

Документ подписан простав в электронном виде  
Информация: Виктор Викторович  
ФИО: Кудашов Дмитрий Викторович  
Должность: Директор Высунского филиала НИТУ «МИСиС»  
Дата подписания: 15.12.2022 14:48:10  
Уникальный программный ключ:  
619b0f177227a6c5ca9c00aabb4272de121f088

Рабочая программа утверждена  
решением Учёного совета  
ВФ НИТУ МИСиС  
от «31» августа 2020г.  
протокол № 1-20

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Теплофизика и теплотехника

Закреплена за кафедрой	Общепрофессиональных дисциплин
Направление подготовки	22.03.02 Металлургия
Профиль	Обработка металлов давлением
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очно-заочная</b>
Общая трудоемкость	<b>3 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану	108 Формы контроля в семестрах:
в том числе:	зачет с оценкой 5 семестр
аудиторные занятия	42
самостоятельная работа	60
часов на контроль	4

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	26	26	26	26
Практические	16	16	16	16
КСР	2	2	2	2
Итого ауд.	42	42	42	42
Контактная работа	44	44	44	44
Сам. работа	60	60	60	60
Часы на контроль	4	4	4	4
Итого	108	108	108	108

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 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (уровень бакалавриата) (приказ от 02.12.2015 г. № 602 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 Metallургия, ОМ-20 ОчЗ.рлх Обработка металлов давлением, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСиС" 27.02.2020, протокол № 5-20

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Общепрофессиональных дисциплин**

Протокол от 26.06.2020 г., №10

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.В
-------------------	------

**2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

2.1.1 Физика

2.1.2 Химия

2.1.3 Математика

**2.2 Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

2.2.1 Научно-исследовательская работа

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ****ПК-1.4: готовность использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы****Знать:**

ПК-1.4-31 базовые понятия и закономерности раздела физики, объясняющего теплообменные процессы

ПК-1.4-32 принципы составления теплового баланса металлургических печей

ПК-1.4-33 конструкции и тепловую работу металлургических печей

ПК-1.4-34 основные закономерности процессов тепло- и массопереноса, механики жидкостей газов применительно к технологическим процессам в тепловых агрегатах черной и цветной металлургии

ПК-1.4-35 закономерности протекания процессов генерации теплоты и её переноса в конкретных технологических агрегатах для получения и обработки различных металлов и сплавов

**Уметь:**

ПК-1.4-У1 рассчитывать приход тепловой энергии, составлять тепловой баланс

ПК-1.4-У2 рассчитывать процессы горения топлива

ПК-1.4-У3 рассчитывать тепловые балансы металлургических печей

ПК-1.4-У4 рассчитывать и анализировать процессы внешнего и внутреннего теплообмена в печах различного технологического назначения и элементах их конструкций

**Владеть:**

ПК-1.4-В1 аналитическими и численными методами решения систем теплофизических уравнений

ПК-1.4-В2 методами анализа и численными методами, вычислительной техникой при решении прикладных задач в области гидрогазодинамики и теплообмена

**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. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
1.2	Уравнение Эйлера и Навье-Стокса. Режимы течения реальной жидкости. Критерий Рейнольдса. Постановка задачи для расчета движения жидкости. Статика жидкостей и газов. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	

1.3	Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Уравнение потока импульса для пограничного слоя (Уравнение Кармана). /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
1.4	Расчет ламинарного пограничного слоя на основе интегрального метода. Уравнение Бернулли для струйки тока идеальной жидкости и для потока реальной жидкости. Расчет потерь давления на трение и на местные сопротивления. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
1.5	Особенности струйного течения. Изменение основных характеристик осесимметричной турбулентной струи (давления, потоков импульса и кинетической энергии, осевой скорости, объемного расхода) по ее длине. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
1.6	Течение реальной жидкости по трубам и каналам. Потери на трение и местные сопротивления. Течение жидкости в ламинарном пограничном слое. Течение жидкости в турбулентном пограничном слое. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	
1.7	Расчет процесса истечения газа из сопел. Исследование уравнения Бернулли /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	
1.8	Определение коэффициентов трения и местного сопротивления при движении воздуха в трубе. Определение коэффициентов истечения из отверстий и насадков различной среды. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.1Л2.2 Л2.3	
1.9	Исследование свободной затопленной и полуограниченной газовых струй /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.1Л2.2 Л2.3	
1.10	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	5	10	ПК-1.4	Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.3	
<b>Раздел 2. Конвекция</b>						
2.1	Основные положения переноса теплоты. Три вида теплообмена. Основные понятия конвективного теплопереноса, дифференциальное уравнение конвективной теплоотдачи. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
2.2	Дифференциальное уравнение энергии Фурье-Кирхгофа и его решение. Тепловой пограничный слой, критерий Прандтля. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
2.3	Тепловой пограничный слой и его расчет при ламинарном режиме течения жидкости. Уравнения конвективной теплоотдачи при вынужденном движении в безразмерном (критериальном) виде и особенности их использования при практических расчетах. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
2.4	Конвективная теплоотдача при свободном движении. Уравнения конвективной теплоотдачи при свободном движении в безразмерном (критериальном) виде и особенности их использования при практических расчетах. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
2.5	Применение методов теории подобия для приведения исходных уравнений к безразмерному виду. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	

2.6	Теплоотдача и массоотдача при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности. Определение коэффициентов теплоотдачи при вынужденном турбулентном движении жидкости в трубе. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	
2.7	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	5	10	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	
<b>Раздел 3. Радиационный теплообмен</b>						
3.1	Основные понятия радиационного переноса теплоты. Количественные характеристики излучения. Законы излучения абсолютно черного тела. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
3.2	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/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
3.3	Зональный метод расчета радиационного теплообмена. Смешанная и фундаментальная постановки задачи. Замкнутая система из 2 серых тел, разделенных диатермической средой. Действие экранной теплоизоляции. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
3.4	Зональный метод расчета радиационного теплообмена: излучение через окна печи. Радиационный теплообмен в системе серых тел, заполненных поглощающе-излучающей средой. Закон Бугера. Эффективная длина луча, формула Невского /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
3.5	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой. Теплообмен излучением в поглощающей среде. Излучение твердых тел. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	
3.6	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	5	10	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	
<b>Раздел 4. Теплопроводность</b>						
4.1	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. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
4.2	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/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
4.3	Нестационарная теплопроводность при граничных условиях первого и третьего рода. Общее решение уравнения нестационарной теплопроводности и его использование для случая термически массивных тел. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	
4.4	Общее решение уравнения нестационарной теплопроводности и его использование для случая термически тонких тел. Регулярный тепловой режим и экспериментальное определение теплофизических свойств веществ, коэффициента теплоотдачи. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.3	

4.5	Теплопроводность и молекулярная диффузия при стационарном режиме. Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя (стационарный режим теплопроводности). Нагрев твердых тел. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	
4.6	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	5	10	ПК-1.4	Л1.3Л2.2 Л2.3	
	<b>Раздел 5. Топливо и его горение. (Теплогенерация)</b>					
5.1	Энергетическая сущность производственных процессов. Создание научных основ теплотехники и промышленного печестроения. Классификация топлива, показатели его качества. Кинетический и диффузионный режимы горения топлива. Расчёт калориметрической, теоретической и действительной температуры /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
5.2	Конструкции и схемы выбора устройств для сжигания топлива. Тепловые эквиваленты сырьевых материалов шихты. Генерация теплоты за счёт электрической энергии. Классификация, физические и эксплуатационные свойства огнеупоров /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
5.3	Расчёт горения газообразного и жидкого топлива. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3Л2.1	
5.4	Определение теплоты сгорания газообразного топлива. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.2	
5.5	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	5	5	ПК-1.4	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1	
	<b>Раздел 6. Огнеупорные и строительные материалы печей</b>					
6.1	Принципы выбора материала огнеупорной кладки. Огнеупорные растворы, массы, бетоны. Выбор теплоизоляционных материалов. Строительные элементы печей: фундамент, кладка, каркас. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
6.2	Тепловой расчёт многослойного ограждения печей при стационарном или нестационарном тепловом режиме. Контрольная работа /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
6.3	Определение плотности и газопроницаемости огнеупорных материалов. Определение термостойкости и шлакоустойчивости огнеупорных материалов. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
6.4	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	5	5	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
	<b>Раздел 7. Конструкции и тепловая работа печей</b>					
7.1	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. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	

7.2	Шахтные печи. Особенности теплообмена в слое. Движение газов и шихты. Водяные эквиваленты кусковых материалов и газов. Типичное изменение температуры по высоте шахтной печи. Тепловые процессы в зоне фурм. Газогенераторный и топочный режимы работы шахтных печей цветной металлургии. Способы интенсификации тепловой работы шахтных печей. Конвертеры чёрной и цветной металлургии. Особенности конвертирования медных штейнов: периоды накопления и потребления теплоты. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.3	Способы интенсификации тепловой работы подовых сталеплавильных агрегатов. Отражательные печи для плавки на штейн. Конструкция, тепловой и температурный режимы. Внешняя и внутренняя задачи теплообмена в отражательной печи. Теплотехнические основы рациональной технологии нагрева металла перед обработкой давлением. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.4	Тепловая работа и конструкции методических печей толкательного типа и с шагающими балками (подом). Реализация скоростного конвективного нагрева металла. Характеристика основных печей для нагрева металла под термообработку. Конструкция печей для обжига сульфидных концентратов в кипящем слое. Основы аэродинамического расчёта кипящего слоя. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.5	Тепловой и температурный режимы процесса обжига. Принципы работы и конструкции трубчатых вращающихся печей. Тепловой и температурный режимы нагрева сыпучих материалов. Электрические печи цветной металлургии. Методы использования вторичных энергоресурсов. Способы утилизации теплоты дыма. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.6	Конструкции и особенности тепловой работы регенераторов. Общая теория и расчёт рекуператоров. Способы очистки дымовых газов металлургического производства. /Лек/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.7	Расчёт теплового баланса рабочего пространства печи. Тепловой расчёт металлического прямотрубного рекуператора и определение его конструктивных характеристик. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.8	Расчёт конического сопла или сопла Лаваля для сожигательных устройств. /Пр/	5	1	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.9	Регулярный тепловой режим. Тепловой баланс электропечи сопротивления. /Пр/	5	2	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.10	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	5	10	ПК-1.4	Л1.3 Л1.4Л2.1	
	Контроль	5	4	ПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л2.1 Л2.2 Л2.3	
	КСР	5	2	ПК-1.4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л2.1 Л2.2 Л2.3	
<b>5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ (Приложение)</b>						

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Арутюнов В.А., Левицкий И.А., Шибалов С.Н., Капитанов В.А.	Теплофизика, теплотехника, теплообмен: Механика жидкостей и газов: Лабораторный практикум	Методические пособия	Москва, 2007
Л1.2	Арутюнов В.А., Капитанов В.А., Левицкий И.А., Шибалов С.Н.	Теплофизика, теплотехника, теплообмен: Тепломассоперенос. Топливо и огнеупоры. Тепловая работа печей: Лабораторный практикум	Методические пособия	Москва, 2007
Л1.3	Кривандин В.А., Арустамов В.А., Мастрюков Б.С. Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Мастрюков Б.С.	Металлургическая теплотехника .В 2томах.Т1. Теоретические основы: учебник	Электронный каталог	Москва Metallurgy, 1986
Л1.4	Кривандин В.А., Арустамов В.А., Мастрюков Б.С. Кривандин В.А, Неведормская И.Н, Кобахидзе В.В.	Металлургическая теплотехника .В 2томах.Т2. Конструкция и работа печей: учебник	Электронный каталог	Москва Metallurgy, 1986

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Сборщиков.	Теплотехника. Расчет и конструирование элементов промышленных печей: Учебно-методическое пособие	Методические пособия	Москва, 2004
Л2.2	Тимофеева А.С., Федина В.В.	Справочник теплофизика-металлурга: учебное пособие	Электронный каталог	старый Оскол Роса, 2008
Л2.3	Кривандин В.А., Арутюнов В.А., Белоусов В.В.	Теплотехника металлургического производства. Т.1. Теоретические основы: учебное пособие	Электронный каталог	Москва МИСиС, 2002

**6.3 Перечень лицензионного программного обеспечения**

П.1	Windows
П.2	Microsoft Office
П.3	антивирусное ПО Dr.Web
П.4	MS Teams

**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных****7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
12	Теплофизика и теплотехника	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, текущего контроля, индивидуальных консультаций, промежуточной аттестации, групповых консультаций: доска классическая, доска интерактивная, компьютер с доступом к сети "Интернет" (1 шт.), проектор (1 шт.), экран (1 шт.), рабочее место преподавателя, стол (16 шт.), стул (32 шт.) ПО: Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007, антивирусное ПО Dr.Web, MS Teams, Visual Studio, комплект тематических презентаций



46	Теплофизика и теплотехника	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся, имеется подключение к сети "Интернет" и доступ в электронную информационно-образовательную среду: доска классическая, компьютер с доступом к сети "Интернет" (16 шт.), проектор (1 шт.), экран (1 шт.), рабочее место преподавателя, стол (16 шт.), стул (32 шт.) ПО: Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007, Компас, антивирусное ПО Dr.Web, MS Teams, Visual Studio
----	----------------------------	--

### 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 заданий 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. При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю.
3. Иметь доступ к компьютеру, подключенному к сети Интернет.

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