

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 /

«  »  2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Теоретические основы физико-химической обработки»**

Направление подготовки

**15.03.01 «Машиностроение»**

Профиль подготовки

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

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Москва – 2021 г

## **1. Цели освоения дисциплины**

Цель – дать студентам знания по теоретическим основам методов физико-химических методов обработки (ФХМО), включая обработку концентрированными потоками энергии (КПЭ), и по использованию этих методов для осмысленного выполнения технологических операций обработки материалов.

### **Задачи дисциплины:**

- дать основные понятия и определения ФХМО и методов обработки КПЭ;
- раскрыть сущность процессов взаимодействия концентрированных потоков энергии с веществом;
- показать основные закономерности физико-химического воздействия на конструкционные материалы;
- раскрыть закономерности процессов нестационарной теплопроводности;
- изложить основы аналитической теории теплопроводности применительно к технологиям КПЭ;
- раскрыть принципы обработки различных материалов с помощью КПЭ и ФХМО.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата в профессиональном цикле (вариативная часть)**

Дисциплина относится к вариативной части цикла профессиональных дисциплин. Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при освоении предшествующих дисциплин *базовой части* курса: «Физика в производственных и технологических процессах», «Материаловедение (вкл. наноматериалы: получение и свойства)» и «Физические основы КПЭ».

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин: «Элионные и лазерные технологии», «Технологические основы физико-химической обработки материалов», «Комплексные процессы обработки деталей».

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

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

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать  | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине  |
|-----------------|--|--|
| ОПК-1           | умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. | <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные особенности различных видов КПЭ и ФХМО;</li> <li>• основные принципы воздействия КПЭ на материалы;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• определять размеры областей фазовых изменений в заготовке при действии КПЭ;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами математического и моделирования тепловых процессов в обрабатываемом материале.</li> </ul>                                 |
| ПК-3            | способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения.                                 | <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные положения и понятия аналитической теории нестационарной теплопроводности;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• техникой компьютерного моделирования нестационарных температурных полей с помощью современных вычислительных средств;</li> </ul> |

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины (приложение А) составляет **4** зачетных единиц (**144** академических часа). Дисциплина читается в **5** семестре: всего аудиторных часов **54**, из них **18** часов лекций, **18** часов практических занятий, **18** часов лабораторных работ и курсовая работа, **90** часов самостоятельная работа, предусмотрено выполнение курсовой вычислительной работы,

Форма контроля – экзамен (Э)

## **Структура и содержание разделов дисциплины.**

Структура и содержание разделов дисциплины указаны в **Приложении А** к программе.

### **5 семестр**

#### **4.1 Основные понятия и определения курса**

Понятие теплового потока. Концентрированные потоки энергии и их воздействие на материалы. Принципы технологии обработки материалов с помощью КПЭ и ФХМО, и их сравнение с механообработкой.

#### **4.2 Обзор явлений переноса в обрабатываемых материалах**

Теплопроводность, диффузия, электропроводность, вязкость, их сходство и различие. Сравнение явлений переноса в газах, жидкостях и твёрдых телах. Природа теплопроводности в металлах, полупроводниках и диэлектриках. Теплофизические свойства металлов. Особенности воздействия КПЭ на материалы с различными теплофизическими характеристиками.

#### **4.3 Тепловое действие КПЭ на конструкционные материалы**

Постановка задачи нахождения температурного поля и определения границ фазовых переходов при действии КПЭ. Особенности теплового воздействия КПЭ на материалы в условиях различных технологических процессов обработки КПЭ.

#### **4.4 Аналитические и численные методы решения задач теплопроводности.**

Экспериментальные методы исследования тепловой обстановки в обрабатываемом материале. Плавление, испарение и тепловое разрушение материалов. Особенности фазовых и структурных превращений в жидком и твердом состояниях при воздействиях КПЭ. Методы оценки температурных полей подвижных и неподвижных точечных источников тепла.

#### **4.5 Основные характеристики и области применения ЭЛО.**

Физические основы электроннолучевой обработки. Характеристики и возможности электронного луча, как средства обработки материалов. Технологические процессы обработки материалов с использованием ЭЛ. Принципы построения технологических процессов и требования к оборудованию электроннолучевой обработки.

#### **4.6 Ионная, плазменная и ионно-плазменная технологии.**

Виды и области применения ионно-плазменной технологии. Взаимодействие ионных потоков с веществом. Основные явления при бомбардировке вещества ионами, возможности их технологического использования. Модификация свойств твердых тел при ионной бомбардировке. Основные закономерности ионно-плазменных технологических процессов.

#### **4.7 Основы светолучевой (лазерной) обработки**

Физические явления при взаимодействии излучения лазера с веществом. Возможности фокусировки ЛИ. Частотные диапазоны излучения лазеров различных типов. Свойства и энергетические характеристики лазерного излучения. Зависимость глубины проникновения ЛИ в материал от свойств материала и длины волны. Конфигурация и параметры источника теплоты в материале, при воздействии ЛИ. Принципы использования лазерного излучения для построения технологических процессов.

#### **4.8 Электроэрозионная размерная обработка (ЭЭО)**

Физические, физико-механические и физико-химические явления при искровом разряде. Характеристика различных компонент энергии, поступающих на электроды при искровом разряде. Рабочие параметры ЭЭО. Газогидродинамические процессы в МЭП при искровом разряде. Термомеханические процессы в материале электродов при искровом разряде. Физика электроискрового легирования.

### **5. Образовательные технологии**

При реализации различных видов занятий предусматривается использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий. С целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся проводятся:

- подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;
- защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов самостоятельной работы;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме тестирования;

Эти формы обучения используются при проведении практических занятий с привязкой темы занятий к решению конкретных задач освоения дисциплины. В рамках учебного курса предусматриваются: посещения лабораторий специализированных кафедр МПТУ («Технология и оборудование машиностроения», производственных участков и лабораторий МПТУ), экскурсии на передовые предприятия ММПП «САЛЮТ», ФГУП «НПО «Техномаш» и другие, а также ежегодные международные специализированные выставки. («ВЦ «Сокольники», «Экспо Центр»).

В раздел «Самостоятельная работа студентов» включается работа по подготовке к выполнению лабораторных и практических работ, подготовке к их защитам, более углубленное изучение материала по рекомендуемой преподавателем литературе, а также выполнение курсовой вычислительной работы.

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

Текущий контроль знаний студентов в процессе изучения дисциплины осуществляется с помощью тестов, опросов при проведении практических занятий, выступлений с докладами по отдельным темам, по результатам защиты курсовой работы. Контрольные вопросы для промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины и темы курсовой вычислительной работы, а также темы лабораторных работ приведены в приложении Б.

### **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:

| <b>Код компетенции</b> | <b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>   |
|------------------------|--|
| ОПК-1                  | умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. |
| ПК-3                   | способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области 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).

|   |                   |
|---|-------------------|
| <b>ОПК-1 - умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</b> |                   |
|   | <b>Показатель</b> |

| <b>Показатель</b>  | <b>2</b>  | <b>3</b>   | <b>4</b>  | <b>5</b>   |
|--|---|--|---|--|
| <p><b>знать:</b><br/>основные особенности различных видов КПЭ; основные принципы воздействия КПЭ на материалы;</p> | <p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: Основных принципов и закономерностей воздействия КПЭ на материалы.</p>    | <p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основных принципов и закономерностей воздействия КПЭ на материалы<br/>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, ряда соотношений и показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные особенности различных видов КПЭ; основных принципов и закономерностей воздействия КПЭ на материалы, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основных принципов и закономерностей воздействия КПЭ на материалы, свободно оперирует основными положениями и понятиями аналитической теории нестационарной теплопроводности всеми приобретенными знаниями.</p> |
| <p><b>уметь:</b><br/>определять размеры областей фазовых изменений в заготовке при действии КПЭ;</p>               | <p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять расчеты по оценке результатов воздействия КПЭ на материалы; не владеет современным математическим</p> | <p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: выполнять расчеты по оценке результатов воздействия КПЭ на материалы,</p>   | <p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: выполнять расчеты по оценке результатов воздействия</p>   | <p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: выполняет расчеты по оценке результатов воздействия КПЭ на материалы, в</p>   |

|   |  |  |   |  |
|---|--|--|---|--|
|   | аппаратом для проведения расчётов.   | Допускаются значительные ошибки, не в полной мере владеет современным математическим аппаратом для проведения расчётов, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации. | КПЭ на материалы, владеет математическим аппаратом для проведения расчётов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | полной мере владеет современными пакетами программного обеспечения для проведения расчётов и моделирования свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.  |
| <b>владеть:</b> методами математического моделирования тепловых процессов в обрабатываемом материале. | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами математического моделирования тепловых процессов в обрабатываемом материале с помощью средств автоматизированного проектирования | Обучающийся владеет методами и методиками математического моделирования тепловых процессов в обрабатываемом материале в недостаточной степени в недостаточной степени средства автоматизированного проектирования.                   | Обучающийся частично владеет методами математического моделирования тепловых процессов в обрабатываемом материале, но затрудняется в переносе их на нестандартные ситуации.                                     | Обучающийся в полном объеме владеет методами математического и компьютерного моделирования тепловых процессов в обрабатываемом материале с помощью стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования применяет и применяет их в ситуациях повышенной сложности. |



| <b>ПК - 3 - способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения.</b> |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| <b>знать:</b><br>основные положения и понятия аналитической теории нестационарной теплопроводности;  | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний основных положений и понятий аналитической теории нестационарной теплопроводности; | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знания основных положений и понятий аналитической теории нестационарной теплопроводности; допускаются значительные ошибки, обучающийся испытывает затруднения при оперировании знаниями.   | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знания основных положений и понятий аналитической теории нестационарной теплопроводности, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.                               | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методов, правил и областей применения КПЭ в технологических процессах обработки материалов, свободно оперирует приобретенными знаниями. |
| <b>уметь:</b><br>проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы;  | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы.        | Обучающийся демонстрирует не полное умение моделировать и проводить расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы. Допускаются значительные ошибки, обучающийся, испытывает затруднения при оперировании умениями и при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует устойчивое умение моделировать и проводить расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы, но допускаются некоторые ошибки, обучающийся испытывает затруднения при распространении умений на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.  |

|   |   |  |  |  |
|---|---|--|--|--|
| <b>владеть:</b><br>техникой<br>компьютерно<br>го<br>моделировани<br>я<br>нестационарн<br>ых<br>температурны<br>х полей с<br>помощью<br>современных<br>вычислительн<br>ых средств; | Обучающийся<br>не владеет<br>техникой<br>компьютерного<br>моделирования<br>нестационарны<br>х<br>температурных<br>полей с<br>помощью<br>вычислительны<br>х средств, не<br>умеет<br>пользоваться<br>современными<br>вычислительны<br>ми системами. | Обучающийся не<br>в полной мере<br>владеет техникой<br>компьютерного<br>моделирования<br>нестационарных<br>температурных<br>полей с помощью<br>вычислительных<br>средств, владеет<br>современными<br>вычислительным<br>и системами в<br>недостаточной<br>мере. | Обучающийся в<br>полной мере<br>владеет<br>техникой<br>компьютерного<br>моделирования<br>нестационарных<br>температурных<br>полей с<br>помощью<br>вычислительных<br>средств, но<br>допускаются<br>незначительные<br>ошибки,<br>неточности,<br>затруднения при<br>переносе умений<br>на новые,<br>ситуации. | Обучающийся в<br>полном объеме<br>владеет:<br>свободно<br>применяет<br>полученные<br>навыки в<br>ситуациях<br>повышенной<br>сложности. |
|---|---|--|--|--|

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

## 6.2 Форма промежуточной аттестации: экзамен.

### Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом, 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 «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

**Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации** в форме экзамена является выполнение студентом курсовой вычислительной работы.

| Шкала оценивания | Описание |
|------------------|----------|
|------------------|----------|

|                     |  |
|---------------------|--|
| Отлично             | <p>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. 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.</p>           |
| Хорошо              | <p>Выполнены все <b>обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации</b>, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: <b>Основных принципов и функций</b>, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>   |
| Удовлетворительно   | <p>Выполнены все <b>обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации</b>, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: <b>Основных принципов и функций маркетинга</b>. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p> |
| Неудовлетворительно | <p>Не выполнены <b>обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации</b>, предусмотренные программой дисциплины, <b>ИЛИ</b> Студент демонстрирует</p>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>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.</p> |
|--|---|

Фонды оценочных средств представлены в Приложении В к рабочей программе.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

*а) основная литература:*

1. Моргунов Ю.А., Панов Д.В., Саушкин Б.П., Саушкин С.Б., под ред. Б.П. Саушкина. Научные технологии машиностроительного производства. Физико-химические методы и технологии: учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению подготовки «Машиностроение» - М., «Форум» 2013г., 928с.
2. Овсянников Б.Л. Задачи нестационарной теплопроводности в технологии КПЭ.: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ МАМИ 2011. - 96с.

### *Методические указания к практическим и исследовательским работам по*

#### **1. направлению подготовки**

*б) дополнительная литература:*

1. Елисеев Ю.С., Саушкин Б.П. Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2010.- 563с., ил.

*в) интернет – ресурсы:*

1. <http://books.ifmo.ru/file/pdf/335.pdf>  
Либенсон М.Н. и др. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Конспект лекций. ИТМО Спб. 2008. В открытом доступе.
2. <https://studfiles.net/preview/1193648/>  
Цилрельман Н.М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса. Уфа 2002г. В открытом доступе.
3. [http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/130\\_Borisov-Mashkova\\_2011.pdf](http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/130_Borisov-Mashkova_2011.pdf)  
Борисов А.М., Машкова Е.С. Физические основы ионно-лучевых технологий. Москва 2011. В открытом доступе.

*г) методические указания для проведения лабораторных и практических работ:*

1. Овсянников Б.Л. Задачи нестационарной теплопроводности в технологии КПЭ.: Ученое пособие для выполнения практических работ и курсовой работы по курсу «ТОО КПЭ». – М.: Изд-во МГТУ МАМИ 2011. - 96с.
2. Овсянников Б.Л., Филиппов В.В. Лабораторный практикум Учебное пособие. – М.: Изд-во МПТУ 2019. - 39с.
3. Смелянский В.М., Моргунов Ю.А., Филиппов В.В. Исследование импульсов технологического тока при нанесении покрытий по технологии электроэрозионного синтеза. Метод. указания к лабораторной работе №2 КПЭ по курсу "Теоретические основы обработки концентрированными потоками энергии" для студентов, обучающихся по специальности 150206.65, МГТУ «МАМИ», 2010г.

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

Лекционные аудитории кафедры «Технология и оборудования машиностроения», оснащенные мультимедийными проекторами для показа видеофильмов, слайдов, презентаций, компьютерный класс кафедры (АВ1517), лаборатория «Электрофизических методов обработки» (АВ1409) кафедры, оборудованные металлообрабатывающими станками, установками КПЭ (макет станка 4-ОЭП-9) со специально изготовленной оснасткой, средствами автоматизации производства, контрольно-измерительными приборами, компьютерной и проектной техникой, стендами и наглядными пособиями. Кроме этого используются производственные мощности малого предприятия «Автотехнология», филиала кафедры «Технология машиностроения» на ММПП «САЛЮТ».

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

Рекомендуется проводить самостоятельные занятия в компьютерном классе с использованием прикладных программ, приведённых в пособии: «Задачи нестационарной теплопроводности в технологии КЭЭ». Овсянников Б.Л. Ученое пособие. – М.: Изд-во МГТУ МАМИ 2011.

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

При подготовке к обсуждению тем программы рекомендуется использовать наглядные пособия и компьютерные программы моделирования электрических и тепловых явлений.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе**

- А. Структура и содержание дисциплины.
- Б. Примерные темы курсовой работы.
- В. Фонд оценочных средств (контрольные вопросы для промежуточной аттестации).
- В. Тематика лабораторных работ
- Г. Аннотация рабочей программы дисциплины

по направлению подготовки **15.03.01 «Машиностроение»**, профиль подготовки **«Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки»**

| Раздел  | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах |      |                      |     |     | Виды самостоятельной работы студентов |      |     |       |    | Формы аттестации |   |  |
|---|---------|-----------------|--|------|----------------------|-----|-----|---------------------------------------|------|-----|-------|----|------------------|---|--|
|   |         |                 | Л  | П.З. | Лаб.                 | СРС | КСР | К.Р.                                  | К.П. | РГР | Рефр. | /р | Э                | З |  |
| <b>1. Основные понятия и определения курса.</b> Понятие теплового потока. Концентрированные потоки энергии и их воздействие на материалы. Принципы технологии обработки материалов с помощью КПЭ и ФХМО, и их сравнение с механообработкой.   | 5       | 1-2             | 2  | 2    | Лабораторная №1/4час | 11  |     |                                       |      |     |       |    |                  |   |  |
| <b>2 Обзор явлений переноса в обрабатываемых материалах</b><br>Теплопроводность, диффузия, электропроводность, вязкость, их сходство и различие. Сравнение явлений переноса в газах, жидкостях и твёрдых телах. Природа теплопроводности в металлах, полупроводниках и диэлектриках. Теплофизические свойства металлов. Особенности воздействия КПЭ на материалы с различными теплофизическими характеристиками | 5       | 3-5             | 3  | 3    |                      | 11  |     |                                       |      |     |       |    |                  |   |  |
| <b>3 Тепловое действие КПЭ на конструкционные материалы</b><br>Постановка задачи нахождения температурного поля и определения границ фазовых переходов при действии   | 5       | 6-7             | 2  | 2    | Лабораторная №1/4час | 11  |     |                                       |      |     |       |    |                  |   |  |

|   |   |       |   |   |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|-------|---|---|----------------------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|
| КПЭ. Особенности теплового воздействия КПЭ на материалы в условиях различных технологических процессов обработки КПЭ.   |   |       |   |   |                      |    |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>4. Аналитические и численные методы решения задач теплопроводности.</b> Экспериментальные методы исследования тепловой обстановки в обрабатываемом материале. Плавление, испарение и тепловое разрушение материалов. Особенности фазовых и структурных превращений в жидком и твердом состояниях при воздействия КПЭ. Методы оценки температурных полей подвижных и неподвижных точечных источников тепла. | 5 | 8-10  | 3 | 3 | Лабораторная №2/4час | 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>5 Основные характеристики и области применения ЭЛЭ.</b> Физические основы электроннолучевой обработки. Характеристики и возможности электронного луча, как средства обработки материалов. Технологические процессы обработки материалов с использованием ЭЛ. Принципы построения технологических процессов и требования к оборудованию электроннолучевой обработки.  | 5 | 11-12 | 2 | 2 |                      | 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>6 Ионная, плазменная и ионно-плазменная технологии.</b> Виды и области применения ионно-плазменной технологии. Взаимодействие ионных потоков с веществом. Основные явления при бомбардировке вещества ионами, возможности их технологического  | 5 | 13-14 | 2 | 2 | Лабораторная №2/4час | 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |   |       |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |   |  |
|--|---|-------|----|----|----------------------|----|--|--|--|--|--|--|---|--|
| использования. Модификация свойств твердых тел при ионной бомбардировке. Основные закономерности ионно-плазменных технологических процессов  |   |       |    |    |                      |    |  |  |  |  |  |  |   |  |
| <b>7 Основы светолучевой (лазерной) обработки.</b> Физические явления при взаимодействии излучения лазера с веществом. Возможности фокусировки ЛИ. Частотные диапазоны излучения лазеров различных типов. Свойства и энергетические характеристики лазерного излучения. Зависимость глубины проникновения ЛИ в материал от свойств материала и длины волны. Конфигурация и параметры источника теплоты в материале, при воздействии ЛИ. Принципы использования лазерного излучения для построения технологических процессов. | 5 | 15-16 | 2  | 2  | Лабораторная №5/2час | 13 |  |  |  |  |  |  |   |  |
| <b>8 Электроэрозионная размерная обработка (ЭЭО)</b> Физические, физико-механические и физико-химические явления при искровом разряде. Характеристика различных компонент энергии, поступающих на электроды при искровом разряде. Рабочие параметры ЭЭО. Газогидродинамические процессы в МЭП при искровом разряде. Термомеханические процессы в материале электродов при искровом разряде. Физика электроискрового легирования.   | 5 | 17-18 | 2  | 2  |                      | 11 |  |  |  |  |  |  |   |  |
| <b>Итого:</b>  |   |       | 18 | 18 | 18                   | 90 |  |  |  |  |  |  | 5 |  |
|  |   |       |    |    |                      | 10 |  |  |  |  |  |  |   |  |



Заведующий кафедрой «Технология  
и оборудование машиностроения», профессор

А.Н. Васильев

### **Темы курсовой работы:**

1. Расчёт температурного поля импульсного точечного источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение границ проплавления в зависимости от энергии импульса при фиксированной длительности импульса.
2. Расчёт температурного поля импульсного точечного источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение границ проплавления в зависимости от длительности импульса при фиксированной энергии импульса.
3. Расчёт оптимальной длительности импульса точечного источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение границ проплавления для заданного набора энергий импульса.
4. Расчёт температурного поля импульсного нормально распределённого источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение распределения температуры на поверхности при фиксированной длительности импульса.
5. Расчёт температурного поля мощного быстродвижущегося источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение границ проплавления в зависимости от погонной энергии источника.
6. Расчёт температурного поля мощного быстродвижущегося источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение максимальной температуры в центре источника и ширины зоны проплавления при заданной погонной энергии источника.

### **Контрольные вопросы для промежуточных аттестаций студентов по итогам освоения дисциплины «Теоретические основы обработки концентрированными потоками энергии»**

1. Принципы технологии обработки материалов с помощью КПЭ и их сравнение с механообработкой.
2. Обзор и сравнительные характеристики основных источников КПЭ и области их применения.
3. Основы аналитической теории теплопроводности, границы применимости теории, понятие температурного поля, виды температурных полей и способы их описания.
4. Основной закон теплопроводности, понятие градиента и напряжённости температурного поля, связь между потоком тепла и напряжённостью поля.
5. Перенос тепла, как частный случай явлений переноса. Сопоставление теплопроводности и диффузии.
6. Понятия теплового сопротивления и тепловой проводимости и температуропроводности.
7. Вывод дифференциального уравнения температурного поля для стержня.
8. Понятие дивергенции векторного поля, теплосодержание, теорема Гаусса-Остроградского, уравнение теплопроводности в пространстве.
9. Теплопроводность газов, жидкостей и твёрдых тел. Составляющие теплопроводности металлов. Связь теплопроводности и электропроводности.
10. Решение уравнения теплопроводности. Начальные и граничные условия. Понятие краевой задачи. Граничные условия первого и второго рода.

11. Упрощение краевых задач при действии КПЭ. Основные модели нагреваемых тел и источников тепла.
12. Нахождение температурного поля для полу бесконечного тела, введение фиктивного источника тепла для случаев изотермической и адиабатической границ тела.
13. Температурное поле мгновенного точечного источника тепла в полу бесконечном теле. Зависимости температуры от времени при фиксированном расстоянии, и от расстояния при фиксированном времени.
14. Вывод формулы, связывающей расстояние, на котором находится максимум температуры с временем его достижения для МТИ. Формула положения изотермы с заданной температурой.
15. Взаимосвязь теплосодержания, скрытой теплоты плавления и испарения для фиксированного объёма металла.
16. Вывод формулы, выражающей зависимость радиуса изотермы плавления от времени для полубесконечного тела, определение времени пребывания в состоянии плавления.
17. Понятие термического КПД. КПД МТИ для полубесконечного тела.
18. Температурные поля бесконечной пластины и стержня. Учёт поверхностной теплоотдачи. Сравнение температурных полей типовых моделей, нагреваемых тел.
19. Температурное поле точечного, постоянно действующего источника тепла (ПДИ) для полубесконечного тела. Три этапа изменения температуры.
20. Температурное поле импульсного точечного источника (ИТИ) в полубесконечном теле. Принципы получения введением фиктивного источника.
21. Температурное поле точечного подвижного источника теплоты. Понятие быстро движущегося источника (МБИТ). Формула температурного поля МБИТ в полубесконечном теле и принцип её получения.
22. Формулы расчёта максимальной температуры в заданной точке тела и расчёта длины ванны расплава для МБИТ.
23. Формулы расчёта мгновенной скорости охлаждения и ширины зоны, нагретой до температуры выше заданной для МБИТ,
24. Расчёт времени пребывания металла при температуре выше заданной в полубесконечном теле при действии МБИТ.
25. Нормально распределённый источник тепла. Коэффициент сосредоточенности. Эффективный диаметр.
26. Формула связи мощности нормально распределённого источника и поверхностной плотности мощности в его центре. Формула вычисления для мощности, падающей в заданный круг.
27. Температурное поле нормально распределённого источника тепла. Температура в центре неподвижного источника. Температура предельного состояния в центре.
28. Понятия критической плотности мощности для импульсного постоянно действующего источников тепла. Основные формулы.
29. Зависимость объёма проплавления материала от коэффициента сосредоточенности нормально распределённого источника тепла при воздействии КПЭ.
30. Характеристики и возможности электронного луча, как средства обработки материалов. Технологические процессы обработки материалов с использованием ЭЛ.
31. Взаимодействие электронного луча с веществом, глубина проникновения, рассеяние электронов, отражение и поглощение электронов.
32. Основные параметры электронного луча и их зависимость от вида технологического процесса.
33. Основные виды излучения при взаимодействии электронного потока с веществом и их характеристики.
34. Характеристики глубокого проплавления при воздействии КПЭ.
35. Особенности взаимодействия ЭЛ с веществом при глубоком проплавлении.
36. Параметры ЭЛ при сварке и при размерной обработке.

37. Ионное плакирование с помощью электронного луча.
38. Взаимодействие ионных потоков с веществом. Сравнение воздействия электронных и ионных потоков.
39. Получение плазменных и ионных потоков для технологических целей.
40. Ионно-плазменная очистка поверхностей материалов.
41. Ионно-плазменное полирование и создание шероховатости поверхностей материала.
42. Применение плазменных и ионных потоков для распыления вещества и нанесения пленок.
43. Плазменное нанесение покрытий из порошков.
44. Взаимодействие электромагнитного излучения (ЛИ) с металлами, полупроводниками и диэлектриками.
45. Зависимость глубины проникновения ЛИ в материал от его электропроводности.
46. Зависимость глубины проникновения ЛИ в материал от длинна волны излучения.
47. Конфигурация и параметры источника теплоты в материале, при воздействии ЛИ.
48. Применения ЛИ в технологии обработки материалов.
49. Обработка материалов с помощью искровых разрядов (ЭЭО).
50. Возникновение искрового разряда в вакууме.
51. Возникновение искрового разряда в жидкой диэлектрической среде.
52. Физика взаимодействия искрового разряда с веществом.
53. Характеристики ионной компоненты энергии, выделяющейся на электродах при искровом разряде.
54. Характеристики факельной компоненты энергии, выделяющейся на электродах при искровом разряде.
55. Характеристики лучистой компоненты энергии, выделяющейся на электродах при искровом разряде.
56. Характеристики объемной компоненты энергии, выделяющейся на электродах при искровом разряде.
57. Газогидродинамические процессы в МЭП при искровом разряде.
58. Термомеханические процессы в материале электродов при искровом разряде.
59. Электроискровое легирование.
60. Физико-химические процессы микро дугового оксидирования материалов.

## Приложение Г

### Тематика лабораторных работ.

1. Исследование зависимости качества поверхности детали от режима копировально-прошивочной электроэрозионной обработки. 4 час. КП станок АЖИ FORM20
2. Исследование точности вырезной электроэрозионной обработки. 4 часа станок Agiecut200
3. Исследование точности копировально-прошивочной электроэрозионной микрообработки. 4 часа макет станка 40-ЭП-10М.
4. Исследование режимов газолазерной резки металлов твёрдотельным лазером на АИГ. 2 часа Макет лазерной установки.
5. Исследование режимов резки пластмасс газовым отпаянным лазером на CO<sub>2</sub>. 2 часа. Макет лазерной установки
6. Исследование режимов газоплазменной резки металлов. 2 часа. Макет газоплазменной установки

## Аннотация рабочей программы учебной дисциплины

### 1. Название, назначение, структура, содержание дисциплины

|   |   |  |
|---|---|--|
| 1 | Наименование дисциплины по учебному плану   | Теоретические основы физико-химической обработки                         |
| 2 | Направление подготовки  | 15.03.01 «Машиностроение»  |
| 3 | Образовательная программа (профиль подготовки)  | «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки»              |
| 4 | Уровень и форма обучения  | Бакалавр, очная  |
| 5 | Семестр обучения  | 5  |
| 6 | Трудоёмкость по уч. плану (з.е.)<br>Всего зачётных единиц<br>Всего часов,<br>из них:<br>Аудиторные занятия,<br>в том числе:<br>лекции (Л) –<br>семинары и практические занятия (П/С) -<br>лабораторные работы (ЛР) -  | 4 з. е.<br>144 часа<br><br>54 часа<br><br>18 час<br><br>18 час<br>18 час |
| 7 | Виды самостоятельной работы студентов: курсовой проект (КП), курсовая работа (КР), расчётно-графическая работа (РГР), реферат (РФ).   |  |
| 8 | Формы аттестации: экзамен (Э), зачёт (З), другие  | Э  |
| 9 | <b>Основные разделы дисциплины: Теоретические основы физико-химической обработки</b> 1 Понятие теплового потока. Концентрированные потоки энергии и их воздействие на материалы. Принципы технологии обработки материалов с помощью КПЭ и ФХМО. 2 Обзор явлений переноса в обрабатываемых материалах Теплофизические свойства металлов. Особенности воздействия КПЭ на материалы с различными теплофизическими характеристиками. 3 Тепловое действие КПЭ на конструкционные материалы Постановка задачи нахождения температурного поля и определения границ фазовых переходов при действии КПЭ. 4 Аналитические и численные методы решения задач теплопроводности. Экспериментальные методы исследования тепловой обстановки в обрабатываемом материале. Плавление, испарение и тепловое разрушение материалов. Методы оценки температурных полей подвижных и неподвижных точечных источников тепла. 5 Основные характеристики и области применения ЭЛО. Физические основы электроннолучевой обработки. |  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Характеристики и возможности электронного луча, как средства обработки материалов. Технологические процессы обработки материалов с использованием ЭЛ. 6 Ионная, плазменная и ионно-плазменная технологии. Виды и области применения ионно-плазменной технологии. Взаимодействие ионных потоков с веществом. Основные явления при бомбардировке вещества ионами, возможности их технологического использования. Основные закономерности ионно-плазменных технологических процессов. 7 Основы светолучевой (лазерной) обработки. Физические явления при взаимодействии излучения лазера с веществом. Возможности фокусировки ЛИ. Частотные диапазоны излучения лазеров различных типов. Свойства и энергетические характеристики лазерного излучения. Зависимость глубины проникновения ЛИ в материал от свойств материала и длины волны. Конфигурация и параметры источника теплоты в материале, при воздействии ЛИ. Принципы использования лазерного излучения для построения технологических процессов. 8 Электроэрозионная размерная обработка (ЭЭО) Физические, физико-механические и физико-химические явления при искровом разряде. Характеристика различных компонент энергии, поступающих на электроды при искровом разряде. Рабочие параметры ЭЭО. Газогидродинамические процессы в МЭП при искровом разряде. Термомеханические процессы в материале электродов при искровом разряде. Физика электроискрового легирования.</p> |
|--|---|

## 2. Требования к начальной подготовке и результатам освоения дисциплины

|      |   |   |
|------|---|---|
| 1    | Требования к уровню подготовки к изучению дисциплины:                 | «Физика в производственных и технологических процессах»,<br>«Материаловедение (вкл. наноматериалы: получение и свойства)», в объёме университета. |
| 1.1  | Наличие специальных компетенций                                       | Не требуется  |
| 1.2  | Должен знать  | Основы технологии машиностроения. Основные физические законы. Основы физики микромира. Основы термодинамики.                                      |
| 1.3  | Должен уметь  |   |
| 1.4  | Должен владеть  |   |
| 2    | Результаты освоения дисциплины  |   |
| 2.1. | Будут сформированы компетенции в соответствии с ФГОС и учебным планом | ОПК- 1, ПК - 3  |
| 2.2. | Учащийся приобретёт знания и умения:                                  | основных особенностей различных видов ФХО;<br>основные принципы воздействия КПЭ на материалы;<br>методы правила и области применения ФХО и КПЭ в  |

|      |                             |  |
|------|-----------------------------|--|
|      |                             | технологических процессах обработки материалов.  |
| 2.3. | Учащийся овладеет навыками: | <p>моделирования и расчёта нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы с помощью современных вычислительных средств;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять размеры областей поражения заготовки при действии КПЭ;</li> <li>- выбирать средства и определять режимы КПЭ для различных технологических целей;</li> </ul> |

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

Направление подготовки: **15.03.01 «Машиностроение»**

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

Форма обучения:

**очная**

Кафедра: **«Технология и оборудование машиностроения»**

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **«Теоретические основы физико-химической обработки»**

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Курсовая работа, (К/Р),

Фонд тестовых заданий, (Т),

Доклад, сообщение, (ДС),

Устный опрос, собеседование, (УО)

**Составители:**

**Доцент, к.т.н. Овсянников Б.Л.**

Москва, 2021 год



**ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

ФГОС ВО 15.03.01 «Машиностроение»

**«Теоретические основы физико-химической обработки»**

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     | ФОРМУЛИРОВ-КА |                      |                                     |                             |                                      |
|             |               |                      |                                     |                             |                                      |

|                     |  |  |  |               |  |
|---------------------|--|--|--|---------------|--|
| <p><b>ОПК-1</b></p> | <p>Обладать умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.</p> | <p><b>знать:</b> основные особенности различных видов КПЭ; основные принципы воздействия КПЭ на материалы; основные положения и понятия аналитической теории нестационарной теплопроводности<br/><b>уметь:</b> проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы с помощью современных вычислительных средств; определять размеры областей фазовых изменений в заготовки при действии КПЭ;<br/><b>владеть:</b> методами математического и компьютерного моделирования тепловых процессов в обрабатываемом материале с помощью стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования</p> | <p>лекция, самостоятельная работа, лабораторная работа</p> | <p>ДС, УО</p> | <p><b>Базовый уровень</b><br/><u>Знает:</u> - основные особенности различных видов КПЭ;<br/>- основные принципы воздействия КПЭ на материалы; <u>Может</u> проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ с применением стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования;<br/><b>Повышенный уровень</b><br/><u>Знает:</u> - основные особенности различных видов КПЭ;<br/>- основные принципы воздействия КПЭ на материалы и определять размеры областей фазовых изменений в заготовки при действии КПЭ; <u>Может</u> проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ в сложных случаях с применением стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования.</p> |
|---------------------|--|--|--|---------------|--|

|      |  |  |  |               |  |
|------|--|--|--|---------------|--|
| ПК-3 | <p>Обладать способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области машиностроения.</p> | <p><b>знать:</b> основные положения и понятия аналитической теории нестационарной теплопроводности;</p> <p><b>уметь:</b> проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы;</p> <p><b>владеть:</b> техникой компьютерного моделирования нестационарных температурных полей с помощью современных вычислительных средств;</p> | <p>лекция, самостоятельная работа, лабораторная работа</p> | <p>ДС, УО</p> | <p><b>Базовый уровень</b><br/> <u>Знает:</u> - основные положения и понятия аналитической теории нестационарной теплопроводности;<br/> <u>Может</u> проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы; с помощью техники компьютерного моделирования нестационарных температурных полей с помощью современных вычислительных средств;</p> <p><b>Повышенный уровень</b><br/> <u>Знает:</u> - основные положения и понятия аналитической теории нестационарной теплопроводности;<br/> <u>Может</u> проводить моделирование и расчёты нестационарных температурных полей при воздействии КПЭ на материалы; с помощью техники компьютерного моделирования нестационарных температурных полей с помощью современных вычислительных средств в сложных, практически важных случаях.</p> |
|------|--|--|--|---------------|--|

\*\* - Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.

**Перечень оценочных средств по дисциплине  
«Теоретические основы обработки концентрированными  
потоками энергии»**

| №<br>ОС | Наименование<br>оценочного<br>средства | Краткая характеристика оценочного<br>средства   | Представление<br>оценочного<br>средства в ФОС |
|---------|--|---|---|
| 1       | К/Р                                    | Самостоятельная работа, выполненная по индивидуальному заданию и содержащая описательную и расчётную части. В описательной части кратко излагаются теоретические обоснования расчётной части, приводятся расчётные формулы и описываются алгоритмы расчётов. В расчётной части приводятся компьютерные программы расчёта с краткими комментариями и результаты счёта в графическом виде. Работа представляется преподавателю в указанный срок и защищается устно. | Темы курсовых работ                           |
| 2       | Устный опрос<br>собеседование,<br>(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.  | Варианты вопросов по темам                    |

**Примеры вопросов для обсуждения и подготовки к зачёту и экзамену.**

**Вопросы к экзамену**

61. Принципы технологии обработки материалов с помощью КПЭ и их сравнение с механообработкой.
62. Обзор и сравнительные характеристики основных источников КПЭ и области их применения.
63. Основы аналитической теории теплопроводности, границы применимости теории, понятие температурного поля, виды температурных полей и способы их описания.
64. Основной закон теплопроводности, понятие градиента и напряжённости температурного поля, связь между потоком тепла и напряжённостью поля.
65. Перенос тепла, как частный случай явлений переноса. Сопоставление теплопроводности и диффузии.
66. Понятия теплового сопротивления и тепловой проводимости и температуропроводности.
67. Вывод дифференциального уравнения температурного поля для стержня.
68. Понятие дивергенции векторного поля, теплосодержание, теорема Гаусса-Остроградского, уравнение теплопроводности в пространстве.
69. Теплопроводность газов, жидкостей и твёрдых тел. Составляющие теплопроводности металлов. Связь теплопроводности и электропроводности.
70. Решение уравнения теплопроводности. Начальные и граничные условия. Понятие краевой задачи. Граничные условия первого и второго рода.
71. Упрощение краевых задач при действии КПЭ. Основные модели нагреваемых тел и источников тепла.
72. Нахождение температурного поля для полубесконечного тела, введение фиктивного источника тепла для случаев изотермической и адиабатической границ тела.
73. Температурное поле мгновенного точечного источника тепла в полубесконечном теле. Зависимости температуры от времени при фиксированном расстоянии, и от расстояния при фиксированном времени.
74. Вывод формулы, связывающей расстояние, на котором находится максимум температуры с временем его достижения для МТИ. Формула положения изотермы с заданной температурой.
75. Взаимосвязь теплосодержания, скрытой теплоты плавления и испарения для фиксированного объёма металла.
76. Вывод формулы, выражающей зависимость радиуса изотермы плавления от времени для полубесконечного тела, определение времени пребывания в состоянии плавления.
77. Понятие термического КПД. КПД МТИ для полубесконечного тела.
78. Температурные поля бесконечной пластины и стержня. Учёт поверхностной теплоотдачи. Сравнение температурных полей типовых моделей, нагреваемых тел.
79. Температурное поле точечного, постоянно действующего источника тепла (ПДИ) для полубесконечного тела. Три этапа изменения температуры.
80. Температурное поле импульсного точечного источника (ИТИ) в полубесконечном теле. Принципы получения введением фиктивного источника.
81. Температурное поле точечного подвижного источника теплоты. Понятие быстро движущегося источника (МБИТ). Формула температурного поля МБИТ в полубесконечном теле и принцип её получения.
82. Формулы расчёта максимальной температуры в заданной точке тела и расчёта длины ванны расплава для МБИТ.
83. Формулы расчёта мгновенной скорости охлаждения и ширины зоны нагретой до температуры выше заданной для МБИТ,
84. Расчёт времени пребывания металла при температуре выше заданной в полубесконечном теле при действии МБИТ.
85. Нормально распределённый источник тепла. Коэффициент сосредоточенности. Эффективный диаметр.

86. Формула связи мощности нормально распределённого источника и поверхностной плотности мощности в его центре. Формула вычисления для мощности, падающей в заданный круг.
87. Температурное поле нормально распределённого источника тепла. Температура в центре неподвижного источника. Температура предельного состояния в центре.
88. Понятия критической плотности мощности для импульсного постоянно действующего источников тепла. Основные формулы.
89. Зависимость объёма проплавления материала от коэффициента сосредоточенности нормально распределённого источника тепла при воздействии КПЭ.
90. Характеристики и возможности электронного луча, как средства обработки материалов. Технологические процессы обработки материалов с использованием ЭЛ.
91. Взаимодействие электронного луча с веществом, глубина проникновения, рассеяние электронов, отражение и поглощение электронов.
92. Основные параметры электронного луча и их зависимость от вида технологического процесса.
93. Основные виды излучения при взаимодействии электронного потока с веществом и их характеристики.
94. Характеристики глубокого проплавления при воздействии КПЭ.
95. Особенности взаимодействия ЭЛ с веществом при глубоком проплавлении.
96. Параметры ЭЛ при сварке и при размерной обработке.
97. Ионное плакирование с помощью электронного луча.
98. Взаимодействие ионных потоков с веществом. Сравнение воздействия электронных и ионных потоков.
99. Получение плазменных и ионных потоков для технологических целей.
100. Ионно-плазменная очистка поверхностей материалов.
101. Ионно-плазменное полирование и создание шероховатости поверхностей материала.
102. Применение плазменных и ионных потоков для распыления вещества и нанесения пленок.
103. Плазменное нанесение покрытий из порошков.
104. Взаимодействие электромагнитного излучения (ЛИ) с металлами, полупроводниками и диэлектриками.
105. Зависимость глубины проникновения ЛИ в материал от его электропроводности.
106. Зависимость глубины проникновения ЛИ в материал от длины волны излучения.
107. Конфигурация и параметры источника теплоты в материале, при воздействии ЛИ.
108. Применения ЛИ в технологии обработки материалов.
109. Обработка материалов с помощью искровых разрядов (ЭЭО).
110. Возникновение искрового разряда в вакууме.
111. Возникновение искрового разряда в жидкой диэлектрической среде.
112. Физика взаимодействия искрового разряда с веществом.
113. Характеристики ионной компоненты энергии, выделяющейся на электродах при искровом разряде.
114. Характеристики факельной компоненты энергии, выделяющейся на электродах при искровом разряде.
115. Характеристики лучистой компоненты энергии, выделяющейся на электродах при искровом разряде.
116. Характеристики объемной компоненты энергии, выделяющейся на электродах при искровом разряде.
117. Газогидродинамические процессы в МЭП при искровом разряде.

118. Термомеханические процессы в материале электродов при искровом разряде.  
119. Электроискровое легирование.  
120. Физико-химические процессы микро дугового оксидирования материалов.

### **Темы курсовой работы:**

7. Расчёт температурного поля импульсного точечного источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение границ проплавления в зависимости от энергии импульса при фиксированной длительности импульса.

8. Расчёт температурного поля импульсного точечного источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение границ проплавления в зависимости от длительности импульса при фиксированной энергии импульса.

9. Расчёт оптимальной длительности импульса точечного источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение границ проплавления для заданного набора энергий импульса.

10. Расчёт температурного поля импульсного нормально распределённого источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение распределения температуры на поверхности при фиксированной длительности импульса.

11. Расчёт температурного поля мощного быстродвижущегося источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение границ проплавления в зависимости от погонной энергии источника.

12. Расчёт температурного поля мощного быстродвижущегося источника тепла в массивном теле, для заданного материала, и определение максимальной температуры в центре источника и ширины зоны проплавления при заданной погонной энергии источника.

### **Пример экзаменационного билета**

---

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
Московский политехнический университет

Направление подготовки:

15.03.01 «Машиностроение»

ОП (профиль): «Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки»

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Дисциплина: «Теоретические основы физико-химической обработки»

Экзамен, 6 семестр, 20\_/20\_\_уч. год, ( группа: \_\_\_\_\_ )

#### **БИЛЕТ № 1**

1. Понятия критической плотности мощности для импульсного постоянно действующего источников тепла. Основные формулы.
2. Взаимодействие электронного луча с веществом, глубина проникновения, рассеяние электронов, отражение и поглощение электронов.
3. Конфигурация и параметры источника теплоты в материале, при воздействии ЛИ

Заведующий кафедрой:

/А.Н. Васильев/