

Документ подписан простав в электронном виде  
Информация: Выксунский филиал  
ФИО: Кудашов Дмитрий Викторович  
Должность: Директор Выксунского филиала НИТУ «МИСиС»  
Дата подписания: 15.12.2022 14:48:10  
Уникальный программный ключ:  
619b0f177227aeccca9c00aabb44272de121f088

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  
Направление подготовки  
Профиль

Общепрофессиональных дисциплин  
15.03.02 Технологические машины и оборудование  
Машины и агрегаты трубного производства

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180 Формы контроля в семестрах:

в том числе: зачет с оценкой 4 семестр

аудиторные занятия 72

самостоятельная работа 104

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Практические	36	36	36	36
КСР	4	4	4	4
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	76	76	76	76
Сам. работа	104	104	104	104
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*к.тн, Проф., Прибытков Иван Алексеевич; к.тн, 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 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата) (приказ от 02.12.2015 г. № 602 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

15.03.02 Технологические машины и оборудование, МО-20.plx Машины и агрегаты трубного производства, 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

#### УК-7.1: способность анализировать продукцию, процессы и системы

##### Знать:

УК-7.1-31 основные закономерности процессов тепло- и массопереноса, механики жидкостей газов применительно к технологическим процессам в тепловых агрегатах черной и цветной металлургии

УК-7.1-32 закономерности протекания процессов генерации теплоты и её переноса в конкретных технологических агрегатах для получения и обработки различных металлов и сплавов

УК-7.1-33 конструкции и тепловую работу металлургических печей

УК-7.1-34 базовые понятия и закономерности раздела физики, объясняющего теплообменные процессы

УК-7.1-35 принципы составления теплового баланса металлургических печей

##### Уметь:

УК-7.1-У1 рассчитывать тепловые балансы металлургических печей

УК-7.1-У2 рассчитывать и анализировать процессы внешнего и внутреннего теплообмена в печах различного технологического назначения и элементах их конструкций

УК-7.1-У3 рассчитывать приход тепловой энергии, составлять тепловой баланс

УК-7.1-У4 рассчитывать процессы горения топлива

##### Владеть:

УК-7.1-В1 методами анализа и численными методами, вычислительной техникой при решении прикладных задач в области гидрогазодинамики и теплообмена

УК-7.1-В2 аналитическими и численными методами решения систем теплофизических уравнений

### 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/	4	1	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.3	
1.3	Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Уравнения Прандтля. Уравнение потока импульса для пограничного слоя (Уравнение Кармана). /Лек/	4	1	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.3	
1.6	Течение реальной жидкости по трубам и каналам. Потери на трение и местные сопротивления. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
1.7	Течение жидкости в ламинарном пограничном слое. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
1.8	Течение жидкости в турбулентном пограничном слое. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
1.9	Расчет процесса истечения газа из сопел. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
1.10	Исследование уравнения Бернулли /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.1Л2.2 Л2.3	
1.11	Определение коэффициентов трения и местного сопротивления при движении воздуха в трубе /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.1Л2.2 Л2.3	
1.12	Определение коэффициентов истечения из отверстий и насадков различной среды /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.1Л2.2 Л2.3	
1.13	Исследование свободной затопленной и полугораниченной газовых струй /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.1Л2.2 Л2.3	
1.14	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. Выполнение домашнего задания №1 /Ср/	4	19	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.3	
2.2	Дифференциальное уравнение энергии Фурье-Кирхгофа и его решение. Тепловой пограничный слой, критерий Прандтля. /Лек/	4	1	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.3	
2.5	Применение методов теории подобия для приведения исходных уравнений к безразмерному виду. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	

2.6	Теплоотдача и массоотдача при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
2.7	Определение коэффициентов теплоотдачи при вынужденном турбулентном движении жидкости в трубе /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
2.8	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. Выполнение домашнего задания №2 /Ср/	4	20	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	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/	4	2	УК-7.1	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/	4	2	УК-7.1	Л1.3Л2.3	
3.5	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
3.6	Теплообмен излучением в поглощающей среде. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
3.7	Излучение твердых тел /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
3.8	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	4	20	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.3	

4.4	Общее решение уравнения нестационарной теплопроводности и его использование для случая термически тонких тел. /Лек/	4	2	УК-7.1	Л1.3Л2.3	
4.5	Регулярный тепловой режим и экспериментальное определение теплофизических свойств веществ, коэффициента теплоотдачи. /Лек/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.3	
4.6	Теплопроводность и молекулярная диффузия при стационарном режиме. /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
4.7	Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя (стационарный режим теплопроводности). /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
4.8	Нагрев твердых тел /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.3Л2.2 Л2.3	
4.9	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	4	15	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	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/	4	2	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
5.3	Расчёт горения газообразного и жидкого топлива. Контрольная работа /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.3Л2.1	
5.4	Определение теплоты сгорания газообразного топлива. /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.2	
5.5	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. Выполнение домашнего задания №3 /Ср/	4	10	УК-7.1	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/	4	2	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
6.2	Тепловой расчёт многослойного ограждения печей при стационарном или нестационарном тепловом режиме. Контрольная работа /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
6.3	Определение плотности и газопроницаемости огнеупорных материалов. /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
6.4	Определение термостойкости и шлакоустойчивости огнеупорных материалов /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
6.5	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	4	10	УК-7.1	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/	4	2	УК-7.1	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/	4	2	УК-7.1	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/	4	2	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	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/	4	2	УК-7.1	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/	4	1	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.7	Расчёт теплового баланса рабочего пространства печи. /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.8	Тепловой расчёт металлического прямотрубного рекуператора и определение его конструктивных характеристик /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.9	Расчёт конического сопла или сопла Лавалля для сожигательных устройств. Контрольная работа /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.10	Регулярный тепловой режим /Пр/	4	1	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
7.11	Тепловой баланс электропечи сопротивления. /Пр/	4	2	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	

7.12	Проработка лекционного материала, материала практических занятий. /Ср/	4	10	УК-7.1	Л1.3 Л1.4Л2.1	
	Контроль	4	4	УК-7.1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л2.1 Л2.2 Л2.3	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ (Приложение)

### 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. 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
2	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, рабочее место преподавателя, стол (10 шт.), стул (20 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 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. 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.