



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)**

***ТЕОРИЯ ИЗНАШИВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА***

Направление подготовки (специальность)  
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Направленность (профиль/специализация) программы  
Технология современных обрабатывающих комплексов

Уровень высшего образования - магистратура

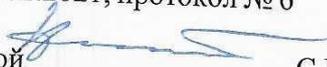
Форма обучения  
очная

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

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 г. № 1045)

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:  
профессор кафедры МиТОДиМ, д-р техн. наук  Д.В. Терентьев

Рецензент:  
профессор кафедры Механики, д-р техн. наук  О.С. Железков

## 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

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Теория изнашивания технологического инструмента» является овладение студентами знаниями, умениями и навыками, необходимыми для выполнения задач технологического проектирования с применением средств виртуального моделирования как деталей машин так и технологических процессов их изготовления.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Теория изнашивания технологического инструмента входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Наукоёмкие конструкторско-технологические решения

Современные обрабатывающие комплексы

Современные проблемы инструментального обеспечения

Конструирование оборудования с числовым программным управлением

Средства измерений и методы обработки результатов исследований в машиностроении

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

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная - преддипломная практика

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория изнашивания технологического инструмента» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен внедрять средства автоматизации и механизации производственных процессов механосборочного производства
ПК-1.1	Разрабатывает предложения по внедрению автоматизации и механизации производственных процессов механосборочного производства

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 37 академических часов;
- аудиторная – 36 академических часов;
- внеаудиторная – 1 академический час;
- самостоятельная работа – 107 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1. Геометрические характеристики поверхностей деталей.								
1.1 Введение в теорию трения и изнашивания.	3	4		3/2И	21	Выполнение лабораторных работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Лабораторная работа	
Итого по разделу		4		3/2И	21			
2. Раздел 2. Трение.								
2.1 Виды трения в узлах машин. Теория внешнего трения.	3	2		3/1И	21	Выполнение лабораторных работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Лабораторная работа	
2.2 Расчет коэффициента трения.		3		3/2,2И	12	Выполнение лабораторных работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Лабораторная работа	

2.3 Факторы, влияющие на коэффициент трения: нагрузка, температура в зоне контакта, микрогеометрия поверхности, физико-механические свойства твердых тел.		2		3	12	Выполнение лабораторных работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Лабораторная работа	
2.4 Трение качения, его природа, факторы влияющие на сопротивление качению.		3		3/ИИ	16	Выполнение лабораторных работ (решение задач, письменных работ и т.п.), предусмотренных рабочей программой дисциплины	Лабораторная работа	
Итого по разделу		10		12/4,2И	61			
3. Раздел 3. Изнашивание трущихся тел.								
3.1 Основные процессы изнашивания. Классификация видов изнашивания.	3	4		3/ИИ	25	Устный опрос	Устный опрос	
Итого по разделу		4		3/ИИ	25			
Итого за семестр		18		18/7,2И	107		зао	
Итого по дисциплине		18		18/7,2И	107		зачет с оценкой	

## **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, понятиями и закономерностями технологии машиностроения, проводимые с использованием мультимедийного оборудования;

Активные и интерактивные формы обучения:

- вариативный опрос;  
- устный опрос;  
- совместная работа в малых группа (подгруппах) с анализом конкретных ситуаций по темам лабораторных работ.

Информационные технологии применяются для ознакомления со стандартами, чтения электронных учебников, справочной и периодической литературы по темам дисциплины при выполнении самостоятельной работы.

## **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. Вереина, Л. И. Конструкции и наладка токарных станков : учебное пособие / Л.И. Вереина, М.М. Краснов ; под общ. ред. Л.И. Вереиной. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 480 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013960-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167959> (дата обращения: 18.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Баженов, Ю. В. Основы теории надежности машин : учебное пособие / Ю.В. Баженов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015377-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1023805> (дата обращения: 03.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Доценко, А. И. Основы триботехники : учебник / А.И. Доценко, И.А. Буяновский. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 336 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-014515-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1069050> (дата обращения: 03.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

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: 03.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Повышение износостойкости и долговечности машин и механизмов на транспорте: Труды четвертого международного симпозиума по транспортной триботехнике "Транстрибо-2010" / Под общ. ред. С.Г. Чулкина и П.М. Лысенкова. — СПб.: Изд-во "ЛОМО-Инфраспек", 2010. - 348 с.

**в) Методические указания:**

1. Трибология. Лабораторный практикум: учебное пособие / А. В. Коломейченко, И. Н. Кравченко, Ю. А. Кузнецов [и др.] ; под редакцией А. В. Коломейченко. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 168 с. — ISBN 978-5-8114-4912-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/143247>.

2. Жиркин, Ю. В. Основы теории трения и изнашивания (основы триботехники) [Электронный ресурс] : учебное пособие. - 2-е изд., подгот. по печ. изд. 2007 г. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=985.pdf&show=dcatalogues/1/1119119/985.pdf&view=true> - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - 100 p.

**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	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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 темам. 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 промежуточной аттестации: Доска.

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

По дисциплине «Теория изнашивания технологического инструмента» предусмотрено аудиторных самостоятельных работ обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач.

### **Примерные контрольные работы:**

*Контрольная работа №1:*

Методы определения температуры в зоне трения при различных значениях нагрузки скорости взаимного перемещения контактных поверхностей.

### **Пример тем лабораторных работ по дисциплине «Триботехника технологического трения»**

Лабораторная работа №1 Расчет интенсивности изнашивания при упругом контакте

Лабораторная работа №2 Расчет коэффициента трения качения

Лабораторная работа №3 Исследование характеристик микрогеометрии рабочей поверхности деталей

Лабораторная работа №4 Трение в подшипниках скольжения

Лабораторная работа №5 Трение в подшипниках качения

Лабораторная работа №6 Контактные задачи в трибологии

Лабораторная работа №7 Исследование микротвердости деталей пары трения

Лабораторная работа №8 Расчет момента сил трения в паре вращения

Лабораторная работа №9 Способы определения и исследование износа деталей машин

Лабораторная работа №10 Проведение испытаний материалов на изнашивание

а) Контрольные вопросы по дисциплине:

1. В чем заключается суть науки трибологии?
2. Что такое триботехника?
3. Перечислите разделы трибологии.
4. Что такое трение покоя?
5. Что такое предварительное смещение?
6. Что такое наибольшая сила трения покоя?
7. Что такое внешнее трение?
8. Что такое внутреннее трение?
9. Что такое сила трения?
10. Что такое коэффициент трения?
11. Что такое коэффициент сцепления?
12. Что такое трение движения?
13. Перечислите виды трения движения.
14. Что такое скорость скольжения?
15. Что является трением без смазочного материала?
16. Что такое поверхность трения?
17. Что такое изнашивание?
18. Что такое износ?
19. Что такое износостойкость?
20. Что такое адсорбция?
21. Что такое смазочный материал?
22. Что такое смазка?
23. Что такое смазывание?
24. Что такое наклеп?
25. В чем заключается правило положительного градиента механических свойств?
26. Перечислите виды геометрических погрешностей.

27. Что такое волнистость поверхности?
28. Что такое шероховатость поверхности?
29. Что такое профилограмма шероховатости?
30. Перечислите показатели качества поверхности.
31. Что такое номинальная площадь контакта?
32. Что такое контурная площадь контакта?
33. Что такое фактическая площадь контакта?
34. Перечислите возможные деформации выступов.
35. В чем сходство внешнего и внутреннего трения?
36. В чем принципиальные отличия внешнего и внутреннего трения?
37. Каково необходимое условие для обеспечения внешнего трения?
38. В чем заключается молекулярно-механическая теория трения?
39. Перечислите виды взаимодействия твердых тел при контакте.
40. Чем ненасыщенный контакт отличается от насыщенного контакта?
41. Чем упругий контакт отличается от пластического?
42. Перечислите основные методы для осуществления положительного градиента сдвигового сопротивления.
43. Что такое третье тело?
44. Перечислите режимы трения при трении скольжения.
45. В чем особенность граничной смазки?
46. В чем особенность полужидкостной смазки?
47. В чем особенность жидкостной смазки?
48. Что такое адгезия?
49. Что такое когезия?
50. Перечислите основные виды изнашивания.
51. Перечислите три периода в изнашивании деталей машин.
52. Перечислите методы измерения износов.
53. Перечислите функции, которые должен выполнять смазочный материал.

б) перечень вопросов, выносимых на зачет с оценкой по теоретической части:

1. Трибология, триботехника (определение).
2. Процесс трения в общем виде (входные и выходные параметры).
3. Особенность строения и свойство твердых тел.
4. Свободная поверхностная энергия. Внешняя и внутренняя поверхность твердого тела.
5. Фактическая и контурная площади контактов.
6. Взаимодействия выступов контактирующих поверхностей.
7. Адсорбционный эффект понижения прочности (эффект Ребиндера).
8. Структура поверхностного слоя материала.
9. Внешнее трение твердых тел. Неполная сила внешнего трения покоя. Сила внешнего трения покоя. Сила внешнего трения скольжения. Трение без смазки. Граничное трение.
10. Основные положения теории внешнего трения (триады Крагельского и Чичинадзе).
11. Качество поверхности детали – макрогеометрия, волнистость, шероховатость поверхности.
12. Остаточные напряжения (I, II, III рода).
13. Структурные и фазовые превращения.
14. Параметры неровностей: высотные, шаговые, структурные.
15. Основные понятия и определения: изнашивание, износ, скорость изнашивания, интенсивность изнашивания, износостойкость.
16. Модель Лоренца (участки на этой кривой). Приработка, установившееся изнашивание, катастрофический износ, равновесная шероховатость.

17. Классификация видов изнашивания: механическое.
18. Классификация видов изнашивания: коррозионно-механическое.
19. Классификация видов изнашивания: электроэрозионное
20. Особенности изнашивания.
21. Состав фрикционного контакта, процесс изнашивания фрикционного контакта, ротационный механизм маслообмена.
22. Модель усталостного разрушения поверхностей при изнашивании.
23. Особенности пластической деформации.
24. Изнашивание хрупких материалов.
25. Изнашивание полимерных материалов.
26. Изменение вида разрушения поверхностей при трении в зависимости от режимов эксплуатации.
27. Условия протекания деформационных процессов в поверхностных слоях.
28. Правило положительного градиента.
29. Абразивное изнашивание. Методы повышения абразивной износостойкости поверхности.
30. Усталостное изнашивание. Схема усталостного изнашивания. Зависимость  $\tau$  наработки до появления усталостного изнашивания.
31. Изнашивание при заедании.
32. Коррозионно-механическое изнашивание.
33. Избирательный перенос.
34. Водородное изнашивание.
35. Особенности строения твердых тел.
36. Внешняя и внутренняя поверхность твердого тела.
37. Адсорбция и десорбция.
38. Влияние ориентации молекул ПАВ на уровень трения между телами.
39. Теоретические основы разрушения поверхности трения.
40. Модель разрушения фрикционного контакта.
41. Кинетика разрушения поверхностного слоя.
42. Модель усталостного разрушения поверхности при изнашивании.
43. Особенности разрушения и факторы, влияющие на изнашивание материалов.
44. Термодинамика изнашивания.

**7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-1 Способен внедрять средства автоматизации и механизации производственных процессов механосборочного производства		
ПК-1.1	Разрабатывает предложения по внедрению автоматизации и механизации производственных процессов механосборочного производства	<p>1. Какой вид изнашивания происходит при малых амплитудах колебательных относительных перемещений?</p> <p>а) абразивное изнашивание  б) коррозия  в) фреттинг- коррозия  г) вибрационная кавитация</p> <p>2. Как называется процесс разрушения и отделения материала с поверхности тела, проявляющийся в постепенном изменении размеров и формы этого тела?</p> <p>а) износостойкость  б) изнашивание  в) износ  г) трение</p> <p>3. Виды малекулярно-механического изнашивания:</p> <p>а) изнашивание схватыванием  б) фреттинг-коррозионное изнашивание  в) адгезионное изнашивание  г) кавитационное изнашивание</p> <p>4. Процесс разрушения поверхностных слоев трущихся тел, которое приводит к уменьшению тел в направлении, перпендикулярном поверхности трения, это...</p> <p>а) адгезия  б) адсорбция  в) изнашивание  г) диффузия</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория изнашивания технологического инструмента» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет с оценкой по данной дисциплине проводится в устной форме.

**Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:**

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень

сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.