

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт *Политехнический*  
Кафедра «Электро- и нанотехнологии»

Утверждено на заседании кафедры  
«Электро- и нанотехнологий»  
«11» января 2023 г., протокол №4

И.о. заведующего кафедрой



И.В. Гнидина

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*«Технология и методы обработки концентрированными потоками энергии»*

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки (специальности)

**15.03.01 Машиностроение**

с направленностью (профилем)

**Машины и технология высокоэффективных процессов  
обработки материалов**

Формы обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 150301-01-23

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**рабочей программы дисциплины (модуля)**

**Разработчик:**

Волгин В.М., профессор, докт.техн.наук, профессор  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

Гнидина И.В., доцент, канд.техн.наук, доцент  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## **1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)**

**Целями** освоения дисциплины (модуля) «Технология и методы обработки КПЭ» являются приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков в области физико-химических процессов обработки, основанных на воздействии концентрированных потоков энергии на различные материалы.

**Задачами** освоения дисциплины (модуля) являются:

- технологии обработки концентрированными потоками энергии;
- методы воздействия концентрированными потоками энергии на материалы;
- методики расчета параметров высокоэффективных процессов обработки материалов.

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

Дисциплина (модуль) относится к части основной профессиональной образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается в 5 и 6 семестрах.

## **3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

### **Знать:**

- 1) последовательность действий при оценке технологичности конструкции деталей машиностроения средней сложности; критерии качественной и основные показатели количественной оценки технологичности конструкции деталей машиностроения средней сложности (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.1);
- 2) последовательность и правила выбора заготовок деталей, характеристики методов получения заготовок (код компетенции – ПК-5, код индикатора – ПК-5.1);
- 3) специфику технологических процессов ЭХМО, факторы, влияющие на процесс ЭХФМО, методику и специфику расчетов технологических режимов для обработки заготовок средней сложности с применением ЭХФМО (код компетенции – ПК-7, код индикатора – ПК-7.1);
- 4) методы разработки технической документации (код компетенции – ПК-10, код индикатора – ПК-10.1);

### **Уметь:**

- 1) выявлять нетехнологичные элементы конструкций деталей машиностроения средней сложности; разрабатывать предложения по повышению технологичности конструкций деталей машиностроения средней сложности (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.1);
- 2) анализировать возможности методов получения заготовок, выбирать конструкцию заготовки (код компетенции – ПК-5, код индикатора – ПК-5.2);
- 3) выбирать методы обработки и оборудование при разработке технологических процессов изготовления изделий машиностроения средней сложности с применением ЭХФМО, рассчитывать технологические режимы обработки сложных изделий машиностроения с применением ЭХФМО, используя САРР-системы. использовать САД-системы технологических процессов для изделий машиностроения средней сложности (код компетенции – ПК-7, код индикатора – ПК-7.2);
- 4) оформлять элементы технической документации на основе внедрения результатов научно-исследовательских работ (код компетенции – ПК-10, код индикатора – ПК-10.2)

**Владеть:**

1) навыками разработки технических заданий на проектирование средств автоматизации и механизации рабочих мест и производственных участков механообрабатывающего производства, проведения патентных исследований и определения показателей технического уровня проектируемых объектов техники и технологии, выявления технических и технологических проблем на производственных участках механообрабатывающего производства (код компетенции – ПК-1, код индикатора – ПК-1.3);

2) навыками выбора заготовок для производства деталей машиностроения (код компетенции – ПК-5, код индикатора – ПК-5.3);

3) навыками назначения режимов ЭХФМО для изделий машиностроения средней сложности и разработки технологических переходов изготовления изделий средней сложности с использованием ЭХФМО (код компетенции – ПК-7, код индикатора – ПК-7.3);

4) навыками применения нормативной документации в области машин и технологий высокоэффективных процессов обработки (код компетенции – ПК-10, код индикатора – ПК-10.3)

**4 Объем и содержание дисциплины (модуля)****4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

Номер семестра	Формы промежуточной аттестации	Общий объем в зачетных единицах	Общий объем в академических часах	Объем контактной работы в академических часах						Объем самостоятельной работы в академических часах
				Лекционные занятия	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные работы	Клинические практические занятия	Консультации	Промежуточная аттестация	
Очная форма обучения										
5	ЗЧ	4	144	32		16	-		0,1	95,9
6	КР, Э	3	108	16		32	-	3	0,5	56,5
<b>Итого</b>	-	7	252	48		48	-	3	0,6	152,4

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

**4.2 Содержание лекционных занятий****Очная форма обучения**

№ п/п	Темы лекционных занятий
<b>5 семестр</b>	
1	Введение. Цели и задачи курса. Технологические возможности методов обработки концентрированными потоками энергии.

№ п/п	Темы лекционных занятий
2	Технология и методы электрохимической обработки. Основы анодного и катодного электрохимического формообразования. Механизм съема металла при электрохимической обработке. Характеристика основных физико-химических процессов электрохимического формообразования. Электролитные среды. Преимущества и недостатки ЭХО.
3	Технологические показатели метода электрохимической обработки. Скорость анодного растворения. Производительность ЭХО. Взаимосвязь параметров процесса и технологических показателей при электрохимической обработке.
4	Точность обработки при ЭХО. Шероховатость поверхности при ЭХО. Основные технологические схемы электрохимической обработки. Схема с неподвижными электродами. Схема с подвижными электродами. ЭХО вращающимся катодом. ЭХО при вращении анода.
5	Основы проектирования операций ЭХО и режимы электрохимической обработки. Основы проектирования операций ЭХО. Режимы электрохимической обработки и проектирование электродов-инструментов. Автоматизированное проектирование операций ЭХО поверхностей сложной формы
6	Электрохимическая обработка поверхностей сложной формы. Классификация схем обработки - непрерывная, циклическая, импульсно-циклическая, с вибрацией электродов. Технологические возможности различных схем обработки. Основы проектирования технологических операций - расчет режимов обработки, проектирования рабочих поверхностей электродов-инструментов, выбор технологического оборудования и оснастки.
7	Электрохимическая обработка с использованием непрофилированных электродов-инструментов. Основные схемы обработки непрофилированными электродами-инструментами и их технологические возможности. Основы проектирования технологических операций - расчет режимов обработки, определение траектории перемещения непрофилированного электрода-инструмента, выбор технологического оборудования и оснастки.
8	Электрохимическая обработка с использованием темплейтов (масок). Основные типы масок и области их применения. Основные схемы электрохимической обработки с использованием масок и их технологические возможности схем. Основы проектирования технологических операций - расчет режимов обработки, расчет геометрических параметров маски, выбор технологического оборудования и оснастки.
9	Электрохимическая микрообработка. Классификация схем электрохимической обработки. Технологические возможности различных схем микрообработки. Особенности обработки на сверхмалых межэлектродных зазорах. Использование ультракоротких импульсов напряжения. Основы проектирования технологических операций - расчет режимов обработки, проектирования рабочих поверхностей электродов-инструментов, выбор технологического оборудования и оснастки.
10	Комбинированные методы обработки, базирующиеся на электрохимическом воздействии (лазерно-электрохимическая обработка, алмазно-электрохимическая обработка, электроэрозионно-электрохимическая обработка). Технологические возможности различных схем обработки. Основы проектирования технологических операций - расчет режимов обработки, проектирования рабочих поверхностей электродов-инструментов, выбор технологического оборудования и оснастки.
11	Оборудование и приспособления для электрохимической обработки. Оборудование для ЭХО Приспособления для ЭХО.
<b>6 семестр</b>	

№ п/п	Темы лекционных занятий
12	Общая характеристика высокоэнергетических методов обработки
13	Технологические основы электроэрозионной обработки (ЭЭО). Основы электроэрозионного формообразования. Технологические схемы электроэрозионной обработки. Технологические показатели электроэрозионной обработки. Производительность электроэрозионной обработки. Точность электроэрозионной обработки. Качество поверхности при электроэрозионной обработке: Шероховатость поверхности при ЭЭО; Поверхностный слой при ЭЭО. Режимы электроэрозионной обработки. Проектирование режимов ЭЭО с использованием эмпирических зависимостей. Проектирование режимов ЭЭО по методикам фирм-производителей электроэрозионного оборудования. Рабочие жидкости, применяемые при ЭЭО. Технология электроэрозионной обработки микрообъектов. Электроды-инструменты для микроэлектроэрозионной обработки
14	Технологические основы лазерной обработки материалов. Общие сведения о лазерных технологиях. Современное применение лазерных технологи. Физические процессы, лежащие в основе лазерной обработки. Основные технологические операции лазерной обработки. Технологические показатели лазерной обработки. Режимы лазерной обработки. Технологическое оснащение операций лазерной обработки. Технологическая оснастка для операций лазерной обработки. Лазерная обработка оптически прозрачных материалов. Лазерная обработка неметаллических материалов
15	Технологические основы высокоэнергетических методов обработки. Электронно-лучевая обработка материалов. Технология микродугового оксидирования. Технологии вакуумного осаждения. Физическое осаждение из паровой фазы. Технологии химического осаждения из паровой фазы
16	Плазменные технологии обработки. Основы генерации и свойства плазмы. Использованием плазмы для обработки материалов. Технологии обработки нетвердотельными электродами-инструментами. Электрохимическая обработка. Электроэрозионная обработка
17	Технологии высокоскоростного электролитического осаждения металлов и сплавов. Технологические возможности электролитического осаждения металлов и сплавов. Области применения электролитического осаждения. Факторы процесса. Алгоритм синтеза схем высокоскоростного электролитического осаждения металлов и сплавов. Применение высокоскоростного электролитического осаждения металлов и сплавов для получения одно- и многослойных покрытий. Применение высокоскоростного электролитического осаждения металлов и сплавов для изготовления деталей сложной пространственной формы. Применение высокоскоростного электролитического осаждения металлов и сплавов для изготовления деталей с микрорельефом

#### 4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

##### Очная форма обучения

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

#### 4.4 Содержание лабораторных работ

##### Очная форма обучения

№ п/п	Наименования лабораторных работ
<b>5 семестр</b>	
1	Технологические схемы электрохимической обработки
2	Изучение точности обработки при электрохимической обработке

№ п/п	Наименования лабораторных работ
3	Изучение процесса профильного электрохимического шлифования
4	Технологические схемы электроэрозионной обработки
<b>6 семестр</b>	
5	Исследование технологии нанесения и свойств электроэрозионных покрытий
6	Изучение процесса лазерной обработки материалов
7	Разработка процесса осаждения декоративных и упрочняющих покрытий в вакууме
8	Технологические возможности электролитического осаждения металлов и сплавов
9	Исследование процесса износа электрода-инструмента при электроэрозионной обработке
10	Исследование технологии электроэрозионной обработки с использованием импульсов наносекундной длительности
11	Исследование свойств поверхности материалов после электрофизикохимической обработки с помощью сканирующего зондового микроскопа
12	Исследование технологии создания и свойств микро- и нанотекстурированных поверхностей

#### 4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

#### 4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

##### Очная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
<b>5 семестр</b>	
1	Самостоятельное изучение дополнительного материала по темам: Электрохимическая обработка с использованием непрофилированных электродов-инструментов Электрохимическая обработка с использованием темплейтов (масок) Электрохимическая микрообработка
3	Подготовка к лабораторным работам
4	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение
<b>6 семестр</b>	
5	Самостоятельное изучение дополнительного материала по темам: Плазменные технологии обработки Технологии высокоскоростного электролитического осаждения металлов и сплавов
6	Подготовка к лабораторным работам
7	Выполнение курсовой работы
8	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

**5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося**

##### Очная форма обучения

<b>Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
---	---------------------------------------

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося			Максимальное количество баллов	
<b>5 семестр</b>				
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	<b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b>		
		Посещение лекционных занятий	8	
		Выполнение лабораторной работы №1	5	
		Выполнение лабораторной работы №2	5	
		Контрольные мероприятия (тесты)	12	
	Итого		30	
	Второй рубежный контроль	Посещение лекционных занятий		8
		Выполнение лабораторной работы №3		5
		Выполнение лабораторной работы №4		5
		Контрольные мероприятия (тесты)		12
Итого		30		
Промежуточная аттестация	Зачет		40 (100*)	
<b>6 семестр</b>				
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	<b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b>		
		Посещение лекционных занятий	5	
		Выполнение лабораторной работы №1	5	
		Выполнение лабораторной работы №2	5	
		Выполнение лабораторной работы №3	5	
		Выполнение лабораторной работы №4	5	
		Контрольные мероприятия (тесты)	5	
	Итого		30	
	Второй рубежный контроль	<b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b>		
		Посещение лекционных занятий		5
		Выполнение лабораторной работы №5		5
		Выполнение лабораторной работы №6		5
		Выполнение лабораторной работы №7		5
		Выполнение лабораторной работы №8		5
Контрольные мероприятия (тесты)		5		
Итого		30		
Промежуточная аттестация	Экзамен		40 (100*)	
	Защита курсовой работы		100	

\* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

### Шкала соответствия оценок в стобалльной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Система оценивания результатов обучения	Оценки			
	Стобалльная система оценивания	0 – 39	40 – 60	61 – 80
Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

Система оценивания результатов обучения	Оценки	
Академическая система оценивания (зачет)	Не зачтено	Зачтено

## 6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуется:

- для проведения лекционных занятий по дисциплине (модулю) требуется учебная аудитория, оборудованная доской для написания мелом, а также ноутбуком, видеопроектором, настенным экраном;
- для проведения практических занятий требуется компьютерный класс;
- для проведения лабораторных работ требуются лаборатория проволоочно-вырезной обработки, лаборатория вакуумных методов обработки, лаборатория измерительных систем, лаборатория наноприборов, лаборатория электрохимии.

## 7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература

1. Высокие технологии в машиностроении : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 1/ В. В. Любимов [и др.] ; ТулГУ . –Тула : Изд-во ТулГУ, – 2011 . – 147 с. : ил .- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2014100809140455669400002094>, по паролю
2. Высокие технологии в машиностроении : учеб. пособие : в 2 ч. Ч.2/ В. В. Любимов [и др.] ; ТулГУ . – Тула : Изд-во ТулГУ, –2011 . – 140 с. : ил . - Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2014100809283829566300005982>, по паролю
3. Гнидина И.В. Концентрированные потоки энергии и физические основы их генерации: Учебное пособие. – Тула: ТулГУ, 2011. – 152 с.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Технология конструкционных материалов (Технологические процессы в машиностроении): учебник для вузов: в 4 ч. Ч. 4: Обработка заготовок / В.Д. Артамонов [и др.] ; под общ. ред. Э.М. Соколова, С.А. Васина, Г.Г. Дубенского . – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. – 597с.: ил.
2. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в авиадвигателестроении [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Ф. Безъязычный [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2007. — 539 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/798>. — Загл. с экрана.
3. Сундуков, В. К. Высокоэффективное электролитическое формообразование технологической оснастки : учебное пособие для вузов / В. К. Сундуков; ТулГУ. — Тула, 2004 .— 103с. : ил. (ресурс кафедры).
4. Любимов В.В. Методы получения и свойства износостойких покрытий режущего инструмента : учебное пособие / В. В. Любимов, В. М. Волгин, И. В. Гнидина ; ТулГУ .— Тула : Изд-во ТулГУ, 2013 .— 58 с. : ил.
5. Любимов В.В. Формирование микро- и наноструктурированных функциональных поверхностей режущего инструмента : учебное пособие / В. В. Любимов, В. М. Волгин, И. В. Гнидина; ТулГУ.—Тула,2016.—111с.:ил.- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2017100901202910084400002982>, по паролю

6. Архипова, Н. А. Электрофизические и электрохимические методы обработки поверхностей [Электронный ресурс] / Н. А. Архипова, Т. А. Блинова. — Электрон. текстовые данные. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. — 305 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28423.html>

## **8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Электронный читальный зал “БИБЛИОТЕХ” : учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.- Загл. с экрана

2. ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий.-Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>, по паролю.- .- Загл. с экрана

3. Научная Электронная Библиотека eLibrary – библиотека электронной периодики, режим доступа: <http://elibrary.ru/> , по паролю.- Загл. с экрана.

4. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа, режим доступа <http://cyberleninka.ru/> , свободный.- Загл. с экрана.

5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://window.edu.ru.> - Загл. с экрана.

## **9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Пакет офисных приложений «МойОфис».
2. Текстовый редактор Microsoft Word.
3. Программа для работы с электронными таблицами Microsoft Excel.
4. Программа подготовки презентаций Microsoft PowerPoint.
5. COMSOL Multiphysics.
6. SolidWorks Education Edition.
7. Компас-3D.

### **9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

1. Компьютерная справочная правовая система Консультант Плюс.