Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 16.07.2025 11:28:04
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В.Сафонов/

«27» февраля 2025 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## Теоретические основы физико-химической обработки

Направление подготовки

**15.03.01 «Машиностроение»**

Профиль

**«Высокоэффективные технологические процессы и оборудование»**

Квалификация
**Бакалавр**

Формы обучения
**Очная**

Москва, 2025 г.

**Разработчик(и):**

Доц., к.т.н. /Б.Л. Овсянников /

**Согласовано:**

Зав. кафедрой «Технология и оборудование машиностроения»,

Доц., к.т.н. /А.В. Александров /

# Содержание


1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 4
3. Структура и содержание дисциплины ... 5
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины ... 6
   - 3.3. Содержание дисциплины ... 7
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 8
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 9
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы ... 9
   - 4.2. Основная литература ... 9
   - 4.3. Дополнительная литература ... 9
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы ... 9
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 10
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 10
5. Материально-техническое обеспечение ... 10
6. Методические рекомендации ... 10
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 11
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 11
7. Фонд оценочных средств ... 12
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 12
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 12
   - 7.3. Оценочные средства ... 13

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель дисциплины – освоение студентами знаний по теоретическим основам физико-химических методов обработки материалов (ФХМО), включая обработку концентрированными потоками энергии (КПЭ), для последующего осмысленного использования этих методов при 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.

Обучение по дисциплине «Высокоэффективные технологические процессы и оборудование» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| **Код и наименование компетенций** | **Индикаторы достижения компетенции** |
|---|---|
| ОПК-1<br>Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности | ИОПК-1.1. **Знает** области и основные законы естественнонаучных и общеинженерных знаний, методы математического анализа и моделирования, используемые в профессиональной деятельности<br><br>ИОПК-1.2. **Умеет** применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования при решении профессиональных задач<br><br>ИОПК-1.3. **Владеет** умениями применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования при решении профессиональных задач |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части цикла профессиональных дисциплин.

Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при освоении предшествующих дисциплин *базовой части* курса:

– «Физика»,

– «Химия»,

– «Материаловедение»,
– «Технология конструкционных материалов».

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин:

– «Физические основы КПЭ» *вариативной части* курса.
– «Технологические основы физико-химической обработки материалов»,
– «Оборудование и средства технологического оснащения ФХО»,
– «Элионные и лазерные технологии»,
– «Комплексные процессы обработки деталей».

# 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часа).
Изучается в 6 семестре обучения. Форма промежуточной аттестации - экзамен.

## 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

| № п/п | Вид учебной работы | 6 семестр |
|---|---|---|
| **1** | **Аудиторные занятия** | **54** |
| | В том числе: | |
| 1.1 | Лекции | 36 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 18 |
| 1.3 | Лабораторные занятия | – |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **90** |
| | В том числе: | |
| 2.1 | Самостоятельное изучение тер. матер. | 30 |
| 2.2 | Решение задач | 30 |
| 2.3 | Работа в компьютерном классе | 30 |
| | | |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | экзамен |
| | **Итого** | **144** |

### 3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | | Самостоятельная работа |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| **1** | **Раздел 1. Основные понятия и определения курса.** | | **4** | **2** | | | **14** |
| | Тема 1.1 Обзор основных видов ФЭХМО. Физические принципы, лежащие в их основе, | | 2 | | | | 2 |
| | Тема 1.2. Понятие потока. Виды потоков, характеристики потоков. Концентрированные потоки энергии и их воздействие на материалы | | 2 | 2 | | | 2 |
| **2** | **Раздел 2. 2 Тепловое действие КПЭ на конструкционные материалы** | | **2** | **1** | | | **14** |
| | Тема 2.1. Особенности теплового воздействия КПЭ на материалы в условиях различных технологических процессов обработки КПЭ. | | 2 | | | | 2 |
| **3** | **Раздел 3 Обзор явлений переноса и фазовых переходов** | | **4** | **2** | | | **14** |
| | Тема 3.1. Теплопроводность, диффузия, электропроводность, вязкость, их сходство и различие. | | 2 | 2 | | | 2 |
| **4** | **Раздел 4 Основные положения общей теории обработки деталей КПЭ.** | | **4** | **2** | | | **4** |
| **5** | **Раздел 5 Элементы аналитической теории теплопроводности.** | | **6** | **3** | | | **16** |
| **6** | **Раздел 6 Аналитические методы решения задач нестационарной теплопроводности**. | | **4** | **2** | | | **14** |
| **7** | **Раздел 7 Методы оценки температурных полей подвижных и неподвижных нормально распределённых источников тепла** | | **12** | **6** | | | **14** |
| **…** | **…** | **…** | **…** | **…** | **…** | **…** | **…** |
| | **Итого за 6 семестр** | | **36** | **18** | | | **90** |
| **…** | **…** | **…** | **…** | **…** | **…** | **…** | **…** |

### 3.3 Содержание дисциплины

**5 семестр**

**Раздел 1 Основные понятия и определения курса.**

Тема 1.1 Обзор основных видов ФЭХМО. Физические принципы, лежащие в их основе, и, основанные на них, теологические процессы обработки материалов. Классификация ФЭХМО. Разграничение электрофизических методов обработки на методы, основанные на воздействии концентрированных потоков энергии (КПЭ) на обрабатываемый материал, и методы, основанные на других принципах.

Тема 1.2 Понятие потока. Виды потоков, характеристики потоков. Концентрированные потоки энергии и их воздействие на материалы. Принципы технологии обработки материалов с помощью концентрированных потоков энергии (КПЭ) и их сравнение с механообработкой.

**Раздел 2 Тепловое действие КПЭ на конструкционные материалы**

Тема 2.1 Особенности теплового воздействия КПЭ на материалы в условиях различных технологических процессов обработки КПЭ. Постановка задачи нахождения температурного поля и определения границ фазовых переходов при действии КПЭ.

**Раздел 3 Обзор явлений переноса и фазовых переходов**

Тема 3.1 Теплопроводность, диффузия, электропроводность, вязкость, их сходство и различие. Теплопроводность газов, жидкостей и твёрдых тел. Природа теплопроводности в металлах, полупроводниках и диэлектриках. Теплофизические свойства металлов. Особенности воздействия КПЭ на материалы с различными теплофизическими характеристиками.

Тема 3.2 Понятие фазовых переходов. Особенности фазовых переходов в металлах при высокоскоростном нагреве с помощью КПЭ. Фазовые переходы первого и второго рода. Термодинамические характеристики фазовых переходов. Понятия энтропии и энтальпии в не стационарных процессах.

**Раздел 4 Основные положения общей теории обработки деталей КПЭ.**

Тема 4.1 Физические закономерности, описывающие процессы формирования КПЭ для технологических целей. Обзор и краткая характеристика известных методов обработки деталей с помощью КПЭ.

Тема 4.2 Пространственные и временные идеализированные модели источников КПЭ и их связь с реальными источниками.

**Раздел 5 Элементы аналитической теории теплопроводности.**

Тема 5.1 Основные понятия и определения аналитической теории теплопроводности: температурное поле, градиент температуры, температуропроводность, внутренние тепловые потоки рассеяния.

Тема 5.2 Математический аппарат аналитической теории теплопроводности. Вывод уравнения теплопроводности для одномерного и общего случаев. Постановка краевой задачи теплопроводности. Внешний конвективный и лучевой теплообмен.

Тема 5.3 Основные модельные представления в задачах определения температурных полей при действии КПЭ. Границы применимости моделей. Физическое и математическое описание явлений, происходящих при взаимодействии КПЭ с веществом; схемы введения теплоты в материал; законы передачи тепла материалу; тепловой баланс.

**Раздел 6 Аналитические методы решения задач нестационарной теплопроводности**.

Тема 6.1 Экспериментальные методы исследования тепловой обстановки в обрабатываемом материале. Плавление, испарение и тепловое разрушение материалов.

Тема 6.2 Методы оценки температурных полей подвижных и неподвижных точечных источников тепла. Вывод приближённых формул нахождения границ фазовых переходов для массивных тел**.**

**Раздел 7 Методы оценки температурных полей подвижных и неподвижных нормально распределённых источников тепла**

Тема 7.1 Характеристики нормально распределённого источника тепла. Вывод основных формул.

Тема 7.2 Аналитическое решение уравнения для температурного поля неподвижного нормально распределённого источника тепла.

Тема 7.3 Понятия критических значений поверхностной плотности мощности для мгновенных и импульсных, нормально распределённых неподвижных источников тепла, создаваемых КПЭ.

Тема 7.4 Аналитическое решение уравнения для температурного поля подвижного нормально распределённого источника тепла в массивном теле.

Тема 7.5 Термодеформационные процессы при обработке КПЭ; понятие о деформациях и напряжениях при тепловом воздействии; закономерности развития упругопластических деформаций и напряжений на стадиях нагрева и охлаждения;

Тема 7.6 Механизм образования остаточных напряжений при тепловом воздействии на материал; влияние остаточных деформаций и напряжений на прочность и эксплуатационные свойства деталей после обработки КПЭ.

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

### 3.4.1 Тематика семинарских/практических занятий

**6 семестр**

1. Изучение системы MatLab, основные объекты.
2. Изучение системы MatLab, операторы, функции, работа с массивами.
3. Изучение системы MatLab, основы графического представления результатов вычислений.
4. Решение задач на нахождение средней температуры тела при действии КПЭ
5. Решение задач на нахождение температуры тела при наличии конвективного внешнего теплообмена.
6. Решение задач на нахождение температуры тела при наличии лучистого теплообмена.
7. Нахождение объёмов ванны расплава при воздействии мгновенного точечного источника теплоты на массивное тело.
8. Решение задач на нахождение параметров термического цикла при воздействии мощного быстро движущегося источника тепла (МБИТ) на массивное тело.

### 3.4.2 Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрено

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Учебным планом не предусмотрено

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

### 4.2 Основная литература

1. Моргунов Ю.А., Панов Д.В., Саушкин Б.П., Саушкин С.Б., под ред. Б.П. Саушкина. Наукоемкие технологии машиностроительного производства. Физико-химические методы и технологии: учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению подготовки «Машиностроение» - М., «Форум» 2013г., 928с.

2. Бойцов А.Г., Ковалёв А.П. и др. Процессы механической и физико-химической обработки в процессе изготовления авиационных двигателей. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007 - 582с., ил.

3. Овсянников Б.Л. Задачи нестационарной теплопроводности в технологии КПЭ.: Ученое пособие. – М.: Изд-во МГТУ МАМИ 2011- 96с.

### 4.3 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.

2. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твёрдых тел.- М., «Наука», 1964г., 488с. с ил.

3. Лазерная и Электронно-лучевая обработка материалов: Справочник/Н. Н. Рыкалин, А. А. Углов, И. В. Зуев, А. Н. Кокора. —М.: Машиностроение, 1985. — 496 с., ил.

4. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – 461 с., ил.

5. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах., Справ. изд., М.: Металлургия 1989. 384 с.

#### 4.3.1 Интернет – ресурсы

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.

https://studfiles.net/preview/1193648/

Цилрельман Н.М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса. Уфа 2002г. В открытом доступе.

4. 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.

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

| Название ЭОР | |
|---|---|

| | |
|---|---|
| Теоретические основы физико-химических обработки | https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7243 |

Разработанный ЭОР включают тренировочные и итоговые тесты.

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Лицензионный

MATLAB (сокращение от "MATrix LABoratory") - проприетарный многопарадигмальный язык программирования и среда числовых вычислений, разработанная компанией MathWorks.

### 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

*Ссылки на ресурсы должны содержать актуальный электронный адрес и быть доступными для перехода с любого компьютера.*

## 5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами и экранами. Для проведения лабораторных работ требуется компьютерный класс (АВ1517, АВ4821)

## 6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «Схемотехника электронных систем управления» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, лабораторные работы, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к лабораторным работам.

**Образовательные технологии**

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой «ТиОМ» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) (см. п.4.4).

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

## 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. В начале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену или зачёту).

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

## 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.3 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

1.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

1.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного

образования университета (LMS мосполитеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

# 7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств включает разделы:

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.3. Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

7.3.2. Промежуточная аттестация

В процессе обучения в течение семестра используются оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций. Применяются следующие оценочные средства: тест, защита лабораторных работ, экзамен.

Обучение по дисциплине «Схемотехника электронных систем управления» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

## 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

| **Код и наименование компетенций** | **Индикаторы достижения компетенции** |
|---|---|
| ОПК-1<br>Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности | ИОПК-1.1. **Знает** области и основные законы естественнонаучных и общеинженерных знаний, методы математического анализа и моделирования, используемые в профессиональной деятельности<br><br>ИОПК-1.2. **Умеет** применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования при решении профессиональных задач<br><br>ИОПК-1.3. **Владеет** умениями применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования при решении профессиональных задач |

## 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

**Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации** является выполнение и защита студентом лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой и прохождение всех промежуточных тестов не ниже, чем на 70% правильных

ответов. Промежуточные тестирования могут проводится как в аудитории Университета под контролем преподавателя, так и дистанционном формате на усмотрение преподавателя.

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| *Отлично* | 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. |
| *Хорошо* | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки. |
| *Удовлетворительно* | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. |
| *Неудовлетворительно* | 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. |

## 7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Текущий контроль выполняется с применением Банка тестовых вопросов (частично). Примеры тестов представлены ниже.

Для подготовки к тестированию в разделе 3.7.1.1 приведён перечень контрольных вопросов. Результаты текущего контроля успешно засчитываются, если при тестировании набрано не менее 75 баллов из 100 возможных.

Банк тестовых вопросов содержит 150 вопросов с набором ответов.

## Раздел 1 Основные понятия и определения курса

| | | | |
|---|---|---|---|
| Теплота, сообщённая системе, расходуется на: | | | *МС* |
| | | **Балл по умолчанию:** | 1 |
| | | **Случайный порядок ответов** | Да |
| | | **Нумеровать варианты ответов?** | a |
| | | **Штраф за каждую неправильную попытку:** | 33.3 |
| | | **ID-номер:** | |
| **#** | **Ответы** | **Отзыв** | **Оценка** |
| A. | на изменение внутренней энергии системы и совершение ею работы | | 100 |
| B. | на изменение температуры системы и совершение ею работы | | 0 |
| C. | на изменение внутренней энергии системы | | 0 |
| D. | на изменение потенциальной энергии элементов системы | | 0 |
| E. | | | |
| | **Общий отзыв к вопросу:** | | |
| | **Для любого правильного ответа:** | Ваш ответ верный. | |
| | **Для любого неправильного ответа:** | Ваш ответ неправильный. | |
| | **Подсказка 1:** | | |
| | **Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Теги:** | | |
| *Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (МС/МА)* | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Что называется изотермической поверхностью? | | | *MC* |
| | | **Балл по умолчанию:** | 1 |
| | | **Случайный порядок ответов** | Да |
| | | **Нумеровать варианты ответов?** | a |
| | | **Штраф за каждую неправильную попытку:** | 33.3 |
| | | **ID-номер:** | |
| **#** | **Ответы** | **Отзыв** | **Оценка** |
| A. | воображаемая или реальная поверхность, в каждой точке которой, температура изменяется по линейному закону, называется изотермической | | 0 |
| B. | воображаемая или реальная поверхность, в каждой точке которой, температура остаётся постоянной, называется изотермической | | 0 |
| C. | воображаемая или реальная поверхность, в каждой точке которой, температура одинакова, называется изотермической | | 100 |
| D. | воображаемая или реальная поверхность, в каждой точке которой, температура может быть измерена, называется изотермической | | 0 |
| E. | | | 0 |
| | **Общий отзыв к вопросу:** | | |
| | **Для любого правильного ответа:** | Ваш ответ верный. | |
| | **Для любого неправильного ответа:** | Ваш ответ неправильный. | |
| | **Подсказка 1:** | | |
| | **Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Теги:** | | |
| *Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)* | | | |

Тема 3. Элемент памяти

| В каком направлении температурного поля имеется наибольший перепад температуры на единицу длины? | | | *MC* |
|---|---|---|---|
| | | **Балл по умолчанию:** | 1 |
| | | **Случайный порядок ответов** | Да |
| | | **Нумеровать варианты ответов?** | a |
| | | **Штраф за каждую неправильную попытку:** | 33.3 |
| | | **ID-номер:** | |
| **#** | **Ответы** | **Отзыв** | **Оценка** |
| A. | в направлении нормали к изотермической поверхности | | 100 |
| B. | в направлении максимальной температуры | | 0 |
| C. | в направлении роста температуры | | 0 |
| D. | в направлении границы тела | | 0 |
| E. | | | 0 |
| | **Общий отзыв к вопросу:** | | |
| | **Для любого правильного ответа:** | Ваш ответ верный. | |
| | **Для любого неправильного ответа:** | Ваш ответ неправильный. | |
| | **Подсказка 1:** | | |
| | **Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Теги:** | | |
| *Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)* | | | |

| Из каких составляющих состоит внутренняя энергия тела при действии КПЭ? | | | *МС* |
|---|---|---|---|
| | | **Балл по умолчанию:** | 1 |
| | | **Случайный порядок ответов** | Да |
| | | **Нумеровать варианты ответов?** | a |
| | | **Штраф за каждую неправильную попытку:** | 33.3 |
| | | **ID-номер:** | |
| **#** | **Ответы** | **Отзыв** | **Оценка** |
| A. | внутренняя энергия тела состоит из кинетической энергии движения молекул вещества, которая увеличивается из-за высокой температуры | | 0 |
| B. | внутренняя энергия тела состоит из кинетической энергии движения молекул вещества и кинетической энергии движения свободных электронов | | 0 |
| C. | внутренняя энергия тела состоит из кинетической энергии движения молекул вещества и энергии их столкновений; | | 0 |
| D. | внутренняя энергия тела состоит из кинетической энергии движения молекул вещества и потенциальной энергии их взаимодействия | | 100 |
| | **Общий отзыв к вопросу:** | | |
| | **Для любого правильного ответа:** | Ваш ответ верный. | |
| | **Для любого неправильного ответа:** | Ваш ответ неправильный. | |
| | **Подсказка 1:** | | |
| | **Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Теги:** | | |
| *Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)* | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Почему невозможно осуществить обычными методами местный нагрев материала до температуры фазовых переходов с целью его дозированного удаления? | | | *МС* |
| | | **Балл по умолчанию:** | 1 |
| | | **Случайный порядок ответов** | Да |
| | | **Нумеровать варианты ответов?** | a |
| | | **Штраф за каждую неправильную попытку:** | 33.3 |
| | | **ID-номер:** | |
| **#** | **Ответы** | **Отзыв** | **Оценка** |
| A. | при нагревании заготовки обычными методами энергии слишком много для местного нагрева | | 0 |
| B. | при нагревании заготовки обычными методами тепло очень быстро распространяется по всему её объёму | | 100 |
| C. | при нагревании заготовки обычными методами не хватает энергии для местного нагрева | | 0 |
| D. | при нагревании заготовки обычными методами КПД нагрева оказывается очень низким для практического использования | | 0 |
| | **Общий отзыв к вопросу:** | | |
| | **Для любого правильного ответа:** | Ваш ответ верный. | |
| | **Для любого неправильного ответа:** | Ваш ответ неправильный. | |
| | **Подсказка 1:** | | |
| | **Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):** | Нет | |
| | **Теги:** | | |
| *Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (МС/МА)* | | | |

**7.3.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация проводится в 6 семестре в форме экзамена

Экзамен проводятся по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня.

**Регламент проведения экзамена:**

1. В билет включается (3) вопроса из разных разделов дисциплины и (одно, два) практических задания

2. Перечень вопросов содержит 47 вопросов по изученным на лекционных и практических занятиях в обоих семестрах темам (прилагается).

3. Время на подготовку письменных ответов - до 40 мин, устное собеседование - до 10 минут.

4. Проведение аттестации (экзамена) с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий выполняется в соответствии с утверждённым в университете "Порядком проведения промежуточной аттестации с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий"

**Перечень вопросов для подготовки к экзамену и составления билетов**

**Вопросы для экзамена (6 семестр)**

1. Основные понятия: поток, распределение потока в пространстве, удельный поток, полный поток и их взаимосвязь.
2. Потоки энергии, концентрированные потоки энергии (КПЭ), общие принципы получения и концентрации потоков энергии.
3. Основные принципы воздействия КПЭ на конструкционные материалы.
4. Обзор и сравнительные характеристики основных источников КПЭ и области их применения в технологии.
5. Уравнение теплового баланса, понятие теплосодержания, внутренняя энергия нагреваемого тела.
6. Явления нагревания и остывания тел. Основные задачи теории теплообмена. Конвекция и излучение тепла. Внешний теплообмен по законам Ньютона и Стефана-Больцмана.
7. Основы аналитической теории теплопроводности, понятие температурного поля, виды температурных полей и способы их описания, границы применимости теории.
8. Основные понятия теории теплопроводности. Изотермические поверхности. Линии тока тепла. Внутренние источники и потоки тепла, возникающие в обрабатываемом теле при воздействии КПЭ.
9. Основной закон теплопроводности, понятие градиента и напряжённости температурного поля, связь между потоком тепла и напряжённостью поля.
10. Основной закон теплопроводности, понятие градиента и напряжённости температурного поля, связь между потоком тепла и напряжённостью поля.
11. Теплопроводность газов, жидкостей и твёрдых тел. Составляющие теплопроводности металлов. Связь теплопроводности и электропроводности для металлов.
12. Вывод дифференциального уравнения температурного поля для стержня.
13. Решение уравнения теплопроводности. Начальные и граничные условия. Понятие краевой задачи. Граничные условия первого и второго рода.
14. Упрощение краевых задач при действии КПЭ. Основные модели нагреваемых тел и их границы. Основные допущения, вводимые при моделировании.
15. Понятия мгновенного и точечного источников тепла, модель МТИ.
16. Нахождение температурного поля для полубесконечного тела, введение фиктивного источника тепла для адиабатической границы тела.
17. Температурное поле мгновенного точечного источника тепла в полубесконечном теле.
18. Зависимости температуры от времени при фиксированном расстоянии, и от расстояния при фиксированном времени для МТИ в ПБТ.

19. Вывод формулы, связывающей расстояние, на котором находится максимум температуры со временем его достижения для МТИ.
20. Вывод формулы для определения максимального удаления изотермической поверхности с заданной температурой от точки воздействия.
21. Средняя температура и теплосодержание материала в области плавления.
22. Вывод формулы, выражающей зависимость радиуса изотермы плавления от времени для полубесконечного тела, определение времени пребывания в состоянии плавления.
23. Вывод формулы для определения максимального удаления изотермической поверхности с заданной температурой от точки воздействия с учётом скрытых теплот плавления и испарения материала. Модели эвакуации расплава с поверхности воздействия.
24. Температурное поле точечного, постоянно действующего источника тепла (ПДИ) для полубесконечного тела. Функция erf определение и свойства.
25. Понятие и формула температуры предельного состояния при действии ПДИ в ПБТ.
26. Основные понятия: поток, распределение потока в пространстве, удельный поток, полный поток и их взаимосвязь.
27. Потоки энергии, концентрированные потоки энергии (КПЭ), общие принципы получения и концентрации потоков энергии.
28. Основные принципы воздействия КПЭ на конструкционные материалы.
29. Обзор и сравнительные характеристики основных источников КПЭ и области их применения в технологии.
30. Уравнение теплового баланса, понятие теплосодержания, внутренняя энергия нагреваемого тела.
31. Явления нагревания и остывания тел. Основные задачи теории теплообмена. Конвекция и излучение тепла. Внешний теплообмен по законам Ньютона и Стефана-Больцмана.
32. Основы аналитической теории теплопроводности, понятие температурного поля, виды температурных полей и способы их описания, границы применимости теории.
33. Основные понятия теории теплопроводности. Изотермические поверхности. Линии тока тепла. Внутренние источники и потоки тепла, возникающие в обрабатываемом теле при воздействии КПЭ.
34. Основной закон теплопроводности, понятие градиента и напряжённости температурного поля, связь между потоком тепла и напряжённостью поля.
35. Основной закон теплопроводности, понятие градиента и напряжённости температурного поля, связь между потоком тепла и напряжённостью поля.
36. Теплопроводность газов, жидкостей и твёрдых тел. Составляющие теплопроводности металлов. Связь теплопроводности и электропроводности для металлов.
37. Вывод дифференциального уравнения температурного поля для стержня.
38. Решение уравнения теплопроводности. Начальные и граничные условия. Понятие краевой задачи. Граничные условия первого и второго рода.
39. Упрощение краевых задач при действии КПЭ. Основные модели нагреваемых тел и их границы. Основные допущения, вводимые при моделировании.
40. Понятия мгновенного и точечного источников тепла, модель МТИ.
41. Нахождение температурного поля для полубесконечного тела, введение фиктивного источника тепла для адиабатической границы тела.
42. Температурное поле мгновенного точечного источника тепла в полубесконечном теле.
43. Зависимости температуры от времени при фиксированном расстоянии, и от расстояния при фиксированном времени для МТИ в ПБТ.
44. Вывод формулы, связывающей расстояние, на котором находится максимум температуры со временем его достижения для МТИ.
45. Вывод формулы для определения максимального удаления изотермической поверхности с заданной температурой от точки воздействия.
46. Средняя температура и теплосодержание материала в области плавления.

47. Вывод формулы, выражающей зависимость радиуса изотермы плавления от времени для полубесконечного тела, определение времени пребывания в состоянии плавления.
48. Вывод формулы для определения максимального удаления изотермической поверхности с заданной температурой от точки воздействия с учётом скрытых теплот плавления и испарения материала. Модели эвакуации расплава с поверхности воздействия.
49. Температурное поле точечного, постоянно действующего источника тепла (ПДИ) для полубесконечного тела. Функция erf определение и свойства.
50. Понятие и формула температуры предельного состояния при действии ПДИ в ПБТ

Физические явления, наблюдаемые при взаимодействии потоков заряженных частиц с веществом.

51. Что такое параметры состояния термодинамической системы.
52. Классификация взаимодействий термодинамической системы с внешней средой.

**Задачи в билеты экзамена**

1. Задача. На поверхность вольфрамовой заготовки действует непрерывное лазерное излучение. Параметры излучения: мощность излучения – $P = 1000$Вт коэффициент поглощения потока $\eta$=0,3. Определить максимальный размер области плавления. Вольфрам: - теплопроводность:, $\lambda = 0{,}86$, температура плавления:$T_p = 3380^0 C$

2. Задача. Поверхности заготовки нагревают: электрической дугой и электронным лучом, напряжение дуги $U_1$=30В, ток дуги $I_1$=200А, коэффициент поглощения потока $\eta_1$=0.6, коэффициент сосредоточенности $k_1 = 3\text{см}^{-2}$, ускоряющее напряжение луча $U_2$ ==30кВ, ток луча $I_2$=200мА, коэффициент поглощения потока $\eta_2$=0.9, коэффициент сосредоточенности $k_2 = 300см^{-2}$. Определить диаметры пятен нагрева и наибольший тепловой поток в центрах пятен в обоих случаях и сравнить результаты.

3. Задача Поверхности массивных заготовок, из нержавеющей стали, и алюминия, нагревают неподвижным электронным лучом. Потоки энергии распределены по нормальному закону. Определить диаметр пятна нагрева, оценить максимально возможную температуру в центре пятна нагрева для каждой заготовки. Параметры электронного луча: ускоряющее напряжение U=20кВ, ток луча I =10мА, коэффициент сосредоточенности потока $k = 900$, коэффициент поглощения потока η=0.9. Материалы: нержавеющая сталь – теплопроводность $\lambda = 0{,}3$, алюминий – теплопроводность $\lambda = 2{,}7$.
4. Задача №3 Поверхность массивной заготовки из алюминия нагревают неподвижным электронным лучом в двух режимах. Предполагается, что поток энергии распределён по нормальному закону. Режим №1: ускоряющее напряжение $U_1$=20кВ, ток луча $I_1$=50мА; Режим №2: ускоряющее напряжение $U_2$=200кВ, ток луча $I_2$=5мА, коэффициент сосредоточенности $k = 400$, коэффициент поглощения потока $\eta = 0{,}8$. Определить диаметр пятна нагрева, оценить максимально возможную температуру в центре пятна нагрева. Оценить глубину проникновения электронов в материал в каждом режиме. Материал: алюминий: теплопроводность:, $\lambda = 2{,}7$, плотность: $\rho = 2{,}7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

5. Задача Поверхность массивной заготовки из вольфрама нагревают быстро движущимся лазерным лучом в атмосфере защитного газа. Предполагается, что поток энергии

распределён по нормальному закону. Параметры излучения: мощность излучения – $P = 500$Вт, −коэффициент сосредоточенности потока $k = 2500$ -коэффициент поглощения $\eta = 0{,}6$. скорость перемещения луча: $v = 10\frac{\text{см}}{\text{с}}$. Определить диаметр пятна нагрева и максимально возможную температуру в центре пятна нагрева. Оценить длину ванны расплава. Вольфрам: -теплопроводность:, $\lambda = 0{,}86$, температуропроводность: $a = 0{,}13$, температура плавления: $T_p = 3380^0C$.

6. Задача Параметры КПЭ: ускоряющее напряжение $U_1$=20кВ; ток луча $I_1$=50мА коэффициент поглощения потока энергии η=0.9, скорость перемещения $v = 2\frac{\text{см}}{\text{с}}$- начальная температура – $20^0$С. Материал детали: алюминий - теплопроводность: $\lambda = 2{,}7$. Определить время пребывания металла в жидком состоянии

7. Задача Параметры МБИТ: ускоряющее напряжение $U_1$=60кВ; ток луча $I_1$=150мА, коэффициент поглощения потока энергии η=0.9,- скорость перемещения $v = 1\frac{\text{см}}{\text{с}}$, ПБТ: нержавеющая сталь -теплопроводность: $\lambda = 0{,}3$, $c\rho = 5\frac{\text{Дж}}{\text{см}^3\,^0\text{С}}$, расстояние $r$ =4см. Определить максимальную температуру.

8. Задача Определить мгновенную скорость охлаждения на оси шва при обработке ПБТ из титана при $600^0$С. Параметры МБИТ: ускоряющее напряжение U=80кВ; ток луча I =500мА, коэффициент поглощения потока энергии η=0.9; скорость перемещения $v = 1\frac{\text{см}}{\text{с}}$ПБТ: титан-теплопроводность: $\lambda = 0{,}15$.

9. Задача. Определить погонную энергию МБИТ, если мгновенная скорость охлаждения на оси движения при $T = 500^0C, W = -150^0\,C/c$, ПБТ – медь: $\lambda = 3.8\text{Вт}/\text{см}^0\text{С}$

10. Задача ПБТ из нержавеющий стали: $c\rho = 5\frac{\text{Дж}}{\text{см}^3\,^0\text{С}}$, МБИТ: р=4000Вт, найти скорость движения $v$ при которой ширина зоны нагрева с $T > 1500^0C$ не более 0,6см

11. Задача Поверхность титановой заготовки подвергается воздействию импульсного лазерного излучения мощностью $p = 300$Вт. Длительность импульса $\tau = 1$мс, эффективный диаметр $d_э = 1$мм. Коэффициент поглощения излучения $\eta = 0{,}6$. Определить фазовое состояние материала при воздействии импульса излучения. Титан: теплопроводность: $\lambda = 0{,}15$, температуропроводность: $a = 0{,}09$, температура плавления:$T_p = 1669^0C$.
12. Задача. ПБТ из меди $\lambda = 3.8\text{Вт}/\text{см}^0\text{С}$, МБИТ: -ускоряющее напряжение U=80кВ; ток луча I=200мА -коэффициент поглощения потока энергии η=0.9; - скорость перемещения $v = 2\frac{\text{см}}{\text{с}}$. Определить ширину зоны прогрева с T > $600^0$ С
13. Задача. Поверхность титановой заготовки подвергается воздействию импульсного лазерного излучения мощностью $p = 300$Вт. Длительность импульса $\tau = 1$мс, эффективный диаметр $d_э = 1$мм. Коэффициент поглощения излучения $\eta = 0{,}6$. Определить фазовое состояние материала при воздействии импульса излучения. Титан: теплопроводность: $\lambda = 0{,}15$, температуропроводность: $a = 0{,}09$, температура плавления: $T_p = 1669^0C$

**Приложение 1**

# Тематический план

## Теоретические основы физико-химической обработки
## по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
## Профиль подготовки
## «Высокоэффективные технологические процессы и оборудование»

| Раздел/тема | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах | | | | | Виды самостоятельной работы студентов | | | | | Формы аттестации | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Л | П/С | Лаб. раб | СРС | КСР | К.Р. | К.П. | РГР | Рефр. | /р | | |
| **Раздел 1 Основные понятия и определения курса.** Тема 1.1 Обзор основных видов ФЭХМО. Физические принципы, лежащие в их основе, и, основанные на них, теологические процессы обработки материалов. Классификация ФЭХМО. Разграничение электрофизических методов обработки на методы, основанные на воздействии концентрированных потоков энергии (КПЭ) на обрабатываемый материал, и методы, основанные на других принципах. | 6 | 1 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тема 1.2 Понятие потока. Виды потоков, характеристики потоков. Концентрированные потоки энергии и их воздействие на материалы. Принципы технологии обработки материалов с помощью концентрированных потоков энергии (КПЭ) и их сравнение с механообработкой. | 6 | 2 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |
| **Раздел 2 Тепловое действие КПЭ на конструкционные материалы**<br>Тема 2.1 Особенности теплового воздействия КПЭ на материалы в условиях различных технологических процессов обработки КПЭ. Постановка задачи нахождения температурного поля и определения границ фазовых переходов при действии КПЭ. | | 3 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |
| **Раздел 3 Обзор явлений переноса и фазовых переходов**<br>Тема 3.1 Теплопроводность, диффузия, электропроводность, вязкость, их сходство и различие. Теплопроводность газов, жидкостей и твёрдых тел. Природа теплопроводности в металлах, полупроводниках и диэлектриках. Теплофизические свойства металлов. Особенности воздействия КПЭ на материалы с различными теплофизическими характеристиками. | | 4 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |
| Тема 3.2 Понятие фазовых переходов. Особенности фазовых переходов в | | 5 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| металлах при высокоскоростном нагреве с помощью КПЭ. Фазовые переходы первого и второго рода. Термодинамические характеристики фазовых переходов. Понятия энтропии и энтальпии в не стационарных процессах. | | | | | | | | | | | | | | |
| **Раздел 4 Основные положения общей теории обработки деталей КПЭ.** Тема 4.1 Физические закономерности, описывающие процессы формирования КПЭ для технологических целей. Обзор и краткая характеристика известных методов обработки деталей с помощью КПЭ. | | 6 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |
| Тема 4.2 Пространственные и временные идеализированные модели источников КПЭ и их связь с реальными источникам | | 7 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |
| **Раздел 5 Элементы аналитической теории теплопроводности.** Тема 5.1 Основные понятия и определения аналитической теории теплопроводности: температурное поле, градиент температуры, температуропроводность, внутренние тепловые потоки рассеяния. | 6 | 8 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |
| Тема 5.2 Математический аппарат аналитической теории теплопроводности. Вывод уравнения теплопроводности для одномерного и общего случаев. Постановка краевой | 6 | 9 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| задачи теплопроводности. Внешний конвективный и лучевой теплообмен. | | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 5.3 Основные модельные представления в задачах определения температурных полей при действии КПЭ. Границы применимости моделей. Физическое и математическое описание явлений, происходящих при взаимодействии КПЭ с веществом; схемы введения теплоты в материал; законы передачи тепла материалу; тепловой баланс. | 6 | 10 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |
| **Раздел 6 Аналитические методы решения задач нестационарной теплопроводности**.<br>Тема 6.1 Экспериментальные методы исследования тепловой обстановки в обрабатываемом материале. Плавление, испарение и тепловое разрушение материалов. | 6 | 11 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |
| Тема 6.2 Методы оценки температурных полей подвижных и неподвижных точечных источников тепла. Вывод приближённых формул нахождения границ фазовых переходов для массивных тел**.** | | 12 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |
| **Раздел 7 Методы оценки температурных полей подвижных и** | 6 | 13 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **неподвижных нормально распределённых источников тепла** Тема 7.1 Характеристики нормально распределённого источника тепла. Вывод основных формул. | | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 7.2 Аналитическое решение уравнения для температурного поля неподвижного нормально распределённого источника тепла. | 6 | 14 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |
| Тема 7.3 Понятия критических значений поверхностной плотности мощности для мгновенных и импульсных, нормально распределённых неподвижных источников тепла, создаваемых КПЭ. | 6 | 15 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |
| Тема 7.4 Аналитическое решение уравнения для температурного поля подвижного нормально распределённого источника тепла в массивном теле. | 6 | 16 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |
| Тема 7.5 Термодеформационные процессы при обработке КПЭ; понятие о деформациях и напряжениях при тепловом воздействии; закономерности развития упругопластических деформаций и напряжений на стадиях нагрева и охлаждения; | 6 | 17 | 2 | | | 5 | | | | | | | | |
| Тема 7.6 Механизм образования остаточных напряжений при тепловом воздействии на материал; влияние остаточных деформаций и напряжений на | 6 | 18 | 2 | 2 | | 5 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| прочность и эксплуатационные свойства деталей после обработки КПЭ. | | | | | | | | | | | | | | |
| **Итого за 6 семестр** | | | **36** | **18** | | **90** | | | | | | | **Э** | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| **Итого за курс** | | | **54** | **36** | | **90** | | | | | | | | |