

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

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Саровский физико-технический институт -**

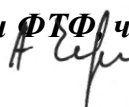
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высше-  
го образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

**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**

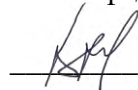
**Комбинированные методы обработки**

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.

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

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

## АННОТАЦИЯ

В рамках учебной дисциплины «Комбинированные методы обработки» предусмотрено изучение комбинированных методов обработки, основанных на совокупности различных методах электрофизической обработки, различных методах механической обработки и методах, в которых объединены электрофизические и механические методы. Такое сочетание методов обработки позволяет расширить диапазон технологических возможностей процесса изготовления различных деталей из различных материалов.

### 1. ЦЕЛЬ ПРЕПОДАВАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью преподавания дисциплины* «Комбинированные методы обработки» является формирование у студентов знаний в области методов обработки, основанных на сочетании электрофизических и механических методов. Сочетание разнородных методов способствует увеличению производительности обработки и повышению качества обработанных поверхностей. В основе комбинированных методов лежат физико-механические процессы, поэтому студенты должны хорошо ориентироваться как в соответствующих разделах физики, химии, так и в механических дисциплинах. На основе физико-химических и механических явлений разработаны технологические процессы обработки различных материалов.

Главной задачей дисциплины «Комбинированные методы обработки» является обучение студентов умению выбора единичного или комбинированного метода формообразования в зависимости от конкретной ситуации.

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

Дисциплина «Комбинированные методы обработки» относится к обязательной части рабочего учебного плана, и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина «Комбинированные методы обработки» относится к циклу дисциплин, необходимых для подготовки магистров конструкторско-технологической направленности в области конструирования и технологии специального машиностроения ядерно-оружейного комплекса (ЯОК). Дисциплина «Комбинированные методы обработки» предназначена для расширения познаний о возможностях формообразования сложных поверхностей с помощью совокупности электрической энергии и механического воздействия на обрабатываемую поверхность. При изучении данной дисциплины глубоко и всесторонне рассматриваются физические закономерности, химические явления и законы механики, лежащие в основе методов, объединенных общим названием «комбинированные методы». Дисциплина «Комбинированные методы обработки» имеет значительную и разнородную теоретическую основу, включающую в себя теоретические основы методов электрофизической и механической обработки. Наряду с вопросами теории в данной дисциплине рассматриваются также вопросы практического использования комбинированных методов в технологическом процессе изготовления деталей.

Для успешного освоения данной дисциплины студент должен иметь достаточные сведения по химии, физике, материаловедению, технологическим процессам, технологии машиностроения. С другой стороны, дисциплина «Комбинированные методы обработки» является необходимой при изучении таких магистерских дисциплин, как «Технология изготовления устройств высокого давления» и «Основы технологии изготовления элементов ядерного заряда».

### 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 механо-сборочной 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 механо-сборочной 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 механосборочного производства»	
---------------------	--	---	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					Текущий контроль (форма)*	Максимальный балл (см. п. 5.3)
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС			
			<b>16</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>64</b>			
<b>Семестр 2</b>									
1	Тема 1. Электроконтактная обработка	1-5	4	6	8	8	ДЗ	5	
2	Тема 2. Анодно механическая обработка	6-7	2	6		8	УО	5	
3	Тема 3. Электроэрозионно электрохимическая обработка	8-9	2	6		8	ДЗ	5	
4	Тема 4. Лазерно электрохимическая обработка	10	1	6		8	УО	5	
5	Тема 5. Химико электрохимическая обработка	11-12	2	6	2	8	УО	5	
6	Тема 6. Электрохимическая обработка с механическим воздействием	13-14	2	6	2	8	УО	5	
7	Тема 7. Комбинированные методы с наложением ультразвука	15	2	6		8	УО	5	
8	Тема 8. Магнитно-абразивная обработка	16	1	6		8	УО	5	
	<b>Рубежный контроль</b>	<b>16</b>					<b>Тест</b>	<b>5</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 Электроконтактная обработка	Сущность электроконтактной обработки. Принципиальная схема и оборудование. Применение и технологические характеристики.
2	Тема 2. Анодно-механическая обработка	Принцип анодно-механической обработки. Технологическое применение. Режимы обработки. Технологические показатели.
3	Тема 3. Электроэрозионно-электрохимическая обработка	Физико-химические основы процесса. Технологическое применение метода. Обработка неэлектрических материалов.
4	Тема 4. Лазерно электрохимическая обработка	Сущность процесса лазерно-электрохимической обработки. Технологическое применение метода. Интегрированная схема лазерно-электрохимической вырезки.
5	Тема 5. Химико электрохимическая обработка	Физические основы химико-электрохимической обработки. Особенности и технологическое применение метода.
6	Тема 6. Электрохимическая обработка с механическим воздействием	Электрохимическая абразивная обработка. Электрохимическая обработка с поверхностно-пластическим деформированием. Электрохимическая обработка с применением гранулированного наполнителя.
7	Тема 7. Комбинированные методы с наложением ультразвука	Ультразвуковая электрохимическая обработка. Ультразвуковая электроэрозионная обработка. Ультразвуковая интенсификация процессов обработки.
8	Тема 8. Магнитно-абразивная обработка	Сущность магнитно-абразивной обработки. Технологическое применение магнитно-абразивной обработки. Разновидности магнитно-абразивных порошков.

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

#### *Основная литература:*

1. Научные технологии машиностроительных производств. Физико-химические методы в технологии/ Ю.А. Моргунов, Д.В. Панов, Б.П.Саушкин, С.Б. Саушкин. – М.: ФОРУМ, 2013
2. Халдеев В.Н. Электрофизические и электрохимические методы обработки. – Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2022

## 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>				
Раздел 1	Тема 1 Электроконтактная обработка	ПК-1 ПК-10	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 З-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	ДЗ, 5
	Тема 2. Анодно-механическая обработка			УО, 7
	Тема 3. Электроэрозионно-электрохимическая обработка			ДЗ, 9



Тема 4. Лазерно-электрохимическая обработка			УО, 10
Тема 5. Химико-электрохимическая обработка			УО, 12
Тема 6. Электрохимическая обработка с механическим воздействием			УО, 14
Тема 7. Комбинированные методы с наложением ультразвука			УО, 15
Тема 8. Магнитно-абразивная обработка			УО, 16
<b>Рубежный контроль</b>			<b>Тест, 16</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	ПК-1 ПК-10	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 З-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	<b>Экзамен</b>

**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 чем основаны и какова сущность комбинированных методов механической обработки материалов?
2. Каковы достоинства и недостатки комбинирования различных методов обработки?
3. Какие из известных методов механической обработки наиболее подходят для комбинирования?
4. Назовите отличительную особенность анодно-механической обработки.
5. Какова сущность и назначение электроконтактной обработки?
6. Каковы отличительные особенности электроэрозионно-электрохимической обработки?
7. В чем заключается преимущество ультразвуковой-электрохимической обработки в сравнении с ультразвуковой обработкой?
8. Какова сущность химико-электрохимической обработки?
9. На каком физическом принципе основана лазерно-электрохимическая обработка?
10. Каковы достоинства магнитно-абразивной обработки?

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

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

1. Комбинированные методы способствуют:
  - а – увеличению производительности процесса обработки
  - б – снижению величины шероховатости обработанной поверхности
2. Рабочей жидкостью при электроконтактной обработке является:
  - а – диэлектрик

б – электролит

3. Особенностью анодно-механической обработки является:

а – электрохимическое растворение заготовки-анода

б – механическое удаление плохо растворимых соединений

4. Электроэрозионно-электрохимическая осуществляется:

а – воздействием импульсов электрического тока

б – воздействием постоянного тока

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

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

1. Как обеспечивается удаление материала в электроконтактной обработке?
2. Каковы достоинства и недостатки анодно-механической обработки?
3. Какова отличительная особенность ультразвуковой-электрохимической обработки?
4. Способна ли электроэрозионно-электрохимическая обработка обеспечить более высокую точность по сравнению с электроэрозионной обработкой?
5. Назовите основные достоинства лазерно-электрохимической обработки.
6. В чем отличие химико-электрохимической обработки от электрохимической обработки?
7. Какова особенность электрохимической обработки с механическим воздействием?
8. Назовите сущность магнитно-абразивной обработки.

#### **5.2.3.2 Пример экзаменационного билета**

СарФТИ НИЯУ МИФИ

Кафедра технологии специального машиностроения

Экзаменационный билет № 11

дисциплина “Комбинированные методы обработки”

1. Физическая сущность и применение анодно-механической обработки
2. Гидродинамические процессы при электроэрозионно-электрохимической обработке.
3. Предложите метод и схему обработки сферического сегмента диаметром 40 мм из вольфрама, шероховатость поверхности  $Ra = 0,04$  мкм.

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 бальной 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. 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.

### *Дополнительная литература*

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

### **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 «Комбинированные 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 «Комбинированные методы обработки» являются:

- физическая сущность и применение электроконтактной и анодно-механической обработки;
- физическая сущность и применение электроэрозионно-электрохимической и лазерно-электрохимической обработки;
- физическая сущность и применение химико-электрохимической обработки и электрохимической обработки с механическим воздействием;
- физическая сущность и применение магнитно-абразивной обработки и комбинированных методов с наложением ультразвука.

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):