



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

15.02.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОСНОВЫ ТРИБОЛОГИИ

Направление подготовки (специальность)

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Направленность (профиль/специализация) программы
Системная инженерия машиностроительных технологий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

| | |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалообработки |
| Кафедра | Машины и технологии обработки давлением и машиностроения |
| Курс | 4 |
| Семестр | 7 |

Магнитогорск
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 г. № 1044)

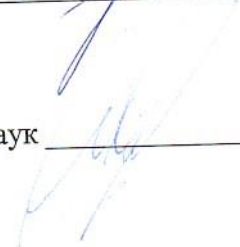
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
26.01.2022, протокол № 3

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
15.02.2022 г. протокол № 6

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 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Машин 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 Машин 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 Машин и технологии обработки давлением и

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Машин 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 входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Физика

Информатика

Прикладная механика

Логика решений технических задач

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

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Основы надежности технологических систем

Технология машиностроения

Технология и оборудование для производства металлоконструкций

Проектная деятельность

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

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

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции |
|----------------|---|
| ОПК-8 | Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа; |
| ОПК-8.1 | Участвует в разработке исследовательских задач, связанных с машиностроительными производствами |
| ОПК-8.2 | Выбирает критерии оценки исследований в области машиностроения |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 55,9 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 52,1 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. | 7 | 26 | 9 | | 26 | Подготовка к семинарскому и практическому занятию. | Контрольная работа. Защита практических работ. | ОПК-8.1, ОПК-8.2 |
| Итого по разделу | | 26 | 9 | | 26 | | | |
| 2. Раздел 2 | | | | | | | | |
| 2.1 Трение при граничной смазке. Гидродинамическое трение.. Трение качения. Изнашивание материалов и деталей машин. Трибометрия. | 7 | 10 | 9 | | 26,1 | Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Подготовка к семинарскому, практическому занятию. | Защита практических работ. Контрольная работа. Устный опрос. | ОПК-8.1, ОПК-8.2 |
| Итого по разделу | | 10 | 9 | | 26,1 | | | |
| Итого за семестр | | 36 | 18 | | 52,1 | | зачёт | |
| Итого по дисциплине | | 36 | 18 | | 52,1 | | зачет | |

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 три-бологии.

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. Шурин, К.В. Надежность машин : учебное пособие / К.В. Шурин. — 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, 2018.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
|-----------------|------------|------------------------|
| 7Zip | свободно | бессрочно |
| FAR Manager | свободно | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|---|---|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar) | URL: https://scholar.google.ru/ |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова | https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных | http://scopus.com |

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.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся
По дисциплине предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся, которая предполагает выполнение практических работ

Темы 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 10. Трибометрия
- Тема 11. Проверка состояния масла
- Тема 12. Тесты состояния масла
- Тема 13. Испытание износа металла
- Тема 14. Феррография Тест
- Тема 15. Наука о поверхности и интерфейсе
- Тема 16. Анализ поверхности
- Тема 17. Состав поверхности металла, толщина и твердость

Вопросы для самостоятельной работы

1. Абразивное изнашивание. Адгезионное изнашивание. Износ как перенос материала из зоны трения.
2. Влияние фрикционных колебаний на прочность деталей. Причины фрикционных автоколебаний в их проявление в технике.
3. Дефекты кристаллического строения и их общие свойства. Макроструктура твёрдых тел (поликристаллы). Аморфные структуры твёрдых тел.
4. Деформации упругого полупространства под влиянием поверхностных сил. Теория контактного взаимодействия Герца. Контакт упругих тел с искривленной поверхностью.
5. Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы. Касательная контактная задача при отсутствии проскальзывания.
6. Деформация упругого полупространства под действием сосредоточенной и распределенной силы. Касательная контактная задача с учетом микропроскальзывания..
7. Зависимость коэффициента трения от различных условий: продолжительности контакта, нормальной силы, шероховатости поверхности контакта, скорости скольжения. Теория Боудена и Тейбора.
8. Зависимость коэффициента трения от температуры. Температурные вспышки в микроконтакте. Термомеханическая неустойчивость.
9. Закон Кулона. Трение покоя и трение скольжения. Угол трения. Физическая природа сил трения: механическое сопротивление, действие электромагнитных сил. Коэффициент трения.
10. Контакт твердого тела с упругим полупространством. Теория нормального контактного взаимодействия с адгезией Джонсона.
11. Контактные взаимодействия упругих тел при качении. Распределение напряжений в месте контакта тел при качении.
12. Модель контактного взаимодействия Гринвуда и Вильямсона. Пластическая деформация шероховатостей. Электрические контакты. Тепловые контакты.
13. Молекулярно–механическая теория трения. Деформационно–адгезионная теория трения. Закон аддитивности трения.

14. Неустойчивость, обусловленная зависимостью коэффициента трения от скорости скольжения и в системе с распределенной упругостью.
15. Особенности проявления трения и контактного взаимодействия между телами. Развитие механики контактного взаимодействия и физики трения. Классификация трения.
16. Причины фрикционного контактного взаимодействия.
17. Простые контактные задачи. Качественные методы оценки контактов с трехмерными упругими телами.
18. Релаксация напряжений и диссипация энергии в вязкоупругом материале. Реологические модели эластомеров. Модель резины. Изменение модуля сдвига эластомеров.
19. Силы межмолекулярного взаимодействия. Силы Ван-дер-Ваальса и их влияние на поверхностный слой материалов. Клейкая лента.
20. Стандартная классификация видов изнашивания трибопар. Водородное изнашивание. Изнашивание при избирательном переносе.
21. Термодинамическая модель трения. Уравнения энергетического баланса трения. Энергетическая интерпретация коэффициента трения Леонардо да Винчи.
22. Трибологические системы со смазкой. Гидродинамическая теория смазки. Вязкая адгезия. Реология смазочных материалов.
23. Трибологические системы со смазкой. Граничная смазка. Эластогидродинамическая смазка. Твердые смазки.
24. Условия для трения с минимальным износом. Износ эластомеров. Влияние ультразвуковых колебаний на силу трения.
25. Физическая природа сил адгезии. Адгезия между телами с искривленной поверхностью. Качественные оценки сил адгезии между упругими телами. Влияние шероховатости поверхности на адгезию.
26. Физическая природа сил адгезии. Адгезия между телами с искривленной поверхностью. Качественные оценки сил адгезии между упругими телами. Влияние шероховатости поверхности на адгезию.
27. Фрикционные колебания и способы борьбы с ними. Влияние фрикционных колебаний на износ деталей.
28. Электрические контакты. Тепловые контакты. Механическая жесткость контактов. Уплотнения. Шероховатость и адгезия.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

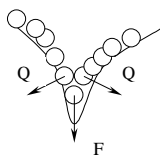
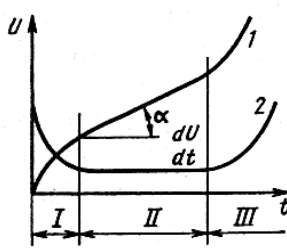
Данный раздел состоит из двух пунктов:

- а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.
- б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|--|--|--|
| ОПК-8: Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа; | | |
| ОПК-8.1: | Участвует в разработке исследовательских задач, связанных с машиностроительными производствами | <p>Вопросы для подготовки к зачету</p> <ol style="list-style-type: none"> 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. 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». 15. Дать понятие R_a. |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|----------------|----------------------------------|--|
| | | <p> $R_a = \frac{1}{l} \int_1^l y(x) dx \quad \text{или} \quad R_a = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n y(x)$ </p> <p>16. 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.))</p> $R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_{p_i} + \sum_{i=1}^5 y_{v_i} \right),$ <p>где y_{p_i} - высота i - того выступа;</p> <p>y_{v_i} - глубина i - той впадины.</p> <p>17. Чем обусловлена поверхностная энергия твердого тела?</p> <p>18. Что такое «эффект Ребиндера»? (см. рис.)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Рис. Расклинивающие адсорбционные силы при внутреннем адсорбционном эффекте: F – силы адсорбции; Q – расклинивающие силы</p> <p>19. Что такое «остаточные напряжения»? Чем они обусловлены?</p> <p>20. Опишите механизм контактирования поверхностей.</p> <p>21. Классификация видов трения в зависимости от наличия смазочного материала.</p> <p>22. Назовите основные стадии изнашивания пар трения. (см. рис.)</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>23. Назовите основные виды изнашивания рабочих поверхностей.</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства |
|----------------|--|--|
| | | 24. Что такое «эффект безызносности»? 25. |
| ОПК-8.2: | Выбирает критерии оценки исследований в области машиностроения | Темы рефератов и докладов 1. Значимость трибологии и триботехники в машиностроении. 2. История развития науки о трении. 3. Кристаллическая структура твёрдых тел. 4. Дефекты кристаллического строения и их причины. 5. Деформации тел. Виды деформаций. 6. Механизмы пластической деформации. 7. Молекулярно–механическая теория трения. 8. Деформационно–адгезионная теория трения. 9. Основные характеристики фрикционных связей. 10.Классификация видов изнашивания трибопар. 11.Функционально-физический принцип смазки. 12.Обобщённые характеристики видов разрушения. 13.Методы прогнозирования по адгезионным исследованиям. 14.Методы прогнозирования по когезионным характеристикам. 15.Методы прогнозирования по характеру поведения физико-механических свойств материалов. |

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

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.

Промежуточная аттестация включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, умений и владений, и проводится в форме опроса с учетом выполнения заданий по практическим работам.

Показатели и критерии оценивания:

- «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