





# **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины (модуля) «Конструкции и тепловая работа промышленных печей» являются:

– формирование у студентов знаний и умений для производственно-технологической; монтажно-наладочной и сервисно-эксплуатационной деятельности;

– изучение фундаментальных законов теплопередачи, современной теории горения и рационального сжигания топлива в рабочих пространствах промышленных печей;

– изучение конструкций и элементов высокотемпературных металлургических печей, а также технологии тепловой обработки металлов в них, устройств и материалов применяемых при сооружении печей;

– изучение методов передачи и использования теплоты в промышленных печах и теплоэнергетических агрегатах и установках, изучение свойств теплоносителей, применяемых в теплоэнергетике;

– получение комплекса знаний о процессах, происходящих в промышленных печах и теплоэнергетических установках;

– формирование умений выполнения теплотехнических расчетов и анализа процессов, совершаемых в промышленных печах и теплоэнергетических установках;

– формирование умений определять пути совершенствования технологических процессов и разработки экологически безвредных и малоотходных технологий.

Задачи дисциплины:

- развитие у студентов познавательных, деятельностных и личностных качеств в соответствии с требованиями ФГОС ВО;

- усвоение студентами знаний оборудования и агрегатов для агрегатов для термической обработки материалов в объеме, необходимом для технически грамотного использования с целью повышения их энергетической эффективности.

# 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.02 «Конструкции и тепловая работа промышленных печей» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы по направлению подготовки Теплоэнергетика и теплотехника.

Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений следующих дисциплин:

* Математика (дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, численные методы, уравнения математической физики);
* Физика (молекулярная физика, термодинамика);
* Химия (химическая термодинамика, химическое и фазовое равновесие);
* Гидрогазодинамика (основные физические свойства жидкостей и газов, подобие гидромеханических процессов, уравнение движения вязкой жидкости, режимы движения, пограничный слой);
* Техническая термодинамика (первый и второй закон термодинамики, идеальные и реальные газы, водяной пар, фазовые диаграммы).
* Тепломассообмен (основные законы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение; интенсификация процессов тепломассообмена).

Знания (умения, навыки), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для выполнения выпускной квалификационной работы и изучении дисциплин «Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий», «Тепломассообменное оборудование предприятий».

# 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Конструкции и тепловая работа промышленных печей» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения |
| --- | --- |
| **ПК-7 способностью обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины** |
| Знать | - основные определения и понятия используемых в теории и практике металлургической теплотехники; фундаментальные законы теплообмена в рабочем пространстве печей, основные правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины. |
| Уметь: | - разбираться в конструкции промышленных печей;определять способ тепло- и массообмена в промышленной печи с учетом правил техники безопасности. |
| Владеть:  | -основными методами математического анализа и моделирования в области тепловой работы печей,выбирать вид и конструкцию топливосжигающих устройств с соблюдением норм охраны труда, пожарной безопасности, производственной и трудовой дисциплины |
| **ПК-8 готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования** |
| Знать | -технику проведения экспериментов и метрологического обеспечения технологических процессов в области теплотехнологий |
| Уметь | применять методы математического анализа при анализе метрологических данных контроля технологическими процессами. |
| Владеть | - практическими навыками использования приборами метрологического контроля |

# **4 Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы - 144 акад. часа, в том числе:

контактная работа – 77,1 акад. час:

- аудиторная— 72 акад. часов;

- внеаудиторная — 5,1 акад. часов;

самостоятельная работа –31,2 акад. час;

подготовка к экзамену – 35,7 акад. часов.

| Раздел/ темадисциплины | Семестр | Аудиторная контактная работа(в акад.часах) | самост. раб. | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код и структурный элемент компетенции |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| лекции | практич. занятия |
| Раздел 1. Конструкции и тепловая работа промышленных печей.  |  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 1.1. Введение в дисциплину  | 5 | 2 |  |  | Наличие конспектов лекций [АКР№1]. | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3Зув |
| Тема 1.2. Введение в высокотемпературную теплотехнологию. Вводные понятия и определения. Тепловые, теплотехнические и структурные схемы высокотемпературных теплотехнологических установок. | 5 | 4 | 4 | 4 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы [АКР№1] | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3Зув |
| Тема 1.3. Классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов и установок. Энергетические и экологические проблемы высокотемпературной теплотехнологии. Предмет дисциплины. Материальные балансы теплотехнологических процессов | 5 | 4 | 4/4 | 4 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы [АКР№2] | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3Зув |
| Тема 1.4. Тепловые балансы теплотехнологического реактора, других элементов тепловой схемы и высокотемпературной теплотехнологической установки в целом. Видимый, суммарный и приведенный удельные расходы топлива; суммарные удельные энергозатраты, приведенные к первичному топливу. | 5 | 4 | 6 | 6 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы [АКР№3] | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3Зув |
| **Итого по разделу 1** | **5** | **14** | **14/4** | **14** |  |  |  |
| Раздел 2. Основы теплообмена в промышленных печах. |  |  |  |  |  |  |  |
| Тема 2.1. Внешний теплообмен в реакторе высокотемпературной теплотехнологической установки. Основные размеры рабочего пространства реактора, обеспечивающие заданную производительность высокотемпературной теплотехнологической установки. | 5 | 4 | 4/2 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы [АКР№4] | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3Зув |
| Тема 2.2. Внешний теплообмен в реакторах с нефильтруемым слоем технологических материалов, с фильтруемым плотным слоем кусковых материалов и изделий, с кипящим слоем зернистых материалов, с псевдогазовым слоем пылевидных материалов, с барботируемой ванной расплава. Пути интенсификации внешнего теплообмена  | 5 | 4 | 4 | 2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Выполнение курсовой работы п. 6. | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3зув |
| Тема 2.3. Нагрев и плавление термически тонких и термически массивных тел. Температурные режимы нагрева термически массивных тел | 5 | 6 | 6/2 | 4 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы [АКР№5] | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3Зув |
| Тема 2.4. Организации процесса генерации теплоты в теплотехнологических реакторах и способы их обеспечения в технологических реакторах различных типов.Способы преобразования электрической энергии в теплоту и область их применения в высокотемпературных теплотехнологических установках. | 5 | 4 | 4/2 | 4 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Выполнение курсовой работы п. 6.  | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3Зув |
| Тема 2.5. Снижение энергозатрат путем внешнего использования тепловых и горючих отходов.Основные направления технического прогресса энергетики высокотемпературной теплотехнологии | 5 | 4 | 4/4 | 5,2 | Самостоятельное изучение учебной и научной литературы [АКР№6] | Текущий контроль успеваемости | ПК-2ПК-3Зув |
| **Итого по разделу 2** | **5** | **22** | **22/10** | **17,2** |  |  |  |
| **Итого по дисциплине** | **5** | **36** | **36/14** | **31,2** | **Промежуточный контроль (экзамен, защита курсовой работы)** |  |  |

# 5 Образовательные и информационные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Конструкции и тепловая работа промышленных печей» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовке к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию. При организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии курса лекций, лабораторного практикума, расчетно-графической работы.

# 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

**Примерные вопросы аудиторных контрольных работ (АКР)**

*АКР№1*

1. В каких единицах измеряется количество теплоты?

1. ºС;
2. кг/м;
3. Дж;
4. Н/м

2. Теплопроводность каких материалов наибольшая?

1. Металлов;
2. Газов;
3. Твердых тел - диэлектриков;
4. Жидкостей.

3. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?

1. От вида движения жидкости;
2. От температуры и физических свойств веществ;
3. От массы и площади поверхности тела;
4. От количества подведенной теплоты.

4. Какое из уравнение плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:

1. ;
2. ;
3. ;
4. .

5. По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?

1. 
2. 



*АКР№2*

1. Указать, какому интервалу значений коэффициента λ соответствует теплопроводность сталей.

1. 20 – 50 Вт/(м гр)
2. 0,07 – 4 Вт/(м гр)
3. 0,007 – 0,07 Вт/(м гр)

2. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?

1. ;
2. ;
3. ;
4. .

 3. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность передачи теплоты:

1. От одной среды к другой;
2. Внутри твердых стенок;
3. От одной среды к другой через разделительную стенку;
4. От жидкостей к твердым стенкам.

 4. Число Фурье определяет:

1. Режим движения жидкости;
2. Термическую массивность тел;
3. Безразмерное время нагрева;
4. Физические параметры вещества.

*АКР№3*

1. При каких значениях числа Био тело является термически тонким:

1. ;
2. ;
3. ;
4. .

2. Какое число подобия является определяемым при расчетах конвективного теплообмена?

1. ;
2. ;
3. :
4. .

3. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?

1. ;
2. ;
3. ;
4. 

4. Какие значения Re соответствуют турбулентному режиму движения жидкости в трубах (каналах)

1. ;
2. ;
3. ;
4. .

*АКР№4*

1. Число Рейнольдса определяется по формуле

1.  2.  3.  4. 

2. Какое значение поглощательной способности имеет абсолютно черное тело:

1. ;
2. ;
3. ;
4. 

3. Какой из приведенных законов применяется для расчетов теплообмена излучением?

1. 
2. 
3. 

*АКР№5*

1. Какие газы обладают излучательной и поглощательной способностью?

1. Не, Аr, Nе
2. N2 , O2 , H2
3. H2О, CO2, SO2

2. Важнейшие химические элементы топлива органического происхождения:

1. кислород и углерод

2. кислород и водород

3. углерод и водород

3. Какая теплота сгорания топлива соответствует действительному количеству теплоты, выделяемой при сгорании в печах и топках ?

1. высшая теплота сгорания

2. низшая теплота сгорания

*АКР№6*

1. Какому газообразному топливу с теплотой сгорания 3,5-4,0 МДж/м соответствует примерный состав: 9-14% СО ; 25-30% СО; 57-58% N; остальное- метан и водород .

1. коксовый газ

2. доменный газ

3. природный газ

4. коксодоменная смесь

2. Теплота сгорания условного топлива:

1. 7000 кДж/кг

2. 29,3 МДж/кг

3. Интервал значений «пирометрического коэффициента» для ориентировочного определения действительной температуры в печах и топках ?

1. 0,5 – 0,6

2. 0,7 - 0,8

3. 0,9 – 1,0

4. Наибольшее количество теплоты, которое печь может нормально (без недожога топлива в рабочем пространстве) усвоить, называется:

1. тепловой нагрузкой

2. тепловой мощностью

3. коэффициентом полезного действия

4. тепловым режимом печи

5. К огнеупорным относят материалы, огнеупорность которых не ниже (по стандартам и терминологии России):

1. 1580 С;

2. 1680 С;

3. 1780 С;

6. Укажите правильную последовательность убывания концентрации компонентов продуктов горения топлива в печах и топках при сжигании в воздухе

1. CO , НO, N

2. N , НO , CO

3. N, CO , НО

**Курсовая работа**

Курсовая работа включает полный тепловой и аэродинамический расчеты пламенной или электрической печи. В объем работы входит пояснительная записка, включающая все топливные, тепловые, аэродинамический расчёт дымового и воздушного трактов, определение расхода топлива, расчёт и выбор теплообменных аппаратов, топливосжигающих и тягодутьевых устройств.

Пояснительная записка должна быть изложена на 20-30 с. бумаги размера 210 х 297 на одной стороне листа, оформлена в обложке, снабжена оглавлением и списком использованной литературы. Пояснительная записка в целом или отдельные ее элементы могут быть представлены распечаткой программы и ее решения на компьютере.

Курсовая работа выполняется в следующей последовательности (по этапам):

1.Характеристика нагревательной печи.

2.Расчет горения топлива и определение действительной температуры горения.

3.Расчет времени нагрева металла.

4.Определение основных размеров и предварительное конструирование печи.

5.Тепловой баланс и определение теплотехнических характеристик работы печи.

6.Тепловой расчёт теплообменного аппарата.

7.Расчет и выбор топливосжигающих устройств.

8.Аэродинамический расчёт дымового тракта и выбор тягодутьевых устройств.

На выполнение каждого этапа курсовой работы выделяется по восемь часов самостоятельной работы.

Курсовая работа выполняется по вариантам и представляется обучающимися в рукописном или печатном виде.

Цель выполнения работы – приобретение студентами навыков выполнения теплотехнических расчетов процессов, совершаемых в высокотемпературных теплотехнологических установках, выбора конструктивных решений, умений пользоваться справочной и нормативной литературой по теплотехнике, использовать различные диаграммы для расчета параметров и процессов.

**Задания для выполнения курсовой работы по дисциплине** «Конструкции и тепловая работа промышленных печей**»**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Марка стали | Размер заготовки,δxbxl,мм |  | Р, т/ч | dв,г/м3 | dг,г/м3 | tме,0С | Типпечи |
| 1 | 30Х | 120х1000х6000 | 1180 | 40 | 35 | 15 | 0 | МТ |
| 2 | Ст.40 | 100х150х4000 | 1190 | 40 | 25 | 30 | 10 | ШТ |
| 3 | Хромоникелевая | D300x900 | 1180 | 50 | 24 | 20 | 10 | ШС |
| 4 | Ст.40 | D300x800 | 1200 | 30 | 32 | 15 | 20 | МВР |
| 5 | Хромоникелевая | 140х1000х6000 | 1180 | 0 | 20 | 9 | 20 | ШС |
| 6 | 30Х | D200x1200 | 1200 | 50 | 22 | 15 | 10 | ШС |
| 7 | Хромоникелевая | 100х100х4000 | 1180 | 50 | 30 | 10 | 12 | ШС |
| 8 | Ст.40 | 120х120х6000 | 1200 | 70 | 30 | 20 | 0 | ШС |
| 9 | 30Х | D150x1500 | 1190 | 35 | 25 | 18 | 20 | МВР |
| 10 | Ст.40 | 160х1000х4000 | 1200 | 45 | 10 | 12 | 15 | ШТ |
| 11 | 30Х | 120х1000х6000 | 1170 | 60 | 15 | 10 | 0 | МТ |
| 12 | Ст.40 | 140х100х4000 | 1180 | 70 | 20 | 11 | 20 | ШТ |
| 13 | Ст.40 | 120х1000х6000 | 1200 | 45 | 15 | 7 | 20 | МТ |
| 14 | Хромоникелевая | 120х100х4000 | 1190 | 50 | 20 | 10 | 10 | ШС |
| 15 | 30Х | 140х1000х6000 | 1190 | 40 | 35 | 30 | 12 | МТ |
| 16 | Х18Н98 | D200x1800 | 1180 | 30 | 10 | 30 | 15 | МВР |
| 17 | Ст.40 | 130х100х4000 | 1190 | 60 | 17 | 17 | 0 | МТ |
| 18 | 30Х | 120х1000х6000 | 1200 | 45 | 30 | 30 | 20 | МТ |
| 19 | 1Х18Н9В | D120х6000 | 1180 | 50 | 22 | 22 | 10 | ШС |
| 20 | Сталь ст 3 | --- | 720 | садка 40 т | 20 | 9 | 60 | ОК |
| 21 | 08кп | --- | 720 | садка 110 т | 22 | 15 | 60 | ТК |
| 22 | Ст.20 | 70х150х4000 | 1190 | 30 | 25 | 30 | 10 | ШС |
| 23 | 30Х | 100х120х4000 | 1190 | 35 | 25 | 18 | 20 | МС |
| 23 | Ст.40 | 110х120х4000 | 1200 | 45 | 10 | 12 | 15 | ШС |
| 24 | Ст.40 | 100х140х4000 | 1180 | 70 | 20 | 11 | 20 | ШС |
| 25 | 30Х | 120х1000х6000 | 1180 | 40 | 35 | 15 | 0 | ШС |
| 26 | Хромоникелевая | 60х100х4000 | 1190 | 50 | 20 | 10 | 10 | ШС |

ПРИМЕЧАНИЕ: δ - толщина заготовки; b - ширина заготовки; l - длина заготовки.**ШС** - печь с шагающим подом, со сводовым отоплением; **ШТ** - печь с шагающим подом, с торцевым отоплением; **ОК** – колпаковая одностопная; **ТК** – трехстопная колпаковая. **МТ** - толкательная методическая печь; **МВР**- печь с вращяющимся подом **К** - одностопная колпаковая печь; **КК** - трехстопная колпаковая печь

**Состав топлива**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | СОСТАВ СУХОГО ГАЗА, объемные % | Коэф-т расхода воздуха, n | Температура подогрева воздуха,0С |
|
| СО2 | СО | Н2 | СН4 | С2Н6 | С3Н8 | С4Н10 | Н2S | О2 | N2 |
| 1 | 14 | 26 | 1 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 1,02 | 450 |
| 2 | 2,4 | 7 | 60 | 25 | 2 | 0 | 0 | 0,2 | 0,6 | 2,8 | 1,1 | 400 |
| 3 | 10 | 21 | 19 | 37 | 0,6 | 0 | 0 | 0,1 | 0,2 | 2,1 | 1,12 | 350 |
| 4 | 5,5 | 28 | 30 | 20,2 | 0 | 0 |   | 0,2 | 0,2 | 15,9 | 1,1 | 400 |
| 5 | 0,1 |   |   | 96 |   | 2,7 | 0,8 |   |   | 0,4 | 1,1 | 400 |
| 6 | 0,3 |   |   | 36,3 |   | 17,1 | 29 | 0,3 |   | 17 | 1,12 | 350 |
| 7 | 0,1 |   |   | 93 |   | 4,3 | 1,9 |   |   | 0,7 | 1,15 | 375 |
| 8 | 9,5 | 17 | 15 | 38 |   |   |   | 0,5 |   | 20 | 1,05 | 400 |
| 9 | 20 | 10 | 28 | 38 | 0,3 |   |   | 0,3 | 0,9 | 2,5 | 1,06 | 350 |
| 10 |   |   |   | 93 | 0,6 | 0,6 | 1,1 |   |   | 4,7 | 1,1 | 350 |
| 11 | 0,3 |   |   | 88 |   | 1,9 | 0,5 |   |   | 9,3 | 1,15 | 300 |
| 12 | 7,3 | 1,5 |   | 85 |   | 3 | 1 |   |   | 2,2 | 1,15 | 400 |
| 13 |   |   |   | 65 | 0,2 | 14,5 | 7,8 |   |   | 12,5 | 1,15 | 450 |
| 14 |   |   |   | 89 |   | 9 | 2 |   |   | 0 | 1,12 | 300 |
| 15 | 1,3 | 38 | 51 | 5,5 |   |   |   |   | 0,2 | 4 | 1,05 | 450 |
| 16 |   |   |   | 98 |   |   |   |   |   | 2 | 1,2 | 300 |
| 17 | 20 | 34 |   | 43 |   |   |   |   | 0,2 | 2,8 | 1,1 | 350 |
| 18 | 7 | 17 |   | 44 |   |   |   |   |   | 32 | 1,05 | 400 |
| 19 | 7 | 17 |   | 15 | 29 |   |   |   |   | 32 | 1,08 | 400 |
| 20 | 0,1 |   |   | 96 |   | 2,3 | 0,8 |   |   | 0,8 | 1,1 | 350 |
| 21 | 0,3 |   |   | 36 |   | 17,1 | 29 | 0,3 |   | 17 | 1,12 | 300 |
| 22 | 2 | 7 | 58 | 30 | 0,3 |   |   |   | 1,7 | 1 | 1,08 | 500 |
| 23 | 4 |   |   | 94 |   |   |   |   | 0 | 2 | 1,1 | 300 |
| 24 |   | 14 | 86 |   |   |   |   |   |   | 0 | 1,11 | 350 |
| 25 | 2,4 | 7,5 | 60 | 25 |   | 0,1 |   |   |   | 5 | 1,1 | 350 |

# 7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
| --- | --- | --- |
| **ПК-7 способностью обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины** |
| Знать | - основные определения и понятия используемых в теории и практике металлургической теплотехники; фундаментальные законы теплообмена в рабочем пространстве печей, основные правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины. | Перечень теоретических вопросов к экзамену:1. Понятие высокотемпературной теплотехнологии.
2. Тепловые схемы высокотемпературных теплотехнологических установок.
3. Теплотехнические схемы высокотемпературных теплотехнологических установок
4. Структурные схемы высокотемпературных теплотехнологических установок
5. Классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов и установок.
6. Энергетические и экологические проблемы высокотемпературной теплотехнологии.
7. Материальные балансы теплотехнологических процессов
8. Тепловые балансы теплотехнологического реактора.
9. Видимый, суммарный и приведенный удельные расходы топлива;
10. Суммарные удельные энергозатраты
11. Внешний теплообмен в реакторе высокотемпературной теплотехнологической установки
12. Внешний теплообмен в реакторах, с фильтруемым плотным слоем кусковых материалов
13. Внешний теплообмен в реакторах с кипящим слоем зернистых технологических материалов,
14. Внешний теплообмен в реакторах с взвешенным слоем зернистых технологических материалов.
15. Пути интенсификации внешнего теплообмена
16. Нагрев и плавление термически тонких тел.
17. Нагрев и плавление термически массивных тел.
18. Температурные режимы нагрева термически массивных тел
19. Организации процесса генерации теплоты в теплотехнологических реакторах
20. Способы преобразования электрической энергии в теплоту
21. Область их применения электрической энергии в высокотемпературных теплотехнологических установках
22. Снижение энергозатрат путем внешнего использования тепловых и горючих отходов.
23. Основные направления технического прогресса энергетики высокотемпературной теплотехнологии
 |
| Уметь: | - разбираться в конструкции промышленных печей;определять способ тепло- и массообмена в промышленной печи с учетом правил техники безопасности. | Пример1:Определить температуру в центре сляба из малоуглеродистой стали толщиной б=0.3м, нагреваемого в методической зоне печи с шагающим подом с tпов = 00С до tпов = 6000С, если температура продуктов сгорания в зоне печи меняется от 8000С до 13000С в конце зоны. Средний коэффициент теплоотдачи принять 100 Вт/м2·КП2.Рассчитать рекуператор для подогрева воздуха для следующих условий: температура воздуха на входе – выходе рекуператора: 0-4500С, температура дыма на входе в рекуператор - 10500С, расход газа на отопление печи В=5.46 м3/с, количество дыма на входе в рекуператор V= 34.9 м3/с. Состав дымовых газов: N2=72%, CO2=11%, H2 O =17% |
| Владеть:  | -основными методами математического анализа и моделирования в области тепловой работы печей,выбирать вид и конструкцию топливосжигающих устройств с соблюдением норм охраны труда, пожарной безопасности, производственной и трудовой дисциплины | Выбрать горелку для случая:П1 Выбрать горелку для расхода газа 5м3/с при давлении воздуха перед горелкой 3.4кПа и температуре подогрева воздуха 3000СП2.Подобрать горелку типа «труба в трубе» для сжигания 0.223 м3/с смешанного газа с теплотой сгорания Q=6.7 Мдж/ м3.Давление газа перед горелкой №кПа, воздуха, подогретого до 4000С -1кПа.Коэффициент расхода воздуха 1.1 |
| **ПК-8 готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования** |
| Знать | -технику проведения экспериментов и метрологического обеспечения технологических процессов в области теплотехнологий | Знать метрологические характеристики средств измерения:1.Функция преобразования2.Что такое чувствительность прибора3.Что такое цена деления прибора4.Порог чувствительности5.Диапазон показаний6.Диапазон измерений7.Динамические характеристики8.Погрешность средства измерения9.Вариация |
| Уметь | применять методы математического анализа при анализе метрологических данных контроля технологическими процессами. | П.1Определить величину неисключенной систематической погрешности измерения массового расхода воздуха при использовании в экспериментальной установке следующих приборов.По каналу круглого сечения, длина окружности которого по внешнему обмеру составляет 1633+/-10мм, а толщина стенки 10+/-1.0мм, к установке должен подводиться нагретый воздух, температура которого в процессе эксперимента должна изменяться от 200 до 3000С. Для измерения этой температуры планируется использовать прибор с классом точности 2.5/1.5 и диапазоном от 0 до 4000С. Расход воздуха в экспериментедолжен варьироваться от 8000 до 12000м3/ч., что соответствует диапазону изменения средних скоростей потока от 11.3 до 17м/с и динамических давлений от 40 до 108Па.Измерение среднихскоростей планируется осуществить косвенным путем по методу равновеликих колец, используя пневмометрическую трубку и встроенный дифференциальный манометр ЛТА – 4, заданы его метрологические характеристики. |
| Владеть | - практическими навыками использования приборами метрологического контроля | Пример:1.Оценить, можно ли прибором из хромель – алюмелевой термопары с чувствительностью S1=0/023мВ/0С и милливольтметра чувствительностью S2=0.1 делений шкалы/мВ измерить разность температур в 100 0С2.Определить числовое значение коэффициента корреляции, характеризующее естественный разброс показаний в пределахаддитивной полосы погрешностей средства измерений с линейной статистической характеристикой и классом точности1.5 |

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Конструкция и тепловая работа промышленных печей» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, при условии выполнения текущих практических заданий, выявляющих степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично» –** обучающийся показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е. не менее 90% от общей трудоемкости дисциплины;

– на оценку **«хорошо» –** обучающийся показывает средний уровень сформированности компетенций, т.е. находится в пределах от 75% до 90% от общей трудоемкости дисциплины;

– на оценку **«удовлетворительно» –** обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. находится в пределах от 60% до 75% от общей трудоемкости дисциплины;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Конструкции и тепловая работа промышленных печей». При выполнении курсовой работы, обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы, обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения. Курсовая работа выполняется по вариантам и представляется обучающимися в печатном и электронном виде.

**Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку «отлично» (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку «хорошо» (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

# 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная **литература:**

1. Расчет параметров плавки стали в современной дуговой печи : учебное пособие / В. А. Бигеев, М. В. Потапова, А. В. Пантелеев и др. ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1555.pdf&show=dcatalogues/1/1124790/1555.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Брюханов, О.Н. Тепломассообмен: Учебник / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - М.: НИЦ Инфра-М, 2012. - 464 с. <http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=258657>

**б) Дополнительная литература:**

1. Круглов, Г. А. Теплотехника : учебное пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1017-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3900>

2. Осколков, С. В. Тепломассообменное оборудование предприятий : методические указания по выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки 140100 "Теплоэнергетика" / С. В. Осколков, Л. В. Николаев ; МГТУ, Каф. теплотехнических и энергетических систем. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1547.pdf&show=dcatalogues/1/1124725/1547.pdf&view=true>

3. Матвеева, Г. Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учебное пособие / Г. Н. Матвеева, Ю. И. Тартаковский, Б. К. Сеничкин. - 2-е изд., подгот. по печ. изд. 2008 г. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=989.pdf&show=dcatalogues/1/1119153/989.pdf&view=true>

4. Общая энергетика : учебное пособие / Е. Б. Агапитов, Ю. И. Тартаковский, Г. Н. Матвеева, Т. П. Семенова; Ин-т энергетики и автоматики МГТУ. - Магнитогорск, 2013. - 113 с. : ил., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=629.pdf&show=dcatalogues/1/1109398/629.pdf&view=true>

в) **Методические указания:**

1. Пинтя, Т. Н. Термодинамика. Теплопередача : практикум / Т. Н. Пинтя, Ю. И. Тартаковский, Г. Н. Матвеева ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2012 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=48.pdf&show=dcatalogues/1/1124311/48.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Злоказова, Н.Г., Иванов, Д.А. Лабораторный практикум по дисциплинам «Топливо и ТСУ», «Теория и практика теплогенерации». Магнитогорск: Изд-во Магниторск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013, 53 с

3. Свечникова, Н. Ю. Практикум по технической термодинамике и теплотехнике : практикум / Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, А. В. Горохов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3545.pdf&show=dcatalogues/1/1515134/3545.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) **Программное обеспечение** и **Интернет-ресурсы:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
| Стандартные |  |  |
| Microsoft Windows 7 | Д-1227 от 08.10.2018 | 11.10.2021 |
| Microsoft Office 2007 | №135 от 17.09.2007 | Бессрочно |
| 7Zip | Свободнораспространяемое | бессрочно |
| FAR Manager | Свободно распространяемое | бессрочно |
| Дополнительные |  |  |
| Microsoft Windows 10 Pro | Д-1227 от 8.10.2018 | 11.10.2021 |

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru/project_risc.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . –URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). –Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. **–** URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020).– Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.
8. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
9. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
10. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
11. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
12. Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
13. Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный концорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
14. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
15. РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Конструкция и тепловая работа промышленных печей» предусмотрены следующие виды занятий: лекционные, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), курсовая работа, экзамен.

| Тип и название аудитории  | Оснащение аудитории |
| --- | --- |
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа | Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Доска, мультимедийный проектор, экран |
| Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся | Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета  |
| Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования | Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудованияИнструменты для ремонта лабораторного оборудования |