



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

03.03.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОСНОВЫ ТРИБОЛОГИИ И ТРИБОТЕХНИКИ

Направление подготовки (специальность)

15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

Направленность (профиль/специализация) программы

Системная инженерия в машиностроении

Уровень высшего образования - бакалавриат

Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения

очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 03.09.2015 г. № 957)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и машиностроения

25.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой



С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

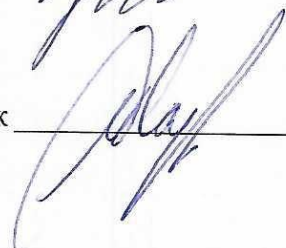
ст. преподаватель кафедры МиТОДиМ,



Е.Н. Ширяева

Рецензент:

доцент кафедры Механики, канд. техн. наук



М.В. Харченко

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины «Основы трибологии и триботехники» заключается в овладении знаниями о механизмах и закономерностях трения, умении решать насущные производственные вопросы, связанные со снижением энергопотерь на трение, износа трибосопряжений, а также умение проектировать и рассчитывать узлы трения с учетом трибологических аспектов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Основы трибологии и триботехники входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Информатика

Прикладная механика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

Композиционные материалы. Покрытия

Плакирование методами холодной обработки металлов давлением

Проектирование технологических процессов

Технологии и оборудование для обработки материалов давлением

Производственная - практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы трибологии и триботехники» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-15 умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования	
Знать	- Приемы выполнения теоретических, экспериментальных, вычислительных исследований по научно-техническому обоснованию инновационных технологий эксплуатации машин и оборудования; - Свойства конструкционных и смазочных материалов для трущихся деталей; - Методы и средства испытаний на трение и износ; - Тепловые процессы при трении, изнашивании и смазке

Уметь	- Пользоваться методикой прогнозирования измеримого износа; - Выбирать место подвода смазки в СОЖТ с помощью диаграммы износа; - Рассчитывать интегральную линейную интенсивность изнашивания; - Выполнять теоретические, экспериментальные, вычислительные исследования; - Проверять техническое состояние технологического оборудования; - Проверять остаточный ресурс технологического оборудования.
Владеть	- Навыками выполнения экспериментальных и вычислительных исследований узлов трения машин и механизмов; - Навыками организовывать профилактический осмотр оборудования; - Навыками организовывать текущий ремонт оборудования; - Навыками конструирования и расчета узлов трения разного назначения; - Навыками обеспечения необходимых условий для реализации гидростатической смазки.
ПК-17 умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения	
Знать	- Основные виды трения и изнашивания и механизмы их реализации; - Методологические принципы проектирования технологических систем; - Основные способы реализации технологических процессов; - Аналитические модели расчета гидродинамических опор скольжения; - Правила подбора материалов для изготовления узлов трения; - Современные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения.
Уметь	- Пополнять знания по научно-технической информации по направлению исследования в области разработки и эксплуатации машиностроительных производств; - Пользоваться методами статистической обработки данных; - Пользоваться прогрессивными методами эксплуатации технологического оборудования; - Обосновывать подбор материалов деталей или покрытий поверхностей трения этих деталей при конструировании основных типов трибосопряжений; - Пользоваться методами проведения триботехнических испытаний и способами управления параметрами контактного взаимодействия твердых тел.

Владеть	- Навыками реализации механизмов основных видов трения и изнашивания; - Навыками использования принципов подбора материалов для узлов трения; - Навыками применения статистических расчетов; - Навыками использования полученных знаний в практической деятельности. - Навыками использования теоретических знаний при решении практических вопросов по выбору комплекса мероприятий, направленных на повышение износостойкости деталей машин
---------	---

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 55 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 53 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1								
1.1 Перспективы развития инновационных технологий в трибологии. Механические и физико-химические свойства материалов и их поверхностей. Геометрические характеристики поверхностей деталей машин. Геометрические характеристики поверхностей деталей машин.	3	10		18/7,4И	26	Подготовка к семинарскому и практическому занятию.	Контрольная работа. Защита практических работ.	ПК-17, ПК-15
Итого по разделу		10		18/7,4И	26			
2. Раздел 2								
2.1 Трение при граничной смазке. Гидродинамическое трение. Трение качения. Изнашивание материалов и деталей машин. Трибометрия.	3	8		18/7И	27	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Подготовка к семинарскому, практическому занятию.	Защита практических работ. Контрольная работа. Устный опрос.	ПК-17, ПК-15
Итого по разделу		8		18/7И	27			
Итого за семестр		18		36/14,4И	53		зачёт	
Итого по дисциплине		18		36/14,4 И	53		зачет	ПК-17,ПК-15

5 Образовательные технологии

В ходе реализации видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании данной дисциплины используются:

Традиционные формы обучения с использованием инновационных методов:

- классические лекции для ознакомления с основными положениями и понятиями трибологии.

Активные и интерактивные формы обучения:

- вариативный опрос;
- устный опрос;
- совместный опрос в малых группах с анализом конкретных ситуаций по темам лабораторных работ.

Информационные технологии применяются для ознакомления со стандартами, чтения электронных учебников, справочной и периодической литературой.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Ю. В., Жиркин. Основы трибологии [Текст]: практикум / МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 51 с. : ил., табл., схемы. - ISBN 978-5-9967-1164-2 <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3642.pdf&show=dcatalogues/1/1524717/3642.pdf&view=true>.

2. Чиченев, Н.А. Эксплуатация технологических машин : учебник / Н.А. Чиченев. — Москва : МИСИС, 2014. — 324 с. — ISBN 978-5-87623-761-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116897> (дата обращения: 25.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность: Учеб. По сп. «Оборудование и технология повышения износостойкости и восстановление деталей машин и аппаратов», 4 изд. пер. и доп. — М. : «Изд. МСХА» 2001. — 616 с. (Библ. Код.: 621,8 Г 204)

2. Щурин, К.В. Надежность машин : учебное пособие / К.В. Щурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-3748-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121468> (дата обращения: 25.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Киселев, Б.Р. Триботехника. Повышение эффективности работы червячной передачи : монография / Б.Р. Киселев. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 204 с. — ISBN 978-5-8114-3199-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110919> (дата обращения: 25.02.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Смазка и смазывание подшипников скольжения машин. ГОСТ 18283-72, Термины и определения.

5. Икрамов У., Левитин М.А. Основы трибологии. Ташкент: Укитвучи,

1984.

6. Гаркунов Д.Н. Триботехника. М.:Машиностроение, 1986.
7. Хайнике. Трибохимия, М.:Мир, 1987.
8. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин. М.:Машиностроение, 1984.
9. ГОСТ 23.207-79, ГОСТ 23.208-79, ГОСТ 23.209-79, ГОСТ 23.210-80, ГОСТ 23.214-83, ГОСТ 23.204-78.
10. Коллинз. Поверхностная прочность материалов. М.:Мир, 1987.
11. Ханин М.В. Механическое изнашивание материалов. М., "Стандарты", 1984.
12. Гаевик Д.Т. Смазка оборудования на металлургических предприятиях: Учебник (для СПТУ)/Д.Т. Гаевик – М., 1998. – 329 с.: ил.
13. Навроцкий К.Д. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов: Учебник. – М.: Машиностроение, 1991. – 383 с.: ил.

в) Методические указания:

1. Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы трибологии» для студентов спец.1201. МГТУ, 2013.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	http://scopus.com
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лабораторный корпус с лабораторией сварки и лабораторией резания: Комплект печатных и электронных версий методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по те-мам. Лабораторное оборудование.

3. Учебная аудитория для проведения механических испытаний:

1) Машины универсальные испытательные на растяжение.

2) Мерительный инструмент.

3) Приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла.

4) Микротвердомер.

5) Печи термические.

4. Учебная аудитория для проведения металлографических исследований: Микроскопы МИМ-6, МИМ-7.

5. Учебные аудитории для проведения индивидуальных консультаций, текущего контроля и про-межуточной аттестации: Доска.

6. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Стеллажи, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

Приложение 1

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

По дисциплине «Основы трибологии и триботехники» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Самостоятельная работа студентов предполагает самостоятельное изучение учебной литературы, подготовку реферата, работу с литературой и каталогами в библиотеке на практических занятиях.

Темы рефератов

1. Предмет и объект изучения триботехники. Обобщенная техническая система. Причины появления и становления триботехники.
2. Физическая модель возникновения сил внешнего трения.
3. Условие равновесия элемента смазки в несущем слое. Вывод формулы распределения скоростей плоского течения масла в клиновидном зазоре.
4. Узлы трения машин. Назначение и классификация.
5. Механическая составляющая силы трения
6. Уравнение движения центра масс шипа. Переход к балансу сил.
7. Контакт твердых тел при трении. Три площади контакта и давления.
8. Молекулярная составляющая силы трения.
9. Особенности выбора мест подвода смазки в СОЖТ.
10. Понятие трения. Внутреннее трение.
11. Распределение скоростей плоского течения масла в радиальном зазоре. Система координат.
12. Характеристики изнашивания.
13. Реальная форма пятна контакта и ее модель. Учет влияния продольной и поперечной шероховатости на радиус кривизны модельного микровыступа. Определение радиуса кривизны микровыступа по профилограмме.
14. Необходимые условия для реализации гидростатической смазки.
15. Гидродинамическое давление и реакция смазочного слоя. Несущая способность.
16. Внешнее трение. Виды внешнего трения. Трение покоя.

Темы для подготовки к зачету

1. Износ поверхностей вращения при неизвестном направлении сближения.
2. Условия осуществления внешнего трения.
3. Гидродинамическое давление и реакция смазочного слоя. Несущая способность.
4. Система координат для задачи смазки СОЖТ.
5. Износ и изнашивание. Основные виды изнашивания.
6. Гидродинамическая смазка. Механизм возникновения избыточных ГДД в радиальной опоре скольжения. Преимущества, недостатки и области применения.
7. Алгоритм итерационного решения прямой ГД задачи.
8. Режимы трения и их характеристика.
9. Физическая модель усталостного изнашивания.
10. Методы теоретического исследования процессов смазки. Модель смазочного материала.
11. Геометрические характеристики тел при трении.
12. Эквивалентная шероховатость.
13. Отрицательные ГДД в смазочном слое. Вскипание смазки. Давление кавитации реальных масел.
14. Кривая опорной поверхности. Построение кривой опорной поверхности.

Аппроксимация кривой опорной поверхности.

15. Механизм образования несущего смазочного слоя при сдавливании смазочном слое.
16. Гипотезы конца несущей области смазочного слоя.
17. Механизм воспроизведения равновесной шероховатости поверхностей трения.
18. Назначение, основные способы смазки и смазочные материалы.
19. Основные геометрические размеры ГДО.
20. Причины отличия свойств поверхностных слоев от свойств основного материала твердых тел при трении.
21. Гидродинамическая смазка. Эффект “клина”.
22. Температурный диапазон надежной работы ГДО при стационарной нагрузке и сложном нагружении.
23. Магма-плазменная модель контактного взаимодействия.
24. Молекулярная составляющая силы трения.
25. Отрицательные ГДД в смазочном слое. Вскипание смазки. Давление кавитации реальных масел.
26. Структура поверхности твердого тела при трении.
27. Гидростатическая смазка. Механизм создания избыточных давлений в смазочном слое. Преимущества, недостатки и область применения.
28. ГДО. Достоинства и недостатки ГДО.
29. Схема основных факторов при фрикционном взаимодействии твердых тел.
30. Установочный зазор в ГДО. Назначение. Диаметральный, радиальный и относительный установочный зазоры.
31. Назначение канавок и карманов в ГДО. Требования для выбора мест подвода смазки в опору. Варианты выполнения канавок.
32. Виды нарушения фрикционной связи.
33. Торцевое истечение смазки в СОЖТ. Коэффициент торцевого расхода.
34. Понятие фрикционной связи. Основные факторы, влияющие на характер нарушения фрикционной связи и комплекс процессов, протекающих в поверхностных слоях и микрообъемах.
35. Выбор места подвода смазки в СОЖТ с помощью диаграммы износа.
36. Составляющие главного вектора сил ГДД, их определение.
37. Торцевое истечение смазки из опоры скольжения. Вывод формулы для распределения скоростей в зазоре.
38. Уравнение Рейнольдса для давлений в смазочном слое СОЖТ. Размерный и безразмерный вид уравнения.
39. Суммарный коэффициент трения для единичного контакта.
40. Работа ГДО в период пуска. Роль антифрикционного слоя.
41. Базовые уравнения ГД задачи смазки.
42. Коэффициент трения шероховатых поверхностей.
43. Функция зазора.
44. Свойство саморегулируемости ГДО.
45. Расчет интегральной линейной интенсивности изнашивания.
46. Понятие абразива. Механизм изнашивания о неподвижно закрепленные частицы. Простейшая модель.
47. Траектория движения центра шипа в подшипнике при изменении нагрузки.
48. Основные закономерности процессов контактного взаимодействия скользящих поверхностей.
49. Механизм изнашивания под действием незакрепленного абразива. Три случая абразивного износа.
50. Методы решения уравнения Рейнольдса.
51. Интенсивность изнашивания при микрорезании для хрупких и пластичных материалов.
52. Теория изнашивания фирмы IBM. Нулевой износ.
53. Классификация сопряжений по условиям их изнашивания.

54. Обобщенное уравнение Рейнольдса для поля ГДД в смазочном слое. Граничные условия для давлений.
55. Модель короткой опоры.
56. Требования к материалам узлов трения. Классификация узлов с внешним трением.
57. Режимы работы ГДО. Диаграмма Герси-Штрибека.
58. Модель опоры бесконечной длины.
59. Геометрия смазочного слоя. Учет погрешностей формы.
60. Измеримый износ. Два типа износа А и Б.
61. Энергетическая теория Фляйшера. Формула для расчета линейной интегральной интенсивности изнашивания.
62. Расчеты характеристик смазочного слоя короткой опоры.

Самостоятельная работа студентов построена таким образом, что в процессе работы студенты закрепляют знания, полученные в процессе теоретического обучения, тем самым формируют профессиональные умения и навыки.

В процессе изучения дисциплины осуществляется текущий и периодический контроль над результатами освоения учебного курса.

Текущий контроль осуществляется непосредственно в процессе усвоения, закрепления, обобщения и систематизации знаний, умений, владения навыками и позволяет оперативно диагностировать и корректировать, совершенствовать знания, умения и владение навыками студентов, обеспечивает стимулирование и мотивацию их деятельности на каждом занятии. Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса (собеседования).

Периодический контроль, цель которого обобщение и систематизация знаний, проверка эффективности усвоения студентами определенного, логически завершенного содержания учебного материала, осуществляется в форме защиты практических работ

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

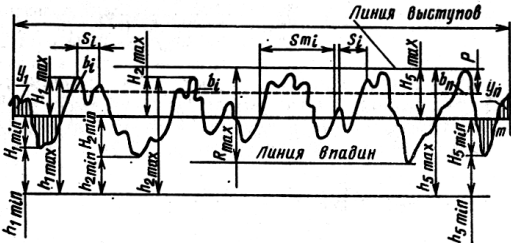
Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-15 умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования		
Знать	- Приемы выполнения теоретических, экспериментальных, вычислительных исследований по научно-техническому обоснованию инновационных технологий эксплуатации машин и оборудования; - Свойства конструкционных и смазочных материалов для трущихся деталей; - Методы и средства испытаний на трение и износ; - Тепловые процессы при трении, изнашивании и смазке	Вопросы для подготовки к зачету 1. Структура поверхности твердого тела при трении. 2. Гидростатическая смазка. Механизм создания избыточных давлений в смазочном слое. Преимущества, недостатки и область применения. 3. ГДО. Достоинства и недостатки ГДО. 4. Схема основных факторов при фрикционном взаимодействии твердых тел. 5. Установочный зазор в ГДО. Назначение. Диаметральный, радиальный и относительный установочный зазоры. 6. Назначение канавок и карманов в ГДО. Требования для выбора мест подвода смазки в опору. Варианты выполнения канавок. 7. Виды нарушения фрикционной связи. 8. Торцевое истечение смазки в СОЖТ. Коэффициент торцевого расхода. 9. Понятие фрикционной связи. Основные факторы, влияющие на характер нарушения фрикционной связи и комплекс процессов, протекающих в поверхностных слоях и микрообъемах. 10. Выбор места подвода смазки в СОЖТ с помощью диаграммы износа. 11. Составляющие главного вектора сил ГДД, их определение.
Уметь:	- Пользоваться методикой прогнозирования измеримого износа;	Пример 1 (см. рис. б) Предположим, что два элемента прибора могут работать в удовлетворительном и неудовлетворительном режимах с вероятностями P_1 и $P_2 = 1 - P_1$.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	- Выбирать место подвода смазки в СОЖТ с помощью диаграммы износа; - Рассчитывать интегральную линейную интенсивность изнашивания; - Выполнять теоретические, экспериментальные, вычислительные исследования; - Проверять техническое состояние технологического оборудования; - Проверять остаточный ресурс технологического оборудования.	Вероятность безотказной работы каждого элемента в этих условиях соответственно равны p_1 и p_2. Определить ожидаемую надёжность работы прибора, если $P_1 = 0,8$; $P_2 = 0,2$; $p_1 = 0,6$; $p_2 = 0,4$. Дать определение понятия R_z. (R_z – Высота неровностей профиля по десяти точкам – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наименьших впадин профиля в пределах базовой длины (см. рис.)) $R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_{p_i} + \sum_{i=1}^5 y_{v_i} \right),$ где y_{p_i} - высота i - того выступа; y_{v_i} - глубина i - той впадины. Пример 2 (см. рис. в) Расчётная схема аналогична рассмотренной предыдущей схеме, но отличие состоит в том, что один из узлов в данном варианте резервирует другой, причём количество рабочих элементов в них n_1 и n_2 соответственно, а надёжность равна: $p_1 = p_{n1}$ и $p_2 = p_{n2}$. Требуется оценить надёжность устройства, считая, что вероятность безотказной работы всех последовательно соединённых элементов по узлам одинакова и

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		Рис. 9. Расчётные схемы соединений, представленные в виде блоков, для расчёта надёжности равна 0,95. Пример 3 Изучить работы трибометра СМЦ-2 с различными модельными трибосистемами; освоение методик определения износа образцов и силы трения, расчёта характеристик изнашивания. Пример 4 Требуется проверить теоретические закономерности на существующих моделях. Порядок проведения: 1. Изучение лабораторных моделей. 2. Задание граничных условий в моделях и параметров эксперимента. 3. Снятие зависимости перемещения от времени и анализ периода колебаний, частоты колебаний. 4. Изменение параметров эксперимента и проведение его повторно, снятие временных характеристик. 5. Сравнение результатов и оформление отчета с выводами Пример 5 Экспериментальное определение величины износа при испытаниях пар трения по схемам кольцо - вкладыш (трение скольжения) и ролик по ролику (трение качения). Расчет основных параметров изнашивания и построение графиков износа. Испытания на изнашивания проводятся на специальных машинах, одной из них является машина СМЦ-2

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть:	- Навыками выполнения экспериментальных и вычислительных исследований узлов трения машин и механизмов; - Навыками организовывать профилактический осмотр оборудования; - Навыками организовывать текущий ремонт оборудования; - Навыками конструирования и расчета узлов трения разного назначения; - Навыками обеспечения необходимых условий для реализации гидростатической смазки.	Вопросы для самостоятельной работы Тема 1. Определение коэффициента трения скольжения на горизонтальной плоскости Тема 2. Определение коэффициента трения покоя Тема 3. Определение параметров автофрикционных колебаний Тема 4. Исследование трибологических свойств различных материалов Тема 5. Изучение способов смазки и классификации смазок. Тема 6. Изучение конструкции подшипников
ПК-17: умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения		
Знать	- Основные виды трения и изнашивания и механизмы их реализации; - Методологические принципы проектирования технологических систем; - Основные способы реализации технологических процессов; - Аналитические модели расчета гидродинамических опор скольжения;	Вопросы для подготовки к зачету 1. Понятие «трибологии». 2. Понятие «трибохимии». 3. Понятие «трибофизики». 4. Понятие «трибометрии». 5. Что такое «внешнее трение». 6. Определение «изнашивания» и «износа». 7. Определение «износостойкости». 8. Определение «силы трения». 9. Определение «коэффициента трения». 10. Назвать основные зоны поверхностного слоя детали.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	- Правила подбора материалов для изготовления узлов трения; - Современные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения.	11. Что понимается под «качеством поверхности»? 12. Назвать основные геометрические погрешности поверхностей после их обработки. 13. Что понимают под «волнистостью поверхности»? 14. Дать определение «шероховатости поверхности».
Уметь:	- Пополнять знания по научно-технической информации по направлению исследования в области разработки и эксплуатации машиностроительных производств; - Пользоваться методами статистической обработки данных; - Пользоваться прогрессивными методами эксплуатации технологического оборудования; - Обосновывать подбор материалов деталей или покрытий поверхностей трения этих деталей при конструировании основных типов трибосопряжений; - Пользоваться методами проведения триботехнических испытаний и способами управления параметрами контактного взаимодействия твердых тел.	Примеры практических заданий 1. Дать понятие R_a.  The diagram shows a surface profile with peaks and valleys. Key parameters labeled include: S_L (wavelength), S_{mi} (mean wavelength), S_L (wavelength), R_{max} (maximum height), R_{min} (minimum height), R_z (height of irregularities), R_a (arithmetic mean roughness), R_q (root mean square roughness), R_{pm} (maximum profile height), R_{vm} (maximum profile depth), R_{sm} (mean profile height), R_{sm} (mean profile depth), R_{sm} (mean profile height), R_{sm} (mean profile depth). $R_a = \frac{1}{l} \int_0^l y(x) dx \quad \text{или} \quad R_a = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n y(x) $ 2. Дать понятие R_z. (R_z – Высота неровностей профиля по десяти точкам – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наименьших впадин профиля в пределах базовой длины (см. рис.)) $R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_{p_i} + \sum_{i=1}^5 y_{v_i} \right),$ где y_{p_i} - высота i - того выступа;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		y_{v_i} - глубина i - той впадины. 3. Чем обусловлена поверхностная энергия твердого тела? 4. Что такое «эффект Ребиндера»? (см. рис.) Рис. Расклинивающие адсорбционные силы при внутреннем адсорбционном эффекте: F – силы адсорбции; Q – расклинивающие силы 5. Что такое «остаточные напряжения»? Чем они обусловлены? 6. Опишите механизм контактирования поверхностей. 7. Классификация видов трения в зависимости от наличия смазочного материала. 8. Назовите основные стадии изнашивания пар трения. (см. рис.) 9. Назовите основные виды изнашивания рабочих поверхностей. 10. Что такое «эффект безызносности»?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть:	- Навыками реализации механизмов основных видов трения и изнашивания; - Навыками использования принципов подбора материалов для узлов трения; - Навыками применения статистических расчетов; - Навыками использования полученных знаний в практической деятельности. - Навыками использования теоретических знаний при решении практических вопросов по выбору комплекса мероприятий, направленных на повышение износостойкости деталей машин	Вопросы для самостоятельной работы Тема 1. Перспективы развития инновационных технологий в трибологии Тема 2. Механические и физико-химические свойства материалов и их поверхностей Тема 3. Геометрические характеристики поверхностей деталей машин Тема 4. Геометрические характеристики поверхностей деталей машин Тема 5. Трение при граничной смазке. Тема 6. Гидродинамическое трение. Тема 7. Трение качения. Тема 8. Изнашивание материалов и деталей машин Тема 9. Трибометрия

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «*Основы трибологии и триботехники*» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачёта и в форме выполнения и защиты результатов практических занятий.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- «зачтено» – обучаемый должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- «не зачтено» – обучаемый не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.