

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 21.10.2023 13:00:20  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета машиностроения

  
/ Е.В. Сафонов /

« 01 »  2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Элионные и лазерные технологии»**

Направление подготовки

**15.03.01 «Машиностроение»**

Профиль подготовки

**«Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки»**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Москва – 2021г

## 1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «**Элионные и лазерные технологии**» следует отнести:

- формирование знаний и практических навыков проектирования и использования технологических процессов лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки наукоемких изделий современного машиностроения;
- подготовка студентов к практической деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению, в том числе формирование умений по совершенствованию существующих и разработке новых, наукоемких технологий изготовления изделий.

К **основным задачам** освоения дисциплины «**Элионные и лазерные технологии**» следует отнести:

- освоение методологии и методик анализа, выбора и обоснования необходимости применения наиболее эффективного в данных производственных условиях метода физико-химической обработки и технологии на его основе, обеспечивающей высокую технико-экономическую эффективность производства новой техники;
- формирование умений и навыков по обоснованному выбору существующего или создания новых высокоэффективных средств технологического оснащения для реализации технологий лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов;
- освоение методики назначения параметров режима технологий лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки изделий;
- освоение практических навыков и методик разработки и использования технологической документации в области технологий лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки изделий.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «**Элионные и лазерные технологии**» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базового цикла (Б.1) основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «**Элионные и лазерные технологии**» логически и содержательно-методически взаимосвязана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В вариативной части базового цикла (Б.1):*

- «Основы технологии машиностроения»;
- «Материаловедение (вкл. наноматериалы: получение и свойства)»;
- «Оборудование и средства технологического оснащения ФХО»;
- «Основы теории резания, станки и инструмент».

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
ПК-13	Способностью обеспечи-	<b>знать:</b>

	<p>вать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умением осваивать вновь вводимое оборудование.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• методику выбора средств технологического оснащения для технологических процессов лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки изделий;</li> <li>• особенности и требования по размещению технологического оборудования в производственных условиях;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• рассчитывать или назначать параметры режима обработки и нормировать операции ЭФиЭХМО ;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками оформления документации по планировке размещения технологического оборудования.</li> </ul>
ПК-17	<p>умением выбирать основные и вспомогательные материалы, формы организации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации средств технологического оснащения при изготовлении изделий машиностроения</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• технологические возможности лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов, их преимущества и недостатки по отношению к прочим технологиям механической и физико-химической обработки;</li> <li>• методику разработки соответствующих технологических процессов (ТП), выбора средств технологического оснащения (СТО);</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <p>выбрать и обосновать оптимальный метод обработки изделия, подобрать СТО для конкретных производственных условий;</p> <p><b>владеть:</b></p> <p>навыками оформления технологической документации.</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, т.е. 108 академических часа (из них 36 часов – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на третьем курсе в 6 семестре: лекции - 2 часа в неделю (36 часов) лекций, практические занятия – 2 часа в неделю (36 часов). Форма промежуточной аттестации – зачёт.

Структура и содержание дисциплины по срокам и видам работы отражены в приложении 1.

##### Содержание разделов дисциплины.

#### 4.1 Цели и задачи освоения курса, его роль и место в ряду специальных дисциплин. Понятийный аппарат курса.

Обзор и классификация методов, способов и технологий электроэрозионной и электрохимической обработки деталей машин. Понятийный аппарат этой области технологических знаний. Место и роль технологий лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки в машиностроительном производстве. ЭФиЭХМО, как ключевые технологии современной технологии машиностроения.

#### **4.2 Теоретические основы электроэрозионной обработки**

Явление электрической эрозии токопроводящих материалов. Механизм разрушения материала и удаления припуска. Энергетический, тепловой, гидродинамический, термомеханический и термохимический аспекты процесса электроэрозионного разрушения материалов. Кинетический подход к оценке скорости процесса электроэрозионного разрушения материалов.

#### **4.3 Технологические основы электроэрозионной обработки**

Методика оценки основных технологических характеристик процесса электроэрозионного разрушения. Влияние параметров режима на эти характеристики. Методика назначения и расчета параметров режима. Основные технологические операции и их характеристика. Средства технологического оснащения и особенности их проектирования. Основы нормирования операций электроэрозионной обработки и технико-экономическая оценка их эффективности.

#### **4.4 Теоретические основы электрохимической обработки**

Закон Фарадея и история развития прикладной электрохимии. Механизм разрушения материала и удаления припуска. Электродные процессы и процессы переноса в электрохимических системах: энергетический, электрохимический, гидродинамический, кинематический аспекты процесса электрохимической обработки, процессы тепло- и массопереноса, перенос заряда в жидких проводящих средах. Понятие о лимитирующей стадии суммарного электродного процесса.

#### **4.5 Технологические основы электрохимической обработки**

Методика оценки основных технологических характеристик процесса электрохимического растворения металлов и сплавов. Параметры режима электролиза и их влияние на технологические характеристики процесса обработки. Методика назначения и расчета параметров режима. Основные технологические операции и их характеристика. Средства технологического оснащения и особенности их проектирования. Основы нормирования операций электрохимической размерной обработки и технико-экономическая оценка их эффективности.

#### **4.6. Теоретические основы лазерной обработки**

Физические основы взаимодействия лазерного излучения с веществом. Основные законы излучения и поглощения. Генерация света атомами и молекулами. Метастабильные состояния возбужденных систем. Когерентное излучение. Особенности когерентного излучения. Принципы возбуждения (накачки) и снятия возбуждения (генерации). Принципиальная схема устройства технологического лазера.

Анализ нестационарного уравнения теплопроводности применительно к процессам взаимодействия лазерного излучения с веществом. Критическая плотность потока энергии.

#### **4.7. Технологические основы лазерной обработки.**

Классификация лазерного оборудования. Техническая характеристика лазерного оборудования.

Модификация поверхности металлов и сплавов с помощью лучевых технологий. Лазерная закалка железоуглеродистых сталей и сплавов. Функциональные покрытия. Лазерное упрочнение цветных металлов и сплавов. Методы лазерного легирования.

Лазерная сварка. Особенности формирования сварного соединения. Сварка деталей малых толщин. Сварка металлов с глубоким проплавлением. Эффект кинжального проплавления..

Лазерная наплавка. Схемы построения технологического процесса. Расчет режимов подачи вещества и параметров облучения. Отличие наплавки от лазерного легирования. Напряжения. Выбор комбинаций материалов основы и наплавки.

Лазерная резка металлов. Физические процессы при лазерной резке металлов. Газолазерная резка. Прошивка отверстий импульсным излучением.

#### **4.8. Техничко-экономическое обоснование и анализ эффективности внедрения ЭФиЭХМО изделий.**

Оценка и анализ уровня качества технологий. Методика и особенности технико-экономического обоснования ЭФиЭХМО. Сфера эффективного технологического применения методов лазерной, электроэрозсионной и электрохимической обработки.

### **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «**Элионные и лазерные технологии**» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих форм проведения групповых, индивидуальных и аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических и лабораторных работ, индивидуальное обсуждение выполняемых расчетов и защита работ;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «**Элионные и лазерные технологии**» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий.

### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка к выполнению лабораторных и практических работ и их защита.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита лабораторных и практических работ.

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля, образцы экзаменационных билетов приведены в приложении.

#### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

### 6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-13	Способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умением осваивать вводимое оборудование
ПК-17	Умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-13 - Способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умением осваивать вводимое оборудование				
Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>методику выбора средств технологического оснащения для технологических процессов лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки изделий;</li> <li>особенности и требования по размещению технологического оборудования в произ-</li> </ul>	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующим знаниям: - методики выбора оборудования и оснастки, -требований по размещению технологического оборудования в производственных условиях, • методик расчета или назначения параметров режима обработки операций ЭФиЭХМО;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим знаниям: методики выбора оборудования и оснастки, -требований по размещению технологического оборудования в производственных условиях, • – методик расчета или назначения параметров режима обработки и нормирования операций ЭФиЭХМО; Допускаются значительные ошибки, про-	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим знаниям: методики выбора оборудования и оснастки, требований по размещению технологического оборудования в производственных условиях, методик расчета или назначения параметров режима обработки и нормирования операций ЭФиЭХМО; Но при этом допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим знаниям: методики выбора оборудования и оснастки, требований по размещению технологического оборудования в производственных условиях, методик расчета или назначения парамет-

<p>водственных условиях;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• расчет или назначение параметров режима обработки и нормирование операций ЭФиЭХМО.</li> </ul>		<p>является недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>		<p>ров режима обработки и нормирования операций ЭФиЭХМО; Свободно ориентируется в приобретенных знаниях.</p>
<p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• рассчитывать или назначать параметры режима обработки и нормировать операции ЭФиЭХМО ;</li> </ul>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет рассчитывать или назначать параметры режима обработки и нормировать операции ЭФиЭХМО</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим умениям: назначать параметры режима обработки и нормировать операции ТФХО. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим умениям: назначать параметры режима обработки и нормировать операции ЭФиЭХМО. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим умениям: рассчитывать и назначать параметры режима обработки и нормировать операции ФХО. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>владеть:</b></p> <p>навыками оформления документации по планировке размещения технологического оборудования</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками оформления планировки размещения технологического оборудования</p>	<p>Обучающийся владеет навыками оформления планировки размещения технологического оборудования в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет навыками оформления планировки размещения технологического оборудования. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет навыками оформления планировки размещения технологического оборудования, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>ПК-17</b> - умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения</p>				

<p><b>знать:</b> технологические возможности лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов, их преимущества и недостатки по отношению к прочим технологиям механической и физико-химической обработки;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методику разработки соответствующих технологических процессов (ТП), выбора средств технологического оснащения (СТО);</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующим знаниям: технологические возможности лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов, их преимущества и недостатки; методика разработки соответствующих технологических процессов (ТП), выбора средств технологического оснащения (СТО);</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим знаниям: технологические возможности лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов, их преимущества и недостатки; методика разработки соответствующих технологических процессов (ТП), выбора средств технологического оснащения (СТО); Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим знаниям: технологические возможности лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов, их преимущества и недостатки; методика разработки соответствующих технологических процессов (ТП), выбора средств технологического оснащения (СТО), но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим знаниям: технологические возможности лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов, их преимущества и недостатки; методика разработки соответствующих технологических процессов (ТП), выбора средств технологического оснащения (СТО), свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p><b>уметь:</b> выбрать и обосновать оптимальный метод обработки изделия, подобрать СТО для конкретных производственных условий;</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выбрать и обосновать оптимальный метод обработки изделия, подобрать СТО для конкретных производственных условий;</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующим умениям: выбрать и обосновать оптимальный метод обработки изделия, подобрать СТО для конкретных производственных условий; Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующим умениям: выбрать и обосновать оптимальный метод обработки изделия, подобрать СТО для конкретных производственных условий; Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующим умениям: выбрать и обосновать оптимальный метод обработки изделия, подобрать СТО для конкретных производственных условий; Свободно оперирует приобретенными умениями.</p>



<b>владеть:</b> навыками оформления технологической документации.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками оформления технологической документации.	Обучающийся владеет навыками оформления технологической документации в неполном объеме. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками оформления технологической документации. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками оформления технологической документации.
--	--	--	---	---

### 6.1.3. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

#### Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств, представлены в приложении 2 к рабочей программе.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Научно-технические технологии машиностроительного производства: Физико-химические методы и технологии: учебное пособие / Ю.А.Моргунов, Д.В.Панов, Б.П.Саушкин, С.Б.Саушкин; под ред. Б.П.Саушкина. – М.: Издательство «Форум», 2013. – 928 с.: ил. – (Высшее образование)

**б) дополнительная литература:**

1. Маталин А.А Технология машиностроения: учебник / А. А. Маталин. – 2-е изд., испр. – СПб. и др.: Лань. - 2008. - 512 с.

**в) методические указания для проведения практических работ:**

1. Ю.А.Моргунов, В.В.Филиппов Размерообразование и качество поверхности при микродуговом окислении. Методические указания к лабораторной работе №1. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. (№2574).

2. Моргунов Ю.А., Филиппов В.В. Исследование управляющих параметров процесса электроэрозионного синтеза износостойких сверхтвердых покрытий на приращение размера и шероховатость поверхности. Метод. указания к лаб. работе №2. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011 – 22 с.

3. Моргунов Ю.А., Филиппов В.В. Исследование износостойкости и изнашивающей способности поверхностей, упрочненных методом электроэрозионного синтеза покрытий. Методические указания к лаб. работе №3. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011 – 17 с.

4. Саушкин Б.П., Моргунов Ю.А.Физико-химические методы обработки. МГТУ «МАМИ», 2006г., 100с:

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 Изучение средств технологического оснащения операции электрохимической размерной обработки;

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 Изучение средств технологического оснащения операции электроэрозионной размерной обработки.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные аудитории кафедры «Технологии и оборудование в машиностроении» (АВ1502, АВ1510, АВ1508), оснащенные мультимедийными проекторами для показа видеофильмов, слайдов, презентаций. Для проведения практических работ по дисциплине в лабораториях кафедры (АВ1104, АВ1104а, АВ1105, АВ2109 и АВ2102) имеется следующее оборудование: установка для электрохимической обработки длинномерных изделий, копировально-прошивочный и проволочно-вырезной электроэрозионные станки, лазерные установки, металло-режущие станки для изготовления образцов, инструмента и оснастки, средствами и пр.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов разработки технологических процессов поверхностного упрочнения изделий с помощью методов и технологий физико-химической обработки.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

**Задачи самостоятельной работы студента:**

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету и экзамену.

### **Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным и практическим занятиям;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- оформление рефератов по отдельным темам программы;

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

### **Вопросы, выносимые на самостоятельную работу**

1. Проводники второго рода. Зависимости удельной электропроводности от температуры, концентрации растворенного вещества, вида растворителя содержания примесей (ПК-17).
2. Механизм переноса заряда в жидких электролитах (ПК-17).
3. Катодные процессы на электродах. Осаждение металлических покрытий (ПК-13)
4. Аналитическое решение задач электрохимического формообразования. Вывод расчетных формул для случая стационарного и нестационарного электролиза в плоско-параллельном канале, в зазоре между коаксиальными цилиндрами (ПК-17)
5. Утилизация и регенерация электролитов для электрохимической размерной обработки (ПК-17).
6. Влияние электрохимической обработки на параметры качества поверхностного слоя деталей машин (ПК-13).
7. Комбинированные методы с применением электрохимической обработки (ПК-17).
8. Фемто- и пикосекундные лазеры, их технологическое применение (ПК-13).
9. Зависимость коэффициента поглощения лазерного излучения от природы вещества и температуры. (ПК-17).
10. Обоснование поверхностного характера источника тепла при лазерном нагреве (ПК-17).
11. Лазерная микрообработка и гравирование (ПК-17).
12. Назначение газовой среды при лазерной обработке (ПК-17)
13. Волоконные лазеры и их особенности (ПК-13)
14. Механическое упрочнение при воздействии лазерного импульса с высокой плотностью потока мощности (ПК-13).
15. Эффект кинжального проплавления при лазерной сварке (ПК-13).
16. Способы эвакуации продуктов разряда при электроэрозионной обработке (ПК-13).
17. Первичные погрешности обработки при лазерной прошивке отверстий (ПК-13).
18. Первичные погрешности обработки при электрохимическом формообразовании (ПК-17).
19. Первичные погрешности обработки при электроэрозионном формообразовании (ПК-13).
20. Пятикоординатные проволочно-вырезные электроэрозионные станки (ПК-13).
21. Электроискровое легирование и модификация поверхностного слоя (ПК-13).
22. Электроэрозионное аддитивное формообразование (ПК-17).

23. Применение лазеров в аддитивных технологиях (ПК-17).
24. Комбинированные процессы с применением электроэрозионного метода. (ПК-17).
25. Принципы оценки экономической эффективности при использовании лазерных технологий.(ПК-17).
26. Общая классификация методов и технологий физико-химической обработки материалов (ПК-17).
27. Методик оценки уровня качества технологий лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки (ПК-17).

## **10. Методические рекомендации для преподавателя**

Основное внимание при изучении дисциплины «**Элионные и лазерные технологии**» следует уделять изучению основных методов и технологий физико-химической обработки изделий, определению рациональной области их применения. Внимание следует уделять вопросам выбора оптимального метода формообразования изделия в зависимости от конкретных условий и требований по точности и качеству, необходимости назначения вспомогательных операций, определению места операции ЭФиЭХМО в разрабатываемом технологическом маршруте. Уделить внимание оформлению технологической документации при проектировании технологических процессов, выбору оборудования и средств технологического оснащения, методикам выбора параметров режима обработки и нормированию разрабатываемых операций.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и практических работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники и учебные пособия, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- разработанные презентации по различным разделам курса;
- видеоматериалы для закрепления полученной на лекциях информации;
- методические указания для выполнения практических работ.



	параметров режима. Основные технологические операции и их характеристика. Средства технологического оснащения и особенности их проектирования. Основы нормирования операций электроэрозионной обработки и технико-экономическая оценка их эффективности.														
4.	Закон Фарадея и история развития прикладной электрохимии. Механизм разрушения материала и удаления припуска. Электродные процессы и процессы переноса в электрохимических системах: энергетический, электрохимический, гидродинамический, кинематический аспекты процесса электрохимической обработки, процессы тепло- и массопереноса, перенос заряда в жидких проводящих средах. Понятие о лимитирующей стадии суммарного процесса.	7	7-8	4	№1-4 часа		4								
5	Методика оценки основных технологических характеристик процесса электрохимического растворения металлов и сплавов. Параметры режима электролиза и их влияние на технологические характеристики процесса обработки. Методика назначения и расчета параметров режима. Основные технологические операции и их характеристика. Средства технологического оснащения и особенности их проектирования. Основы нормирования операций электрохимической размерной обработки и технико-экономическая оценка их эффективности.	7	9-10	4	№1-2 часа №2-2 часа		4								
6	Физические основы взаимодействия лазерного излучения с веществом. Основные законы излучения и поглощения. Генерация света атомами и молекулами. Метастабильные состояния возбужденных систем. Когерентное излучение. Особенности когерентного излучения. Принципы возбуждения (накачки) и снятия возбуждения (гене-	7	11-12	4	№2-4 часа		4								

	рации). Принципиальная схема устройства технологического лазера. Анализ нестационарного уравнения теплопроводности применительно к процессам взаимодействия лазерного излучения с веществом. Критическая плотность потока энергии.													
7	Классификация лазерного оборудования. Техническая характеристика лазерного оборудования. Модификация поверхности металлов и сплавов с помощью лучевых технологий. Лазерная закалка железоуглеродистых сталей и сплавов. Функциональные покрытия. Лазерное упрочнение цветных металлов и сплавов. Методы лазерного легирования. Лазерная сварка. Особенности формирования сварного соединения. Сварка деталей малых толщин. Сварка металлов с глубоким проплавлением. Эффект кинжального проплавления. Лазерная резка металлов. Физические процессы при лазерной резке металлов. Газолазерная резка. Прошивка отверстий импульсным излучением.	7	13-14	4	№2-4 часа		4							
8	Оценка и анализ уровня качества технологий. Методика и особенности технико-экономического обоснования ЭФиЭХМО. Сфера эффективного технологического применения методов лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки.	7	15-16	4	№2-4 часа		4							
9	Обзорные занятия	7	17-18	4	№2-4 часа		4							
	<b>Форма аттестации</b>		19-21											3
	Всего часов по дисциплине			<b>36</b>	<b>36</b>		<b>36</b>							+

Заведующий кафедрой  
доцент, к. т. н.

/А.Н. Васильев/

# **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Элионные и лазерные технологии»**

по направлению подготовки **15.03.01 «Машиностроение»**.  
Профиль «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки»

## **1. Цели и задачи дисциплины**

К **основным целям** освоения дисциплины «Элионные и лазерные технологии» следует отнести:

- формирование знаний и практических навыков проектирования и использования технологических процессов лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки наукоемких изделий современного машиностроения;
- подготовка студентов к практической деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению, в том числе формирование умений по совершенствованию существующих и разработке новых, наукоемких технологий изготовления изделий.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Элионные и лазерные технологии» следует отнести:

- освоение методологии и методик анализа, выбора и обоснования необходимости применения наиболее эффективного в данных производственных условиях метода физико-химической обработки и технологии на его основе, обеспечивающей высокую технико-экономическую эффективность производства новой техники;
- формирование умений и навыков по обоснованному выбору существующего или создания новых высокоэффективных средств технологического оснащения для реализации технологий лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов;
- освоение методики назначения параметров режима технологий лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки изделий;
- освоение практических навыков и методик разработки и использования технологической документации в области технологий лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки изделий.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП**

Дисциплина «Элионные и лазерные технологии» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базового цикла (Б.1) основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Элионные и лазерные технологии» логически и содержательно-методически взаимосвязана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В вариативной части базового цикла (Б.1):

- «Основы технологии машиностроения»;
- «Материаловедение (вкл. наноматериалы: получение и свойства)»;
- «Оборудование и средства технологического оснащения ФХО»;
- «Основы теории резания, станки и инструмент».



### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

#### Знать:

- методику выбора средств технологического оснащения для технологических процессов лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки изделий;
- особенности и требования по размещению технологического оборудования в производственных условиях;
- технологические возможности лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов, их преимущества и недостатки по отношению к прочим технологиям механической и физико-химической обработки;
- методику разработки соответствующих технологических процессов (ТП), выбора средств технологического оснащения (СТО).

#### Уметь:

- рассчитывать или назначать параметры режима обработки и нормировать операции ТЭФиЭХМО;
- выбрать и обосновать оптимальный метод обработки изделия, подобрать СТО для конкретных производственных условий.

#### Владеть:

- навыками оформления документации по планировке размещения технологического оборудования;
- навыками оформления технологической документации.

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 6
<b>Общая трудоемкость</b>	108(3 з.е.)	108
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
<b>В том числе</b>		
<b>Лекции</b>	36	36
<b>Практические занятия</b>	36	36
<b>Лабораторные занятия</b>	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	36	36
<b>Курсовая работа</b>	нет	нет
<b>Курсовой проект</b>	нет	нет
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	зачёт	зачёт

#### Составители программы:

Д.т.н., профессор кафедры «Технологии и оборудование машиностроения»

Б.П. Саушкин

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ  
ОП (профиль): «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки»  
Форма обучения: **очная**

Кафедра: Технологии и оборудование машиностроения"

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **" Элионные и лазерные технологии "**

- Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств  
2. Описание оценочных средств:

**Составители:**  
**Саушкин Б.П.**

Москва, 2021год

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Элионные и лазерные технологии					
ФГОС ВО 15.03.01 «Машиностроение»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-13	Способностью обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования, умением осваивать вводимое оборудование	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>методику выбора средств технологического оснащения для технологических процессов лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки изделий;</li> <li>особенности и требования по размещению технологического оборудования в производственных условиях;</li> <li>расчет или назначение параметров режима обработки и нормирование операций ЭФиЭХМО.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>рассчитывать или назначать параметры режима обработки и нормировать операции ЭФиЭХМО;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>навыками оформления документации по планировке размещения технологического оборудования</li> </ul>	лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы, практические занятия.	УО	<p><b>Базовый уровень:</b> воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля и при выполнении курсового проекта.</p> <p><b>Повышенный уровень:</b> практическое применение полученных знаний в процессе оформления планировок участков с размещением там как основного, так и вспомогательного оборудования и синхронизация их работы.</p>

ПК-17	<p>умением выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения</p>	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• технологические возможности лазерной, электроэрозионной и электрохимической обработки материалов, их преимущества и недостатки по отношению к прочим технологиям механической и физико-химической обработки;</li> <li>• методику разработки соответствующих технологических процессов (ТП), выбора средств технологического оснащения (СТО);</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <p>выбрать и обосновать оптимальный метод обработки изделия, подобрать СТО для конкретных производственных условий;</p> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками оформления технологической документации.</li> </ul>	<p>лекция, самостоятельная работа, практические занятия, лабораторные работы</p>	<p>УО</p>	<p><b>Базовый уровень</b></p> <p>- знание основных методов и технологий ФХО, способность разработать ТП изготовления изделия с выбором СТО и подготовить комплект КТД с учетом соответствующих стандартов и нормативной документации для стандартных изделий не высокой сложности.</p> <p><b>Повышенный уровень</b></p> <p>- знание основных методов и технологий ФХО, способность разработать ТП изготовления изделия с выбором СТО и подготовить комплект КТД с соблюдением соответствующих стандартов и нормативной документации для стандартных изделий высокой сложности.</p>
-------	--	---	--	-----------	--

\*\* - Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 3 к РП.

Примечание. Студенты, освоившие повышенный уровень компетенций, на экзамене претендуют на оценку «хорошо» и «отлично» в зависимости от качества их ответов.

Студенты, освоившие базовый уровень компетенций, на экзамене претендуют на оценку «удовлетворительно».

## Перечень оценочных средств по дисциплине

### «Элионные и лазерные технологии»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины

### Вариант зачётного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Машиностроения, кафедра «Технологии и оборудование в машиностроении»

Дисциплина "Элионные и лазерные технологии"

Образовательная программа 15.03.01 Машиностроение

Курс 3, семестр 6

### БИЛЕТ №3

1. Классификация методов, способов и технологий ЭФЭХ воздействия на материалы.
2. Нормирование операций ЭХРО и ЭЭО.
3. Применение лазеров в технологиях аддитивного формообразования, конвергентных и когнитивных технологиях.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.Н. Васильев/

### Перечень вопросов к зачёту

Вопросы к зачёту	Код компетенции
Классификация методов, способов и технологий ЭФЭХ воздействия на материалы.	ПК-17
Понятийный аппарат электроэрозионной обработки. Основные операции и их характеристики.	ПК-17
Понятийный аппарат электрохимической обработки. Основные операции и их характеристики.	ПК-17
Физическая модель разрушения материала и съема припуска при ЭЭО.	ПК-17

Физическая модель разрушения материала и съема припуска при ЭХРО.	ПК-17
Законы Фарадея и Лапласа. Описание процесса электрохимического растворения материалов в плоско-параллельном канале.	ПК-17
Роль тепло- и газовой выделения в процессах ЭХРО.	ПК-17
Электрохимические процессы на электродах при ЭХРО.	ПК-17
Процессы переноса в электролитах. Основные стадии суммарной электродной реакции.	ПК-17
Эволюция анодной поверхности в процессе электрохимического растворения. Обработка в плоско-параллельном МЭП, обработка в коаксиальном МЭП.	ПК-17
Явление электрической эрозии материалов. Электроэрозионная обрабатываемость и стойкость материалов. Критерий Палатника.	ПК-17
Низковольтный электрический разряд в жидких диэлектриках. Физическая модель процесса.	ПК-17
Тепловой механизм разрушения материала при ЭЭО. Формирование единичной электроэрозионной лунки.	ПК-17
Механизм выброса материала из микрованны расплава в МЭП.	ПК-17
Гидромеханические процессы в МЭП при ЭЭО.	ПК-17
Термомеханические процессы в материале электрода при ЭЭО.	ПК-17
Инверсия съема материала. Влияние полярности подключения электродов на скорость разрушения материалов.	ПК-17
Основные операции ЭЭО и их характеристика.	ПК-13
Основные операции ЭХРО и их характеристика.	ПК-13
Оценка основных технологических показателей ЭЭО.	ПК-13
Оценка основных технологических показателей ЭХРО.	ПК-13
Основные требования к рабочим жидкостям для ЭЭО.	ПК-13
Основные требования к рабочим жидкостям для ЭХРО.	ПК-13
Технологическое оборудование для ЭЭО. Виды оборудования и характеристика.	ПК-13
Технологическое оборудование для ЭХРО. Виды оборудования и характеристика.	ПК-13
Методика назначения параметров режима обработки для операций ЭЭО.	ПК-17
Методика назначения параметров режима обработки для операций ЭХРО.	ПК-17
Нормирование операций ЭХРО и ЭЭО.	ПК-13
Технико-экономическая оценка эффективности операций ЭЭО и ЭХРО.	ПК-13
Эффективные области применения и перспективы развития технологий электроэрозионной и электрохимической обработки.	ПК-13
Физические основы генерации лазерного излучения. Основные характеристики излучения.	ПК-17
Классификация лазеров и область их применения.	ПК-13
Основные закономерности взаимодействия лазерного излучения с веществом. Механизм разрушения материала и эвакуация продуктов разрушения из рабочей зоны.	ПК-17
Особенности эксплуатации лазерных технологических установок. Безопасность жизнедеятельности и промышленная экология.	ПК-13
Основные технологические процессы лазерной обработки изделий машиностроения, их характеристика и область рационального применения.	ПК-13
Оценка точности лазерной обработки. Суммарная и первичные погрешности обработки.	ПК-13
Формирование поверхностного слоя деталей машин при лазерной обработке. Лазерное полирование и упрочнение.	ПК-17
Оценка производительности и техническое нормирование при лазерной обработке.	ПК-13
Лазерная резка. Разработка технологического процесса, выбор средств техноло-	ПК-13

гического оснащения.	
Лазерная сварка. Разработка технологического процесса, выбор средств технологического оснащения.	<b>ПК-13</b>
Лазерная перфорация отверстий. Разработка технологического процесса, выбор средств технологического оснащения.	<b>ПК-13</b>
Лазерное маркирование, гравирование, фрезерование. Разработка технологического процесса, выбор средств технологического оснащения.	<b>ПК-13</b>
Лазерная модификация свойств поверхностного слоя деталей машин. Разработка технологического процесса, выбор средств технологического оснащения.	<b>ПК-13</b>
Применение лазеров в метрологии. Разработка технологического процесса, выбор средств технологического оснащения.	<b>ПК-13</b>
Применение лазеров в технологиях аддитивного формообразования, конвергентных и когнитивных технологиях.	<b>ПК-17</b>
Технико-экономическая оценка эффективности лазерных технологий.	<b>ПК-13</b>