

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НИИД
_____ А. А. Артемьев
« 01 _____ 09 _____ 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

обязательной дисциплины образовательного компонента
«Трение и износ в машинах»

Научная специальность подготовки научных и
научно-педагогических кадров в аспирантуре
2.5.3. Трение и износ в машинах

Форма обучения – очная.

Машиностроительный факультет.
Кафедра «Прикладная физика».
Семестры 6,7.

Тверь 2022

Рабочая программа соответствует ОХОП подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы,
профессор кафедры «Прикладная физика»

В.В. Измайлов

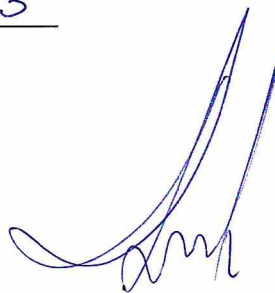
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
«Прикладная физика»

« 15 » сентя 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

А.Н. Болотов

Согласовано



Начальник отдела аспирантуры
и докторантуры



О.И. Туманова

Начальник отдела
комплектования
зональной научной библиотеки



О.Ф. Жмыхова

1. Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины. Формирование и совершенствование компетенций, необходимых для осуществления научной и профессиональной деятельности; расширение и углубление научно-исследовательской подготовки в соответствии с требованиями, установленными Федеральными государственными образовательными стандартами.

Задачами дисциплины являются:

- подготовка аспиранта к успешной аттестации планируемых конечных результатов освоения дисциплины;
- подготовка аспиранта к прохождению государственной итоговой аттестации;
- изучение современного состояния и возможных направлений развития и совершенствования трибологических систем, создания высокоэффективных экологически безопасных технических систем на основе теоретических и экспериментальных исследований;
- овладение принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков теоретического анализа ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новой техники и новых технологий, и нахождение практических путей решения возникших проблем;
- освоение основных существующих теоретических моделей, позволяющих описать явления трения и изнашивания, развитие навыков математического, в т.ч. компьютерного моделирования процессов трения, изнашивания и смазки, анализа достоверности и пределов применимости этих моделей;
- овладение навыками экспериментального исследования, разработки методик и экспериментального оборудования, анализа и представления результатов эксперимента.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к числу обязательных дисциплин Компонента 2 ОП ВО «Образовательный компонент» в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)» (Зарегистрирован в Минюсте РФ 23.11.2021 № 65943);

Промежуточная аттестация осуществляется в 6 и 7 семестрах.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1. Перечень компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП

ОК-5: Готов к проведению научных исследований по научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается диссертация.

3.2. Показатели достижения компетенции:

Знать:

31. основные физические теории трения, изнашивания и смазки на макро-, микро- и наномасштабном уровне.

32. принципы создания и выбора функциональных и конструкционных материалов триботехнических узлов с требуемыми свойствами для современных технических устройств.

33. методы аналитического и численного моделирования процессов трения и изнашивания.

Уметь

У1. применять новые физические теории и экспериментальные методы при проектировании и эксплуатации триботехнических систем.

У2. разрабатывать или выбирать функциональные и конструкционные материалы с оптимальными физико-механическими свойствами для заданных условий эксплуатации.

3.3. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций: проведение лекционных занятий, проведение практических занятий, самостоятельная работа.

4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость данной дисциплины 5 зачетных единиц, или 180 часов

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетных единиц	Академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	5	180
Аудиторные занятия (всего)		64
В том числе:		
Лекции		32
Практические занятия (ПЗ)		32
Семинары (С)		не предусмотрены
Лабораторный практикум (ЛП)		не предусмотрены
Самостоятельная работа (всего)		80+36 (экз)
В том числе:		
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы:		
Подготовка к выполнению и защите практических работ		20
Подготовка доклада (презентации)		28
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет, экзамен)		32+36 (экз)
Практическая подготовка (всего)		0

5. Структура и содержание дисциплины

Структура и содержание дисциплины построены по модульно-блочному принципу. Под модулем дисциплины понимается укрупненная логико-понятийная

тема, характеризующаяся общностью использованного понятийно-терминологического аппарата.

5.1. Структура дисциплины

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

№ пп	Наименование модуля	Трудоемкость, часы	Лекции	Практич. занятия	Сам. работа
6 семестр					
1	Строение и свойства материалов и их поверхностей	30	8	6	16
2	Механика и физика контактного взаимодействия твердых тел	42	8	10	24
Всего за семестр		72	16	16	40
7 семестр					
3	Физическая природа и закономерности трения и изнашивания твердых тел	60	10	10	20+20(экз)
4	Конструктивные и технологические способы создания триботехнических узлов с заданными характеристиками	48	6	6	20+16(экз)
Всего за семестр		108	16	16	40+36(экз)
Всего на дисциплину		180	32	32	80+36(экз)

5.2. Содержание дисциплины

Модуль 1. Строение и свойства материалов и их поверхностей

Силы связей в твердых телах. Изменение свойств твердых тел в зависимости от температуры.

Упругие свойства кристаллов. Модули упругости и упругие постоянные. Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Дефекты в кристаллах. Пластическая деформация, упрочнение при пластическом деформировании. Виды разрушения. Механизмы зарождения трещин. Вязкое, хрупкое разрушение. Поверхность твердых тел. Особенности строения и состава поверхностных слоев. Поверхностная энергия.

Сорбционные процессы. Физическая адсорбция и хемосорбция. Адсорбционное облегчение деформации. Адгезия и когезия. Виды адгезионного взаимодействия. Пленки на поверхностях твердых тел и механизмы их образования. Дисперсные системы.

Неметаллические материалы. Особенности структуры и свойств полимеров. Композиционные материалы.

Общие представления о реальной топографии поверхностей трения. Характеристики микрогеометрии поверхностей.

Модуль 2. Механика и физика контактного взаимодействия твердых тел

Механика контактного взаимодействия твердых тел. Дискретность контакта. Нано-, микро- и макро- масштабный уровень характеристик дискретного контакта. Номинальная, контактная и фактическая площади касания. Сближение поверхностей под нагрузкой. Расчет номинального давления и площади контакта с учетом параметров шероховатости, волнистости и макроотклонений. Экспериментальные способы определения фактических площадей касания и деформаций контакта.

Модуль 3. Физическая природа и закономерности трения и изнашивания твердых тел

Основные положения и развитие теории внешнего трения. Трение скольжения, качения и верчения. Трение покоя. Механизмы диссипации энергии при фрикционном взаимодействии.

Зависимости коэффициента внешнего трения от вида контакта, нагрузки, температуры, скорости скольжения, свойств материалов пары трения.

Природа трения качения. Опоры качения. Контактная прочность. Долговечность опор качения.

Классификация видов смазки (смазочного действия). Виды жидкостной смазки: гидродинамическая, гидростатическая, гидростатодинамическая, эластогидродинамическая.

Основные уравнения теории гидродинамической смазки. Критерии оценки работоспособности подшипников скольжения. Эластогидродинамическая смазка. Газовая смазка.

Граничная смазка. Природа и строение граничных слоев. Подход к подбору смазочных материалов по критерию предельной температуры.

Классификации смазочных материалов: по агрегатному состоянию, происхождению, способу получения, назначению. Жидкие смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент масел. Пластичные смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент пластичных смазок. Твердые смазочные материалы.

Классификация видов изнашивания. Количественные характеристики изнашивания. Основные закономерности изнашивания. Характеристика основных видов изнашивания: абразивное, гидроабразивное, кавитационное, усталостное, окислительное, при схватывании (заедании), при фреттинге, электроэрозионное, водородное, при избирательном переносе.

Модуль 4. Конструктивные и технологические способы создания триботехнических узлов с заданными характеристиками

Основы проектирования, подбора материалов и конструктивного оформления узлов трения. Выбор конструкционных материалов трибосистем с учетом их совместимости.

Металлические материалы для узлов трения различного назначения. Рекомендуемые области использования антифрикционных сплавов. Порошковые, керамические композиционные материалы для антифрикционных и фрикционных узлов трения.

Полимерные и металлополимерные композиционные материалы для подшипников, опор скольжения, тормозов и муфт сцепления.

Виды износостойких покрытий и упрочнения поверхностных слоев. Наплавка износостойких слоев. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Лазерное упрочнение. Упрочнение ионно-плазменной обработкой. Диффузионные покрытия. Механо-термическое формирование износостойких покрытий. Электрохимические покрытия.

Физическое моделирование процессов трения, изнашивания и смазки.

Трибометрия и трибодиагностика. Оценка вероятности безотказной работы и прогнозирование ресурса узлов трения.

Трение, износ и смазка в экстремальных условиях. Трение, сопровождаемое токообразованием.

5.3. Лабораторный практикум

Учебным планом не предусмотрен.

5.4. Практические и (или) семинарские занятия

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

Модули. Цели ПЗ	Тематика занятий	Трудоем- кость в часах
Модуль 1 Цель: систематизировать знания в области геометрических и физико-механических характеристик поверхности твердого тела	Профильный метод определения параметров структуры поверхности деталей машин.	6
Модуль 2 Цель: сформировать навыки теоретической оценки контактных характеристик пар трения.	Расчет фактической площади контакта	5
	Расчет контактной жесткости	5
Модуль 3. Цель: сформировать навыки теоретической оценки фрикционных характеристик пар трения.	Расчет коэффициента трения скольжения	5
	Расчет фрикционных характеристик подшипника скольжения при гидродинамическом режиме трения	5
Модуль 4. Цель: сформировать навыки теоретической оценки параметров надежности и долговечности пар трения.	Расчет интенсивности изнашивания и прогнозирование срока службы фрикционного соединения по критерию допустимого износа	6

5.5. Практикумы, тренинги, деловые и ролевые игры

Учебным планом не предусмотрены.

6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости

6.1. Цели самостоятельной работы

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, 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 практическим занятиям, к текущему контролю успеваемости, в подготовке доклада или презентации.

Таблица 4. Темы докладов (презентаций)

Модули	Возможная тематика доклада (презентации)
--------	------------------------------------------

Модуль 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Способы получения поверхностей деталей машин с регулярным микрорельефом. Преимущества таких поверхностей. 2. Инженерия поверхностей деталей машин. Применение инженерии поверхностей в трибологии. 3. Физические средства в инженерии поверхностей и трибологии: сканирующий туннельный микроскоп (STM), атомный силовой микроскоп (AFM), фрикционный силовой микроскоп (FFM)
Модуль 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Теории контактного взаимодействия шероховатых поверхностей (классические и современные) 2. Экспериментальные способы определения фактической площади контакта и жесткости контактного соединения.
Модуль 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Физические теории трения 2. Трение на наноуровне (нанотрибология). 3. Трение в вакууме. 4. Роль колебаний и вибрации в процессе трения. Положительные и отрицательные проявления колебаний и вибрации в трении. 5. Трение при обработке металлов давлением. 6. Трение при высоких и сверхвысоких скоростях 7. Классификация видов изнашивания. Природа основных видов изнашивания. 8. Изнашивание как случайный процесс. Вероятностный механизм изнашивания 9. Фреттинг-изнашивание, его природа и борьба с ним. 10. Современные методы трибодиагностики и трибомониторинга.
Модуль 4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Современные антифрикционные материалы. 2. Современные фрикционные материалы. 3. Современные износостойкие материалы. 4. Применение покрытий поверхностей трения для повышения их износостойкости 5. Современные методы восстановления изношенных поверхностей деталей машин. 6. Трибология на железнодорожном транспорте. 7. Трибология в автомобильном транспорте. 8. Биомедицинские аспекты трибологии. 9. Трибология микро/нанoeлектромеханических систем (МЭМС/НЭМС)

На практических занятиях обучающийся получает индивидуальное задание, которое состоит из типовых задач. Защита выполненного индивидуального

задания проводится в форме устного собеседования с преподавателем по решенным задачам

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=134491-8)

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.tver.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 : ТвГ-

- ТУ, 2016. - (УМК-П). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112881> . - (ID=112881-1)
5. Сутягин, О.В. Контакт шероховатых тел с твердосмазочными покрытиями : монография / О.В. Сутягин, А.Н. Болотов, М.В. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2014. - 123 с. : ил. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0726-8 : [б. ц.]. - (ID=104288-68)
 6. Сутягин, О.В. Контакт шероховатых тел с твердосмазочными покрытиями : монография / О.В. Сутягин, А.Н. Болотов, М.В. Васильев; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2014. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0726-8 : 0-00. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104029> . - (ID=104029-1)
 7. Беркович, И.И. Теоретические основы фрикционного взаимодействия дисперсных материалов с твердой поверхностью : монография / И.И. Беркович, А.Н. Болотов, Ю.И. Морозова; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2012. - 91 с. - Сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0624-7 : 20 р. 01 к. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/94698> . - (ID=94698-71)
 8. Болотов, А.Н. Триботехника магнитопассивных опор скольжения : монография / А.Н. Болотов; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - (ID=67550-1)
 9. Болотов, А.Н. Триботехника магнитопассивных опор скольжения : монография / А.Н. Болотов, В.Л. Хренов; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - 124 с. - Текст : непосредственный. - [б. ц.]. - (ID=67426-62)
 10. Болотов, А.Н. Восстановление изношенных деталей : обзор и анализ использования : монография / А.Н. Болотов, И.В. Горлов; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - Сервер. - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/75371> . - (ID=75371-0)
 11. Болотов, А.Н. Восстановление изношенных деталей : обзор и анализ использования : монография / А.Н. Болотов, И.В. Горлов; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - 108 с. : ил. - Библиогр. : с. 103 - 107. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0443-4 : [б. ц.]. - (ID=74010-7)
 12. Болотов, А.Н. Триботехника подшипниковых опор и направляющих скольжения с магнитной нагрузкой : теорет. и прикл. аспекты / А.Н. Болотов, В.Л. Хренов; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 1996. - 59 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-230-19405-7 : 11 р. 12 к. - (ID=729-4)
 13. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме зачета дисциплины Б.3.4 "Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук". Направление подготовки 15.06.01 (05.02.04) Машиностроение. Профиль: Трение и износ в машинах : в составе учебно-методического комплекса / Каф. Прикладная физика ; сост. А.Н. Болотов. - 2017. - (УМК-В). - Сервер. - Текст : электронный. - (ID=128095-0)
 14. Фонд оценочных средств дисциплины "Физические основы современных машиностроительных технологий". Направление подготовки 15.06.01 (05.02.04) Машиностроение. Профиль: Трение и износ в машинах : в составе

учебно-методического комплекса / Каф. Прикладная физика ; сост. А.Н. Болотов. - 2017. - (УМК-В). - Сервер. - Текст : электронный. - (ID=128107-0)

15. Учебно-методический комплекс обязательной дисциплины образовательного компонента "Трение и износ в машинах". Научная специальность подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре 2.5.3. "Трение и износ в машинах" : ФГОС 3++ / составитель А.Н. Болотов ; Кафедра "Прикладная физика". - 2022. - (УМК). - Текст : электронный. - URL: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/158142> . - (ID=158142-0)

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 2019 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>

8. Материально-техническое обеспечение

Для проведения учебных занятий по дисциплине «Трение и износ в машинах» имеются:

- научно-исследовательская лаборатория, оснащенная физическим оборудованием и приборами по тематике курса, мультимедийным оборудованием для демонстрации видеоматериалов;
- специализированный учебный класс для проведения тестирования знаний, оснащенный необходимым программным обеспечением.

9. Фонд оценочных средств 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;

для категории «уметь»:

отсутствие умения – 0 баллов;

базовый уровень – 1 балл;

выше базового уровня – 2 балла.

Оценка «отлично» - при сумме баллов 5;

Оценка «хорошо» - при сумме баллов 4;

Оценка «удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

Оценка «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 1. Обучающемуся даётся право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует.

Число экзаменационных билетов – 10. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3.

Продолжительность экзамена – 60 минут.

5. База заданий, предназначенных для предъявления обучающимся на экзамене.

1. 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.

2. Влияние температуры на фрикционные характеристики контакта.

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

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

5. Случайный характер процесса изнашивания. Вероятностные характеристики процесса изнашивания.

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

7. Модели разрушения поверхностей при различных видах изнашивания.

8. Понятие о смазке и смазочном действии. Жидкостная смазка. Диаграмма Герси - Штрибека. Граничная смазка.

9. Жидкие смазочные материалы. Присадки к смазочным маслам. Пластичные смазочные материалы и их основные свойства. Твердые смазочные материалы.
10. Требования к материалам для антифрикционных и фрикционных узлов трения.
11. Технологические способы повышения износостойкости поверхностных слоев деталей машин.
12. Конструктивные способы повышения износостойкости поверхностных слоев деталей машин.
13. Методы трибодиагностики и трибомониторинга.
14. Нанотрибология.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочных данных, стандартов. Пользование различными техническими устройствами не допускается. При желании экзаменуемого покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

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

9.2. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме зачета

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации – «зачтено», «не зачтено».
2. Вид промежуточной аттестации в форме зачета.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем:

по результатам текущего контроля знаний и умений обучающегося без дополнительных контрольных испытаний или по результатам выполнения дополнительного итогового контрольного испытания при наличии задолженностей по текущему контролю.

3. Для дополнительного итогового контрольного испытания обучающемуся в обязательном порядке предоставляется:

база заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении), задание выполняется письменно;

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытания и проставления зачёта.

При ответе на вопросы допускается использование справочными данными, методическими указаниями по выполнению практических заданий в рамках данной дисциплины.

Пользование различными техническими устройствами не допускается. При желании покинуть пределы аудитории во время дополнительного итогового контрольного испытания задание после возвращения экзаменуемого заменяется.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов вопросы задавать в устной форме уточняющие вопросы в рамках выданного задания.

Перечень вопросов дополнительного итогового контрольного испытания:

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

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

3. Физические средства контроля структуры и состава поверхностных слоев материалов твердых тел.

4. Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей. Дискретность контакта. Номинальная, контурная и фактическая площади контакта.

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

6. Модели процессов контактного взаимодействия с учетом параметров микрогеометрии, физико-механических свойств материалов, параметров окружающей среды, адгезионного взаимодействия, реологических свойств материалов.

Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачёта:

для категории «знать» (бинарный критерий):

Ниже базового уровня - 0 баллов.

Базовый уровень – 2 балла.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

Отсутствие умения – 0 баллов.

Наличие умения – 2 балла.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 4 или 6;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 2.

10. Число заданий для дополнительного итогового контрольного испытания -

Число вопросов – 3 (2 вопроса для категории «знать» и 1 вопрос для категории «уметь»).

Продолжительность – 60 минут.

4. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного итогового контрольного испытания в обязательном порядке описываются критерии проставления зачёта:

«зачтено» - выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий: посещение лекций в объеме не менее 80% контактной работы с преподавателем, выполнения практических заданий и презентации.

9.3. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы

Учебным планом курсовая работа и курсовой проект по дисциплине не предусмотрены.

10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Обучающиеся перед началом изучения дисциплины должны быть ознакомлены с системами зачетных единиц и правилами балльно-рейтинговой оценки, которые должны быть опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры.

Программа предусматривает обучение в рамках традиционной поточно-групповой системы. При поточно-групповой системе обучения последовательность изучения учебно-образовательных модулей определяется его номером. Все темы (модули) программы должны рассматриваться на лекционных занятиях на заданном уровне.

Рекомендуется обеспечить обучающихся, изучающих дисциплину, электронными учебниками, учебно-методическим комплексом по дисциплине, а также материалами для всех видов самостоятельной работы.

11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами заседаний кафедры.

Приложение 1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Научная специальность подготовки научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре 2.5.3 Трение и износ в машинах

Кафедра «Прикладная физика»

Дисциплина «Трение и износ в машинах»

Семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

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

Какой смазочный материал предпочтительнее для работы во влажной атмосфере:

а) солидол б) консталин в) литол г) любой из перечисленных

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 1 балл или 2 балла:

В соответствии с исходными данными, выданными преподавателем, рассчитайте момент сил трения в подшипнике и коэффициент гидродинамического трения. Для расчета воспользуйтесь формулой Петрова.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 1 или 2 балла:

В соответствии с исходными данными, выданными преподавателем, оцените величину линейного износа детали (толщину изношенного слоя) и линейную интенсивность изнашивания. Укажите, какому классу износостойкости она соответствует. Для расчета воспользуйтесь уравнением Хольма – Арчарда.

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

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

Научная специальность подготовки научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре 2.5.3 Трение и износ в машинах
Кафедра «Прикладная физика»
Дисциплина «Трение и износ в машинах»
Семестр 6

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО
ИСПЫТАНИЯ № 1**

- 1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 2 балла:*
Что такое номинальная, контурная и фактическая площади контакта деталей машин?
- 2. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 2 балла:*
Что такое поверхностная энергия? Какова ее природа? Как она влияет на процессы трения и изнашивания?
- 3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:*
В соответствии с исходными данными, выданными преподавателем, рассчитайте фактическую площадь контакта и фактическое контактное давление в контакте шероховатых металлических поверхностей.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 4 или 6;
«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 2.

Составитель:

профессор кафедры «Прикладная физика» _____ В.В. Измайлов

Заведующий кафедрой «Прикладная физика» _____ А.Н. Болотов