $H$ , МПа	Нагрузка на контакт $N$ , МН
	$Ra$ , мкм	$Rp$ , мкм	$r$ , мкм	$tm$		
Латунь	0,15	0,47	800	0,45	1500	0,8

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» по разделу **«Природа внешнего трения и процессов изнашивания»** - 0 или 1 или 2 балла:

Оцените величину линейного износа детали (толщину изношенного слоя) на пути трения  $L$  в результате абразивного изнашивания. Номинальная площадь контакта  $100 \text{ см}^2$ . Данные, необходимые для расчета, приведены в таблице.

Материал детали	Микро-твердость, $H$ , МПа	Путь трения, $L$ , км	Нагрузка на контакт $N$ , Н
Нержавеющая сталь	4600	200	50

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» - при сумме баллов 5;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель:

профессор кафедры «Прикладная физика» \_\_\_\_\_ В.В. Измайлов

Заведующий кафедрой «Прикладная физика» \_\_\_\_\_ А.Н. Болотов