

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

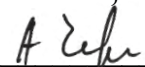
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

## **ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра «Технологии специального машиностроения»

*УТВЕРЖДАЮ*

Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.

 А.К. Чернышев

« 30 » июня 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Электрофизические и электрохимические методы обработки**

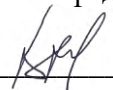
наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства
Наименование образовательной программы	Конструирование и технология опытного предприятия
Квалификация (степень) выпускника	магистр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры

протокол № 9 от 28.06.2021г.

Зав. кафедрой ТСМ

 д.т.н. В.Н. Халдеев

« 30 » июня 2021г.

Саров  
2022

Программа переутверждена на 202\_ / 202\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ТСМ на 202\_ / 202\_ учебный год  
Заведующий кафедрой ТСМ В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_ / 202\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ТСМ на 202\_ / 202\_ учебный год  
Заведующий кафедрой ТСМ В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_ / 202\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ТСМ на 202\_ / 202\_ учебный год  
Заведующий кафедрой ТСМ В.Н. Халдеев

Программа переутверждена на 202\_ / 202\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ, ТСМ на 202\_ / 202\_ учебный год  
Заведующий кафедрой ТСМ В.Н. Халдеев

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоёмкость, кред.	Общий объем курса, час	Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	СРС, час	КР/КП	Форма контроля экз./эач./ЗСО	Интерактивные часы
2		5	180	16	48	16	64	-	ЭКЗ	32
<b>Итого</b>		<b>5</b>	<b>180</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>32</b>

## АННОТАЦИЯ

В рамках данной учебной дисциплины предусмотрено изучение электрофизических и электрохимических методов обработки, позволяющих расширить диапазон технологических возможностей процесса изготовления различных деталей из материалов, которые с трудом поддаются механической обработке или совсем не поддаются ей.

### 1. ЦЕЛЬ ПРЕПОДАВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью преподавания дисциплины* “Электрофизические и электрохимические методы обработки” является формирование у студентов знаний в области методов обработки, основанных на непосредственном воздействии на обрабатываемую заготовку электрической энергии. В основе этих методов лежат физические процессы, поэтому студенты должны хорошо ориентироваться в соответствующих разделах общей физики. На основе физических явлений разработаны технологические процессы обработки различных материалов, обработка которых традиционными методами затруднена.

Главной задачей дисциплины “Электрофизические и электрохимические методы обработки” является обучение студентов умению выбора метода формообразования в зависимости от конкретной ситуации.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина “Электрофизические и электрохимические методы обработки” относится к обязательной части рабочего учебного плана.

Это одна из дисциплин, необходимых для подготовки магистров конструкторско-технологической направленности в области технологии специального машиностроения ядерно-оружейного комплекса (ЯОК). Дисциплина “Электрофизические и электрохимические методы обработки” предназначена для расширения познаний о возможностях формообразования сложных поверхностей с помощью электрической энергии, подаваемой непосредственно в зону обработки. При изучении данной дисциплины глубоко и всесторонне рассматриваются физические закономерности, лежащие в основе методов, объединенных общим названием “электрофизические и электрохимические методы”. Дисциплина “Электрофизические и электрохимические методы обработки” имеет значительную теоретическую основу, включающую в себя теорию электрического пробоя диэлектрика, процессов в канале разряда, электрической эрозии электродов, теплопроводности и гидродинамических процессов, анодного растворения, звукового поля, процесса образования электронного луча и его воздействия на вещество, получения и особенностей лазерного излучения, основ процесса электрогидравлической и магнитоимпульсной обработки. Наряду с вопросами теории в данной дисциплине рассматриваются также вопросы практического использования методов в технологическом процессе изготовления деталей, изготовление которых методами механической обработки крайне затруднительно или невозможно.

Для успешного освоения данной дисциплины студент должен иметь достаточные сведения по химии, физике, материаловедению, технологическим процессам. С другой стороны, дисциплина “Электрофизические и электрохимические методы обработки” является необходимой при изучении одной из основных дисциплин специальности “Технология машиностроения”.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

#### Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
-	-

#### Обязательные профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: производственно-технологический			
модернизация, автоматизация действующих и проектирование новых средств и систем оснащения производства ядерного оружейного комплекса, технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства	опытное производство ядерного оружейного комплекса	ПК-1 Способен анализировать современные проектные решения, нормы технологического проектирования, заданную производственную программу структурных подразделений предприятия механосборочной области производства; разрабатывать новые методы и технологии систем механизации и автоматизации производств с применением аппаратных и программных технических средств серийного, опытного и экспериментального производства, функционирующих на цифро-физической основе <b>Основание:</b> Профессиональный стандарт «40.031. Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении»	З-ПК-1 Знать: современные проектные решения, нормы технологического проектирования, заданную производственную программу структурных подразделений предприятия механосборочной области производства. У-ПК-1 Уметь: разрабатывать новые методы и технологии систем механизации и автоматизации производств с применением аппаратных и программных технических средств серийного, опытного и экспериментального производства, функционирующих на цифро-физической основе. В-ПК-1 Владеть: методами технологии систем механизации и автоматизации производств с применением аппаратных и программных технических средств серийного, опытного и экспериментального производства, функционирующих на цифро-физической основе
Тип задачи профессиональной деятельности: проектно-конструкторский			
выполнение проектно-конструкторских разработок с учетом требований действующих норм и правил безопасности на предприятиях ядерного оружейного комплекса с разработкой проектно-конструкторской документации на изготовление	опытное производство ядерного оружейного комплекса	ПК-10 Способен анализировать исходные данные и разрабатывать модель продукции на всех этапах ее жизненного цикла, устанавливать требования к продукции, процессам ее изготовления, качеству, транспортировке и утилизации; разрабатывать меры по повышению качества конструкторско-технологических решений и совершенствованию методик проектирования <b>Основание:</b> Профессиональный стандарт «40.081.	З-ПК-10 Знать: основные требования к продукции, процессам ее изготовления, качеству, транспортировке и утилизации. У-ПК-10 Уметь: анализировать исходные данные и разрабатывать модель продукции на всех этапах ее жизненного цикла. В-ПК-10 Владеть: основными приемами по повышению качества конструкторско-технологических решений и Совершенствованию методик проектирования

специальных изделий		Специалист по анализу и диагностике технологических комплексов механо-сборочного производства»	
---------------------	--	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ\*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. ра- боты	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 5.3)
			<b>16</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>64</b>		
Семестр 2								
1	Тема 1. Электроэрозионная обработка	1-5	4	6	8	8	ДЗ	5
2	Тема2. Электрохимическая обработка	6-7	2	6		8	УО	5
3	Тема 3. Ультразвуковая обработка	8-9	2	6		8	ДЗ	5
4	Тема 4. Гидроабразивная обработка	10	1	6		8	УО	5
5	Тема 5. Электроннолучевая обработка	11-12	2	6	4	8	УО	5
6	Тема 6. Лазерная обработка	13-14	2	6	4	8	УО	5
7	Тема 7. Электрогидравлическая обработка	15	2	6		8	УО	5
8	Тема 8. Магнитноимпульсная обработка	16	1	6		8	УО	5
<b>Рубежный контроль:</b>		16					Тест	5
<b>Всего за семестр</b>								<b>45</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>Экзамен</b>					<b>50</b>
<b>Посещаемость</b>								<b>5</b>
<b>Итого:</b>								<b>100</b>

\* **УО** – устный опрос  
**ДЗ** – домашнее задание  
**Тест** - тестирование

## 4.2. Содержание дисциплины, структурирование по разделам (темам)

Лекционный курс		
№	Наименование темы	Содержание
1	Тема 1. Электроэрозионная обработка	Особенности электроэрозионного формообразования. Закономерности процесса электроэрозионной обработки. Применение электроэрозионной обработки в технологических процессах.
2	Тема 2. Электрохимическая обработка	Принцип действия и схема электрохимического формообразования. Физическая сущность процесса анодного растворения. Технологические показатели и применение электрохимической обработки.
3	Тема 3. Ультразвуковая обработка	Физические основы ультразвуковой обработки. Технологические характеристики ультразвуковой обработки. Применение размерной ультразвуковой обработки.
4	Тема 4. Гидроабразивная обработка	Физические основы гидроабразивной обработки. Оборудование и технологическое применение гидроабразивной обработки.
5	Тема 5. Электроннолучевая обработка	Физические основы электроннолучевой обработки. Применение электроннолучевой обработки в технологических процессах. Особенности электронного луча, как источника энергии.
6	Тема 6. Лазерная обработка	Физические основы получения лазерного излучения. Основные схемы оптических квантовых генераторов. Технологические операции, выполняемые с применением лазерного луча.
7	Тема 7. Электрогидравлическая обработка	Физические основы процесса электрогидравлической обработки. Применение электрогидравлической обработки в технологических процессах.
8	Тема 8. Магнитноимпульсная обработка	Физические основы магнитноимпульсного формообразования. Оборудование для магнитноимпульсной обработки. Применение магнитноимпульсной обработки.

## 4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

### *Основная литература:*

1. Халдеев В.Н. Электрофизические и электрохимические методы обработки. – Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2022
2. Халдеев В.Н. Расчет электрических параметров режима электроэрозионной обработки и выбор технологического оборудования. – Учебно-методическое пособие по выполнению домашнего задания. – СарФТИ, 2020

### *Дополнительная литература*

1. Научно-технические технологии машиностроительных производств. Физико-химические методы в технологии/ Ю.А. Моргунов, Д.В. Панов, Б.П.Саушкин, С.Б. Саушкин. – М.: ФОРУМ, 2013.



## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
<b>Семестр 2</b>				
<b>Раздел 1</b>	Тема 1. Электроэрозионная обработка	ПК-1 ПК-10	3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	ДЗ, 5
	Тема 2. Электрохимическая обработка			УО, 7
	Тема 3. Ультразвуковая обработка			ДЗ, 9
	Тема 4. Гидроабразивная обработка			УО, 10
	Тема 5. Электроннолучевая обработка			УО, 12
	Тема 6. Лазерная обработка			УО, 14
	Тема 7. Электрогидравлическая обработка			УО, 15
	Тема 8. Магнитноимпульсная обработка			УО, 16
<b>Рубежный контроль</b>		ПК-1 ПК-10	3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Тест 16
<b>Промежуточная аттестация</b>				Экзамен

**5.2. Примерные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков или опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### 5.2.1. Оценочные средства для текущего контроля

##### 5.2.1.1. Примерные вопросы для устного опроса (УО)

1. На каком физическом явлении основана электроэрозионная обработка?
2. Назовите характерные особенности электроэрозионного формообразования.
3. Назовите основные компоненты энергии электрического разряда.
4. Каковы преимущества генераторов ШГИ в сравнении с генераторами РС?
5. Назовите наиболее предпочтительное применение ЭЭО в технологических процессах?
6. На каком физическом принципе основана электрохимическая обработка?
7. Каким требованиям должна отвечать рабочая жидкость для ЭХО?

8. Почему в процессе ЭХО инструмент не изнашивается?
9. Назовите основное применение ЭХО в технологических процессах.
10. Какой физический принцип лежит в основе ультразвуковой обработки?
11. Какие факторы влияют на производительность и точность ультразвуковой обработки?
12. Какие физические процессы обеспечивают возможность электронного луча, как технологического инструмента?
13. На каком физическом принципе основана работа лазера?
14. По каким признакам классифицируют лазеры?
15. Назовите наиболее характерные применения лазеров.
16. Что общего и в чем отличие электроэрозионной и электрогидравлической обработки?

### **5.2.2. Оценочные средства для рубежного контроля**

#### **5.2.2.1. Примерные вопросы для тестового анализа**

1. Электроэрозионная обработка основана на принципе:
  - а – анодного растворения
  - б – теплового действия электрического импульса
2. Ультразвуковая обработка основана на:
  - а – механическом воздействии абразивных зерен
  - б – явлении кавитации
3. Основным элементом лазера является:
  - а – система накачки
  - б – стержень или газ
4. Рабочей средой при магнитноимпульсной обработке является:
  - а – дистиллированная вода
  - б – воздух

### **5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **5.2.3.1. Примерные вопросы к экзамену**

1. Чем отличается электрогидравлическая обработка от электроэрозионной?
2. Каковы достоинства и недостатки электрохимической обработки?
3. Какова отличительная особенность ультразвуковой обработки?
4. Какая из видов обработки (электрохимическая или электроэрозионная) обеспечивает более высокую точность и почему?
5. Назовите основные достоинства гидроабразивной обработки.
6. В чем отличие гидроабразивной обработки от ультразвуковой?
7. Что общего и в чем отличие лазерной и электроннолучевой обработки?
8. Назовите основные типы лазеров и их применение в технологических процессах.

#### **Пример экзаменационного билета**

СарФТИ НИЯУ МИФИ

Кафедра технологии специального машиностроения

Экзаменационный билет № 11

дисциплина “Электрофизические и электрохимические методы обработки”

1. Физическая сущность и применение электроэрозионной обработки
2. Гидродинамические процессы при электрохимической обработке.

3. Предложите метод и схему обработки, а также выберите инструмент для получения отверстий квадратной формы в стекле.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от нуля до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90–100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85–89	4 - «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе
75–84		C	
70–74		D	
65–69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60–64			
Ниже 60	2-«неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает значительные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература:

1. Халдеев В.Н. Электрофизические и электрохимические методы обработки. – Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2022

2. Халдеев В.Н. Расчет электрических параметров режима электроэрозионной обработки и выбор технологического оборудования. – Учебно-методическое пособие по выполнению домашнего задания. – СарФТИ, 2020

#### *Дополнительная литература*

1. Научно-технические технологии машиностроительных производств. Физико-химические методы в технологии/ Ю.А. Моргунов, Д.В. Панов, Б.П.Саушкин, С.Б. Саушкин. – М.: ФОРУМ, 2013.

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лабораторные занятия проводятся на оборудовании опытного цеха КБ-1, цеха 2109 завода ВНИИЭФ, отделения 07

### **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В библиотеке института и на сайте СарФТИ находится учебный, учебно-методический и справочный материал, необходимый для лекционных и практических занятий.

### **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебным планом кафедры на изучение дисциплины «Электрофизические и электрохимические методы обработки» отводится один семестр. В конце семестра проводится экзамен.

При изучении дисциплины методически целесообразно в каждом разделе выделять наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание обучаемых.

Наиболее значимыми разделами дисциплины «Электрофизические и электрохимические методы обработки» являются:

- физическая сущность и применение электроэрозионной и электрохимической обработки;
- физическая сущность и применение ультразвуковой и гидроабразивной обработки;
- физическая сущность и применение электроннолучевой и лазерной обработки;
- физическая сущность и применение электрогидравлической и магнитноимпульсной обработки.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ).

Автор(ы): заведующий кафедрой ТСМ,  
доктор технических наук, доцент

В.Н. Халдеев

Рецензент(ы):