



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

20.02.2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ***

Научная специальность  
2.5.7. Технологии и машины обработки давлением

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения  
очная

|                     |                                                           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалообработки |
| Кафедра             | Машины и технологии обработки давлением и машиностроения  |
| Курс                | 2                                                         |
| Семестр             | 4                                                         |

Магнитогорск  
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГТ (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

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

07.02.2024, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

20.02.2024 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук

 Е.Ю. Звягина

Рецензент:

доцент кафедры ЛиП, канд. техн. наук

 О.С. Молочкова

## Лист актуализации рабочей программы

---

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

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 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 2027 - 2028 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 2028 - 2029 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)**

Целью освоения дисциплины «Физико-химическая размерная обработка материалов» является формирование научных представлений об основополагающих и сопутствующих процессах размерной обработки материалов, повышение исходного уровня знаний по применению различных физико-химических процессов.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физико-химическая размерная обработка материалов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| КНС-2 | Способность исследовать связи в системе заготовка – инструмент – машина, рационально выбирать способ приложения к заготовке деформирующих усилий и технических характеристик машин, позволяющих снизить энергозатраты при работе машин, технологические отходы, улучшить условия труда, автоматизировать проектные работы и производство продукции |

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 34 акад. часов;
- аудиторная – 34 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 38 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

| Раздел/ тема дисциплины                                                                 | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |             | Самостоятельная работа студента | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|-------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                                                                                         |         | Лек.                                         | практ. зан. |                                 |                                                                 |
| 1. Раздел 1                                                                             |         |                                              |             |                                 |                                                                 |
| 1.1 Применение высококонцентрированных потоков энергии в машиностроительных технологиях | 4       | 7                                            | 7           | 8                               | Сдача практических работ                                        |
| 1.2 Сущность и технологические возможности сжатой электрической дуги                    |         | 6                                            | 10          |                                 | Сдача практических работ                                        |
| 1.3 Комбинированные методы обработки деталей высококонцентрированными потоками энергии  |         | 4                                            |             | 8                               | Сдача практических работ                                        |
| 1.4 Зачет                                                                               |         |                                              |             | 15,6                            | Зачет                                                           |
| Итого по разделу                                                                        |         | 17                                           | 17          | 38                              |                                                                 |
| Итого за семестр                                                                        |         | 17                                           | 17          | 31,6                            | зачёт                                                           |
| Итого по дисциплине                                                                     |         | 17                                           | 17          | 38                              | зачет                                                           |

#### 4 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Представлены в приложении 1.

#### 5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

##### а) Основная литература:

1. Мирзоев, Р. А. Анодные процессы электрохимической и химической обработки металлов : учебное пособие для вузов / Р. А. Мирзоев, А. Д. Давыдов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-8815-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/233237> (дата обращения: 14.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Макаров, В. Ф. Современные методы высокоэффективной абразивной обработки жаропрочных сталей и сплавов : учебное пособие / В. Ф. Макаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1481-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213242> (дата обращения: 14.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

##### б) Дополнительная литература:

1. Федоров, А. А. Изготовление мелко модульных зубчатых колес с применением электрофизических и электрохимических методов обработки : учебное пособие / А. А. Федоров, А. В. Линовский, Н. В. Бобков. — Омск : ОмГТУ, 2019. — 135 с. — ISBN 978-5-8149-2777-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149169> (дата обращения: 14.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ультразвуковая обработка сталей и сплавов : учебное пособие / А. В. Панин, В. А. Клименов, О. Б. Перевалова [и др.]. — Томск : ТПУ, 2019. — 189 с. — ISBN 978-5-4387-0895-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/246353> (дата обращения: 14.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

##### Методические указания:

Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении : учебное пособие / В. Ф. Безъязычный, В. Н. Крылов, Ю. К. Чарковский, Е. В. Шилков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-2118-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209900> (дата обращения: 14.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

##### в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Программное обеспечение

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

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса                                                                                     | Ссылка                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a> |

|                                                                                                  |                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)                                               | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                     |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a> |

## Приложение 1

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине «Физико-химическая размерная обработка материалов» за один семестр и проводится в форме зачета в конце семестра.

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

| Структурный элемент компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| КНС-2: Способность исследовать связи в системе заготовка – инструмент – машина, рационально выбирать способ приложения к заготовке деформирующих усилий и технических характеристик машин, позволяющих снизить энергозатраты при работе машин, технологические отходы, улучшить условия труда, автоматизировать проектные работы и производство продукции | <p>1. Область применения высококонцентрированных потоков энергии. Виды высококонцентрированных источников энергии: энергия высокоскоростного трения, тепловая, электрическая, электромагнитная, электрохимическая энергия сжатой дуги, акустическая, ультразвуковая, лучевая, гидродинамическая энергия взрыва, комбинированная.</p> <p>2. Применение высококонцентрированных потоков энергии в машиностроительных технологиях.</p> <p>3. Сущность и технологические операции обработки деталей высокоскоростным трением. Оборудование, инструменты и режимы обработки. Интенсификация процесса обработки высокоскоростным трением за счет ввода в зону обработки электрической энергией</p> <p>4. Электроконтактная и воздушнодуговая обработка деталей. Физика процессов. Оборудование, инструменты и режимы обработки. Магнитоимпульсная обработка деталей. Сущность процесса. Технологические особенности использования магнитоимпульсной обработки</p> <p>5. Размерная обработка, текстурирование поверхности. Оборудование, инструменты, режимы обработки и технико-экономические показатели электроэрозионной обработки.</p> <p>6. Электроэрозионная обработка деталей. Области использования. Технология электроэрозионной обработки деталей.</p> <p>7. Сущность и технологические возможности сжатой дуги. Технология сварки, резки и упрочнения деталей сжатой дугой. Микроплазменная обработка деталей. Напыление износостойких покрытий в струе плазмы</p> <p>8. Акустический и ультразвуковой методы обработки деталей. Области использования технологии размерной обработки и упрочнения деталей</p> <p>9. Сущность и преимущества обработки деталей лучевыми методами. Размерная обработка деталей, упрочнение и текстурирование. Технологии и особенности обработки деталей лазерным лучом. Физические основы электронно-лучевой обработки деталей.</p> <p>10. Технологии электронно-лучевой обработки. Ионно-лучевая обработка деталей.</p> |

Оборудование для обработки деталей лучевыми методами

11. Обработка деталей энергией взрыва. Технологии размерной обработки и упрочнения. Сварка взрывом. Обработка деталей струей воды высокого давления.

12. Комбинированные методы обработки деталей высококонцентрированными потоками энергии: термогазоструйная, плазменно-механическая, обработка плазмой с ионной бомбардировкой и др.

13. Применение высококонцентрированных потоков энергии в нанотехнологиях.

14. Сущность гидродинамического воздействия струи воды на обрабатываемую поверхность детали. Интенсификация гидродинамического воздействия за счет ввода в зону обработки электрохимической энергии

## ТЕСТ

по курсу «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ РАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ»

Обучающийся \_\_\_\_\_ гр. \_\_\_\_\_

1. Ультразвуковые преобразователи применяют в качестве основного элемента:

А – при ЭХО; В – при ЭЭО; С – при УЗО; Д – при ЭЛО.

2. Механизм съема при лазерной обработке:

А – анодное растворение; В – тепловое воздействие; С – механическое разрушение.

3. В каких средах осуществляется электроэрозионная обработка:

А – вакуум; В – смесь углеводородов; С – электролиты; Д – электролитно-абразивные суспензии.

4. ЭЭО применяют для обработки:

А – металлов; В – керамики; С – твердых сплавов и стекол.

5. Принцип действия пьезоэлектрического преобразователя основан на изменении геометрических размеров его рабочего элемента под действием:

А – гравитации; В – переменного электрического поля; С – магнитного поля.

6. Возникновение элементарного канала разряда при ЭЭО происходит между ближайшими местными неровностями противлежащих электродов:

А – лункой и впадиной; В – выступом и впадиной; С – выступами.

7. Давление в канале разряда при ЭЭО при максимальном значении тока в импульсе:

А – 0,1 МПа; В – 10 МПа; С – 1000 МПа

8. Рассчитать электрохимический эквивалент стали (г/А.мин), если в электролите соотношение ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  составляет два к одному:

А – 0,015; В – 0,027; С – 0,12.

9. В состав электролитов для размерной ЭХО в качестве основного компонента входят:

А – кислоты; В – основания; С – растворимые соли щелочных металлов.

10. Оцените отжимающее усилие, которое возникает при ЭХО, если давление электролита составляет 0,5 МПа, а площадь обработки 100 см<sup>2</sup>:

А – 5000 Н; В – 500 Н; С – 50 Н.

11. Определить силу тока при ЭХО, если производится обработка цилиндрическим электродом, диаметром 10 см, а рекомендуемая плотность тока составляет 30 А/см<sup>2</sup>:

А – 2280; В – 300; С – 942.

12. Предложите эффективный метод физико-химической обработки для прошивания микроотверстий в листовых металлах и неметаллах:

А – ЭХО; В – ЭЭО; С – УЗО; Д – СЛО.

13. Износ рабочего инструмента отсутствует при использовании следующих физико-химических методов обработки:

А – ЭХО и ЭЭО; В – ЭХО и СЛО; С – ЭЭО и ЭЛО; Д – СЛО и УЗО.

14. На операциях ЭХ прошивания для максимального повышения производительности обработки следует использовать схему обработки:

А – с постоянной скоростью перемещения ЭИ; В – дискретную; С – импульсно-циклическую.

15. В рабочей зоне абразивного электроэрозионного шлифования не наблюдается:

А – механического диспергирования материала и тепловыделения;

В – растворения и образования анодных пленок; С – электрического тока.

16. Для снижения износа инструмента при УЗО желательно изготавливать его из:  
А – керамики; В – закаленных инструментальных сталей; С – латуни.
17. Масштаб распространения ЭХО в промышленности по сравнению с ЭЭО:  
А – низкий; В – высокий; С – равновеликий.
18. При ЭХО на обрабатываемой поверхности возможно образование:  
А – оксидных пленок; В – измененных поверхностных слоев;  
С – заусенцев и микротрещин; Д – всех перечисленных дефектов.
19. К недостаткам ЭХО можно отнести:  
А – низкую производительность; В – невысокую стойкость ЭИ;  
С – высокую энергоемкость; Е – высокую шероховатость обработки.
20. При введении в зону действия луча ОКГ струи кислорода производительность СЛО стали:  
А – не изменится; В – возрастет; С – снизится.

**Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):**

**АКР №1** «Рассчитайте приращение температуры в точке тела при воздействии электрической дуги»

На поверхности массивного тела из низкоуглеродистой стали горит неподвижная дуга, которую можно считать точечным непрерывно действующим неподвижным источником теплоты. Определить приращение температуры в точке на расстоянии  $R = 15\text{ мм}$  спустя  $t = 20$  сек после начала нагрева при  $I = 200\text{ А}$ ,  $U = 30\text{ В}$ , КПД  $\eta = 0,7$ .

**Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):**

**ИДЗ №1** «Рассчитать размер изотермы на поверхности тела при действии электрической дуги»

На поверхности массивного тела движется точечный источник теплоты мощностью  $6000\text{ Вт}$ . Определить расстояние от источника теплоты до конца изотермы  $T = 820\text{ }^{\circ}\text{С}$ . Коэффициент теплопроводности металла  $\lambda = 0,4\text{ Вт}/(\text{см}\cdot^{\circ}\text{С})$ .

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

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, умений и владений, и проводится в форме зачета с учетом выполнения и защиты лабораторных и выполнения практических работ.

**Показатели и критерии оценивания:**

- «Зачтено» – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенции: основные знания, свободно отвечает по проделанным лабораторным работам, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности, показывает высокий уровень знаний основных закономерностей, действующих в процессе изготовления машиностроительной продукции, умеет анализировать причины появления погрешностей и брака в механической обработке и сборке и предлагает варианты решения данных проблем.

-«Незачтено»- обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

