

Документ подписан простыми электронными подписями  
Информация о документе  
ФИО: Кудашов Дмитрий Викторович  
Должность: Директор Высшего филиала НИТУ «МИСиС»  
Дата подписания: 27.08.2026 14:14:37  
Уникальный программный ключ:  
619b0f17f7227a6c5a9c00aabb42f2de1211068

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**Высший филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования**  
**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

Рабочая программа утверждена  
Решением Ученого совета  
ВФ НИТУ «МИСИС»  
От «28» мая 2026г.  
Протокол №7-26

Рабочая программа дисциплины (модуля)  
**Теплофизика и теплотехника**

|                         |                             |
|-------------------------|-----------------------------|
| Закреплена за кафедрой  | Базовых дисциплин           |
| Направление подготовки  | 22.03.02 Металлургия        |
| Профиль                 | Металлургия черных металлов |
| Квалификация            | <b>бакалавр</b>             |
| Форма обучения          | <b>очная</b>                |
| Общая трудоемкость      | <b>4 ЗЕТ</b>                |
| Часов по учебному плану | 144                         |
| в том числе:            | Формы контроля в семестрах: |
| аудиторные занятия      | зачет с оценкой 3 54        |
| самостоятельная работа  | 86                          |

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр<br>( <b>&lt;Курс&gt;.&lt;Семестр на<br/>курсе&gt;</b> ) | <b>3 (2.1)</b> |     | Итого |     |
|-----------------------------------------------------------------|----------------|-----|-------|-----|
| Неделя                                                          | 19             |     |       |     |
| Вид занятий                                                     | уп             | рп  | уп    | рп  |
| Лекции                                                          | 18             | 18  | 18    | 18  |
| Практические                                                    | 36             | 36  | 36    | 36  |
| Контроль<br>самостоятельной<br>работы                           | 4              | 4   | 4     | 4   |
| Итого ауд.                                                      | 54             | 54  | 54    | 54  |
| Контактная работа                                               | 58             | 58  | 58    | 58  |
| Сам. работа                                                     | 86             | 86  | 86    | 86  |
| Итого                                                           | 144            | 144 | 144   | 144 |

Программу составил(и):

*ктн, Проф., Прибытков Иван Алексеевич; ктн, Доц., Шатохин Константин Станиславович*

---

---

Рабочая программа

**Теплофизика и теплотехника**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 Metallургия, ЭМ-26.plx Metallургия черных металлов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСИС"  
21.11.2025, протокол № 3-25

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Базовых дисциплин**

Протокол от 14.05.2026 г., №9

Зав. кафедрой Уснунц-Кригер Т.Н. \_\_\_\_\_

| 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1                                                                                                                                                                                                | Цель дисциплины – сформировать знания о тепловых процессах при производстве и обработке металлов; научить методам применения основных закономерностей этих процессов для анализа и расчета конструктивных и эксплуатационных параметров металлургических агрегатов, обеспечивающих высокое качество металлопродукции и энергосбережение при выполнении нормативов по защите окружающей среды. |
| 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Цикл (раздел) ОП: Б1.О                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2.1                                                                                                                                                                                                | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.1.1                                                                                                                                                                                              | Физика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2.1.2                                                                                                                                                                                              | Химия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2.1.3                                                                                                                                                                                              | Математика                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2.2                                                                                                                                                                                                | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2.2.1                                                                                                                                                                                              | Научно-исследовательская работа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>ОПК-1.1: Демонстрирует навыки применения фундаментальных, естественнонаучных и общинженерных знаний для решения задач профессиональной деятельности</b>                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-35 методы контроля качества изделий и объектов                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-36 методы планирования и проведения физических экспериментов, обработки их результатов и оценивания погрешности                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-37 основные закономерности процессов тепло- и массопереноса применительно к технологическим процессам в металлургических печах                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-34 конструкции и тепловую работу металлургических печей.                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-31 основные закономерности процессов тепло- и массопереноса применительно к технологическим процессам                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-32 методы планирования и проведения физических экспериментов, обработки их результатов и оценивания погрешности                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-33 принципы составления теплового баланса металлургических печей                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Уметь:</b>                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-У4 планировать и проводить теплофизические эксперименты, для печей, обрабатывать их результаты и оценивать погрешности                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-У5 проводить анализ нарушений технологических процессов                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-У6 Уметь рассчитывать процессы горения топлива в металлургических печах.                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-У1 Планировать и проводить теплофизические эксперименты, обрабатывать их результаты и оценивать погрешности.                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-У2 Рассчитывать и анализировать процессы внешнего и внутреннего теплообмена в печах различного технологического назначения.                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-У3 рассчитывать и анализировать процессы внешнего и внутреннего теплообмена в печах различного технологического назначения                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Владеть:</b>                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-В4 опытом выполнения элементов исследовательских работ в печной теплотехнике                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-В5 Владеть методами анализа тепловой работы металлургических печей для производства металлов и сплавов и обработки металлов.                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-В3 методами анализа и численными методами, вычислительной техникой при решении прикладных задач в области профессиональной деятельности                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-В1 Владеть опытом выполнения элементов исследовательских работ.                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-1.1-В2 Владеть методами анализа и численными методами, вычислительной техникой при решении прикладных задач в области профессиональной деятельности.                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |       |             |                          |            |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-------------|--------------------------|------------|
| Код занятия               | Наименование разделов и тем /вид занятия/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Семестр / Курс | Часов | Компетенции | Литература и эл. ресурсы | Примечание |
|                           | <b>Раздел 1. Гидрогазодинамика</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                |       |             |                          |            |
| 1.1                       | Основные понятия механики жидкостей и газов: сплошная среда, плотность, вектор скорости, идеальная и реальная жидкость. Формула Ньютона для касательного напряжения трения. Уравнение неразрывности. Уравнение Эйлера /Лек/                                                                                                                                                                                                                         | 3              | 1     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 1.2                       | Уравнение Навье-Стокса. Режимы течения реальной жидкости. Критерий Рейнольдса. Постановка задачи для расчета движения жидкости. Статика жидкостей и газов. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3              | 1     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 1.3                       | Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Уравнение потока импульса для пограничного слоя (Уравнение Кармана). Расчет ламинарного пограничного слоя на основе интегрального метода. /Лек/                                                                                                                                                                                                                           | 3              | 1     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 1.4                       | Уравнение Бернулли для струйки тока идеальной жидкости и для потока реальной жидкости. Расчет потерь давления на трение и на местные сопротивления. Особенности струйного течения. Изменение основных характеристик осесимметричной турбулентной струи (давления, потоков импульса и кинетической энергии, осевой скорости, объемного расхода) по ее длине. /Лек/                                                                                   | 3              | 1     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 1.5                       | Ламинарное и турбулентное течение жидкостей и газов. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3              | 1     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 1.6                       | Гидродинамический пограничный слой. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3              | 1     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 1.7                       | Проработка лекционного материала, материала практических занятий. Выполнение домашнего задания № 1. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3              | 19    | ОПК-1.1     |                          |            |
|                           | <b>Раздел 2. Конвекция</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                |       |             |                          |            |
| 2.1                       | Основные положения переноса теплоты. Три вида теплообмена. Основные понятия конвективного теплопереноса, дифференциальное уравнение конвективной теплоотдачи. Дифференциальное уравнение энергии Фурье- Кирхгофа и его решение. Тепловой пограничный слой, критерий Прандтля. /Лек/                                                                                                                                                                 | 3              | 1     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 2.2                       | Расчет теплового пограничного слоя при ламинарном режиме течения жидкости. Уравнения конвективной теплоотдачи при вынужденном движении в безразмерном (критериальном) виде и особенности их использования при практических расчетах. Конвективная теплоотдача при свободном движении. Уравнения конвективной теплоотдачи при свободном движении в безразмерном (критериальном) виде и особенности их использования при практических расчетах. /Лек/ | 3              | 1     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 2.3                       | Конвективный теплообмен, часть 1. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3              | 2     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 2.4                       | Конвективный теплообмен, часть 2. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3              | 2     | ОПК-1.1     |                          |            |
| 2.5                       | Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3              | 11    | ОПК-1.1     |                          |            |
|                           | <b>Раздел 3. Теплопроводность</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |       |             |                          |            |

|                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |    |         |  |  |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---------|--|--|
| 3.1                                             | Основные понятия теории теплопроводности. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности и условия однозначности для его решения. Передача тепла при стационарной теплопроводности через одно- и многослойную плоскую стенку при граничных условиях первого и третьего рода. Передача тепла при стационарной теплопроводности через цилиндрическую одно- и многослойную стенку при граничных условиях первого и третьего рода. Влияние наружного диаметра однородной цилиндрической стенки на ее суммарное линейное тепловое сопротивление. /Лек/ | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 3.2                                             | Методы решения задач нестационарной теплопроводности. Нестационарная теплопроводность при граничных условиях первого и третьего рода. Общее решение уравнения нестационарной теплопроводности и его использование для случая термически массивных тел. Общее решение уравнения нестационарной теплопроводности и его использование для случая термически тонких тел Регулярный тепловой режим. /Лек/                                                                                                                                                          | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 3.3                                             | Стационарная теплопроводность, часть 1. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 3.4                                             | Стационарная теплопроводность, часть 2. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 3.5                                             | Нестационарная теплопроводность. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 3.6                                             | Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3 | 11 | ОПК-1.1 |  |  |
| <b>Раздел 4. Радиационный теплообмен</b>        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |    |         |  |  |
| 4.1                                             | Основные понятия радиационного переноса теплоты. Количественные характеристики излучения. Законы излучения абсолютно черного тела. Применение основных законов излучения абсолютно черного и серого тела к анализу и расчету радиационного теплообмена. Угловые коэффициенты излучения как показатели, учитывающие геометрию теплообменной системы. Свойства средних угловых коэффициентов излучения, их определение в простейших случаях. /Лек/                                                                                                              | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 4.2                                             | Зональный метод расчета радиационного теплообмена. Смешанная и фундаментальная постановки задачи. Замкнутая система из 2 серых тел, разделенных диатермической средой. Действие экранной теплоизоляции. Излучение через окна печи. Радиационный теплообмен в системе серых тел, заполненных поглощающе-излучающей средой. Закон Бугера. Эффективная длина луча, формула Невского /Лек/                                                                                                                                                                        | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 4.3                                             | Теплообмен излучением, часть 1. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 4.4                                             | Теплообмен излучением, часть 2. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 4.5                                             | Теплообмен излучением, часть 3. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 4.6                                             | Проработка лекционного материала, материала практических занятий. Выполнение домашнего задания № 2. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3 | 11 | ОПК-1.1 |  |  |
| <b>Раздел 5. Генерация и утилизация теплоты</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |    |         |  |  |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |    |         |  |  |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---------|--|--|
| 5.1  | Классификация топлива, показатели его качества. Кинетический и диффузионный режимы горения топлива. Расчёт калориметрической, теоретической и действительной температуры. Конструкции и выбор устройств для сжигания топлива. Тепловые эквиваленты сырьевых материалов шихты. Генерация теплоты за счёт электрической энергии. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.2  | Виды вторичных энергоресурсов на предприятии и методы их использования. Способы утилизации теплоты, характеристика теплообменных устройств. Общая теория и расчет рекуператоров. Передача теплоты через обременные поверхности при граничных условиях третьего рода. /Лек/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.3  | Классификация печей по энергетическому признаку, технологическому назначению и конструктивным признакам. Типовые режимы работы печей- теплообменников и печей-теплогенераторов. Основные показатели тепловой работы печей: температура, тепловой режим, коэффициенты полезного тепло- и топливоиспользования. Тепловой баланс печей и его использование для оценки эффективности работы печей. Классификация, физические и эксплуатационные свойства огнеупоров. Принципы выбора материала огнеупорной кладки и теплоизоляционных материалов. Строительные элементы печей : фундамент, кладка, каркас. /Лек/ | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.4  | Расчет горения газообразного топлива. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.5  | Расчет горения жидкого топлива. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.6  | Расчет нагревателей электрических печей. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.7  | Расчет нагревателей электрических печей. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.8  | Тепловой расчет металлического прямотрубного рекуператора. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.9  | Расчет игольчатого рекуператора. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 5.10 | Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3 | 14 | ОПК-1.1 |  |  |
|      | <b>Раздел 6. Огнеупорные и строительные материалы печей</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |    |         |  |  |
| 6.1  | Мировое производство стали. Производство окатышей и агломерата. Производство кокса. Конструкция и тепловая работа доменной печи. Особенности теплообмена в слое. Движение газов и шихты. Водяные эквиваленты кусковых материалов и газов. Типичное изменение температуры по высоте печи. Тепловые процессы в зоне фурм. Газогенераторный и топочный режимы работы шахтных печей цветной металлургии. Способы интенсификации тепловой работы шахтных печей. /Лек/                                                                                                                                             | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |    |         |  |  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|---------|--|--|
| 6.2 | Конструкция, газодинамический, тепловой и температурный режимы работы конвертера черной металлургии. Конвертер цветной металлургии. Особенности конвертирования медных штейнов: периоды накопления и потребления теплоты. Способы интенсификации тепловой работы подовых сталеплавильных агрегатов. Дуговые печи: конструкция и теплотехническая характеристика, способ нагрева, особенности радиационного теплообмена. /Лек/                  | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 6.3 | Теплотехнические основы рациональной технологии нагрева металла перед обработкой давлением. Проходные нагревательные печи. Реализация скоростного конвективного нагрева металла. Характеристика основных печей для нагрева металла под термообработку. Садочные термические печи. Печи сопротивления косвенного действия: их общая характеристика и особенности тепловой работы. Индукционные печи канальные и тигельные печи /Лек/            | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 6.4 | Печи для кислородно-факельной плавки. Печи с вертикальным расположением факела для взвешенной плавки на штейн. КИВЦЭТ-агрегат. Печь Ванюкова для плавки руд и концентратов. Процесс "Айзасмелт"/"Аусмелт" /Лек/                                                                                                                                                                                                                                | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 6.5 | Печи для непрерывного получения черновой меди. Огневое и электролитическое рафинирование меди. Конструкция печей для обжига сульфидных концентратов в кипящем слое. Тепловой и температурный режимы процесса обжига. Основы аэродинамического расчёта кипящего слоя. Принципы работы и конструкции трубчатых вращающихся печей. Тепловой и температурный режимы нагрева сыпучих материалов. Перспективные тепловые агрегаты металлургии. /Лек/ | 3 | 1  | ОПК-1.1 |  |  |
| 6.6 | Расчет нагрева металла в методической печи. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 6.7 | Примерный расчет дуговой сталеплавильной печи. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 6.8 | Расчет внешнего теплообмена в рабочем пространстве отражательной печи. /Пр/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 3 | 2  | ОПК-1.1 |  |  |
| 6.9 | Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3 | 20 | ОПК-1.1 |  |  |

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Вопросы к зачёту с оценкой.

1. Основные понятия механики жидкостей и газов: сжимаемая и несжимаемая жидкость, идеальная и реальная жидкость, вектор скорости.
2. Дифференциальное уравнение неразрывности.
3. Уравнения Эйлера и Уравнение Навье-Стокса.
4. Силы, действующие в движущейся реальной жидкости. Два режима движения жидкости. Критерий Рейнольдса. Постановка задачи для расчета движения жидкости.
5. Избыточное давление в рабочем пространстве печи, заполненном легким газом.
6. Принцип действия дымовой трубы.
7. Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Пристеночный и свободный пограничный слой.
8. Дифференциальные уравнения ламинарного пограничного слоя (уравнения Л. Прандтля).
9. Уравнение потока импульса для пограничного слоя (уравнение Т. Кармана).
10. Расчет ламинарного пограничного слоя на основе интегрального метода.

11. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.
12. Расчет потерь давления жидкости на трение и на местные сопротивления.
13. Общие сведения о теплообмене. Плотность потока теплоты. Теплоотдача и теплопередача.
14. Молекулярная теплопроводность. Закон Фурье.
15. Конвективная теплоотдача. Закон Ньютона.
16. Дифференциальное уравнение конвективной теплоотдачи.
17. Дифференциальное уравнение энергии. Постановка задачи для расчета теплового потока при теплоотдаче.
18. Тепловой пограничный слой. Критерий Прандтля.
19. Расчет коэффициента теплоотдачи (локального и среднего по длине) при вынужденном ламинарном движении жидкости вдоль плоской поверхности.
20. Теплоотдача при свободной конвекции. Критерии Архимеда и Грасгофа.
21. Основные понятия радиационного теплообмена. Связь между яркостью и плотностью потока полусферического излучения.
22. Законы излучения абсолютно черного тела.
23. Свойства угловых коэффициентов излучения. Частные случаи систем: две бесконечные параллельные пластины, система двух concentric сфер, внутренняя поверхность сферического сегмента и его основание.
24. Применение зонального метода для расчета радиационного теплообмена в печах с диатермической средой.
25. Теплообмен излучением в замкнутой системе из двух серых тел, разделенных диатермической средой.
26. Действие экранной теплоизоляции.
27. Излучение через окна печи.
28. Уравнение переноса энергии излучения в поглощающей и излучающей среде. Закон Бугера. Излучение газов.
29. Основные положения теории теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности в декартовых и цилиндрических координатах.
30. Решение уравнения теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях первого рода для неограниченной пластины.
31. Решение уравнения теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода для неограниченной пластины.
32. Решение уравнения теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях первого рода для цилиндрической стенки бесконечной длины.
33. Решение уравнения теплопроводности при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода для цилиндрической стенки бесконечной длины.
34. Решение уравнения теплопроводности при нестационарном режиме и граничных условиях третьего рода для неограниченной пластины.
35. Решение уравнения теплопроводности при нестационарном режиме и граничных условиях первого рода для неограниченной пластины.
36. Использование закономерностей регулярного теплового режима для экспериментального определения теплофизических свойств материалов и коэффициента теплоотдачи.
37. Основные виды топлива и их характеристика. Состав и теплота сгорания топлива. Условное топливо.
38. Кинетическое горение топлива. Факел и фронт пламени. Коэффициент расхода воздуха.
39. Диффузионное горение топлива.
40. Расчет горения топлива.
41. Классификация, конструкции, принцип работы и схема выбора устройств для сжигания топлива.
42. Теплогенерация за счет выгорания примесей металла и шихты. Тепловой и топливный эквиваленты шихты.
43. Выбор электронагревателей и схема их расчета.
44. Классификация огнеупорных материалов.
45. Физические свойства огнеупоров.
46. Рабочие свойства огнеупоров и их лабораторное определение.
47. Неформованные огнеупорные и теплоизоляционные материалы.
48. Элементы конструкции металлургических печей: фундамент, каркас, футеровка, водоохлаждаемые элементы, технологические отверстия.
49. Классификация печей по энергетическому признаку.
50. Температурный и тепловой режимы работы печи. Производительность печи. Удельный расход топлива и электроэнергии.
51. Коэффициент полезного теплоиспользования, коэффициент использования топлива.
52. Тепловой баланс печи. Статьи прихода теплоты.
53. Тепловой баланс печи. Статьи расхода теплоты.
54. Виды вторичных энергоресурсов и методы их использования. Способы утилизации теплоты дыма.
55. Металлические радиационные рекуператоры: конструкции и основные характеристики.
56. Металлические конвективные рекуператоры: конструкции и основные характеристики.
57. Керамические рекуператоры: конструкции и основные характеристики.
58. Общая теория и расчет рекуператоров.
59. Устройство и работа котлов-утилизаторов.
60. Способы очистки технологических газов металлургического производства.
61. Конструкция и тепловая работа доменной печи.
62. Конструкция и тепловая работа шахтной печи цветной металлургии.
63. Конструкция и тепловая работа отражательной печи.
64. Конструкция и тепловая работа конвертера черной металлургии.
65. Конструкция и тепловая работа конвертера цветной металлургии.

66. Методическая печь черной металлургии. Конструкция и тепловая работа.  
 67. Методическая печь цветной металлургии. Конструкция и тепловая работа.  
 68. Колпаковая печь для отжига распушенных рулонов. Конструкция и тепловая работа.  
 69. Колпаковая печь для светлого отжига листов. Конструкция и тепловая работа.  
 70. Вращающаяся печь для нагрева сыпучих материалов. Конструкция и тепловая работа.  
 71. Печь для обжига материала в кипящем слое. Конструкция и тепловая работа.  
 72. Электрические печи цветной металлургии. Конструкции и тепловая работа

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Текущий контроль успеваемости включает в себя задания для самостоятельного выполнения и контрольные мероприятия.  
 Домашнее задание № 1 по разделу 1  
 Домашнее задание № 2 по разделу 2  
 Домашнее задание № 3 по разделу 5  
 Контрольная работа по разделу 5  
 Контрольная работа по разделу 6  
 Контрольная работа по разделу 7

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен не предусмотрен.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики, НИР)

#### ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ:

Оценка "зачтено" - задания выполнены полностью, расчеты выполнены верно, технически грамотно оформлены.  
 Оценка "не зачтено" - задания выполнены не в полном объеме, допущены ошибки в расчете и имеются недочеты в оформлении заданий.

Промежуточная аттестация по дисциплине предусмотрена в форме экзамена.

При сдаче контрольной работы предусмотрена система оценивания по пятибалльной системе.

Для успешной сдачи контрольной работы необходимо грамотно и верно ответить на теоретические вопросы или решить задачу.

#### ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |                                  |                                                         |
|----|----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Э1 | Курс "Теплофизика" в LMS Canvas  | <a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a> |
| Э2 | Курс "Теплотехника" в LMS Canvas | <a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a> |

### 6.3 Перечень программного обеспечения

|     |            |
|-----|------------|
| П.1 | MS Office, |
| П.2 | MS Teams.  |

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение                 | Оснащение                                                                                      |
|------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2    | Теплофизика и теплотехника | компьютер, проектор, экран, интерактивная доска<br>комплект тематических презентаций, доступ к |
| 6    | Теплофизика. Теплотехника  | Компьютеры, доступ к интернету                                                                 |

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Весь курс разделен на самостоятельные взаимосвязанные части, т.е. имеет модульное построение. Развитие самостоятельности студентов достигается индивидуализацией домашних заданий.

Лекции проводятся с использованием мультимедийных технологий в специально оборудованных аудиториях, при этом лекционный материал демонстрируется с использованием графического редактора Power Point.

На практических занятиях и при выполнении домашних занятий осваиваются как классические методы решения задач, так и с использованием пакетов прикладных программ. Такая возможность обеспечивается рациональным использованием времени при проведении лекций и практических занятий с широким привлечением мультимедийной техники, и современных пакетов прикладных программ.

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Для успешного освоения дисциплины обучающемуся необходимо:

1. Посещать все виды занятий.
2. Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы - LMS Canvas и MS Teams.
3. При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через MS Teams или LMS Canvas).
4. Иметь доступ к компьютеру, подключенному к сети Интернет.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации на LMS Canvas.