



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***КОНСТРУКЦИИ И ТЕПЛОВАЯ РАБОТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧЕЙ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:  
зав. кафедрой ТиЭС, д-р. техн. наук

\_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рецензент:

зам.начальника ЦЭСТ ПАО "ММК" , канд. техн.наук

\_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
***КОНСТРУКЦИИ И ТЕПЛОВАЯ РАБОТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧЕЙ***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ТиЭС, д-р техн. наук \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рецензент:

зам.начальника ЦЭСТ ПАО ММК , канд. техн. наук  
\_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

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

изучение характеристик высокотемпературных теплотехнологических процессов и установок, методов расчетного анализа их материальных и тепловых балансов, оценки потенциала энергосбережения, овладение подходами к выбору и разработке энергосберегающих мероприятий;

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

– 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.

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

Дисциплина Конструкции и тепловая работа промышленных печей входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Гидрогазодинамика

Техническая термодинамика

Математика

Физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Материаловедение и технология конструкционных материалов

Тепломассообмен

Моделирование процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса

Производственная-технологическая практика

Энергетика и охрана окружающей среды

Тепломассообменное оборудование предприятий

Теплоэнергетические системы промышленных предприятий

Энергетика теплотехнологий

### 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:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способен к сбору, обработке, анализу и обобщению результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний
ПК-3.2	Подготавливает предложения для составления планов и методических программ экспериментальных исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов
ПК-3.1	Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 58,1 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,1 акад. часов
- самостоятельная работа – 50,2 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1. Конструкции и тепловая работа промышленных печей.								
1.1 Введение в высокотемпературную теплотехнологию. Вводные понятия и определения. Тепловые, теплотехнические и структурные схемы высокотемпературных теплотехнологических установок.	5	6		2	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1.	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
1.2 Классификация высокотемпературных тепло-технологических процессов и установок. Энергетические и экологические проблемы высокотемпературной теплотехнологии. Предмет дисциплины. Материальные балансы теплотехнологических процессов		4		6/4И	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1.	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
1.3 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.		6		2/2И	8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1.	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2

1.4 Внешний теплообмен в реакторе высокотемпературной теплотехнологической установки. Основные размеры рабочего пространства реактора, обеспечивающие заданную производительность высокотемпературной теплотехнологической установки.		4		2/2И	8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		20		12/8И	26			
2. Раздел 2. Основы теплообмена в промышленных печах.								
2.1 Внешний теплообмен в реакторах с нефилтруемым 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		2/2И	8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1.	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
2.2 Нагрев и плавление термически тонких и термически массивных тел. Температурные режимы нагрева термически массивных тел		4		2/2И	10,7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
2.3 Организации процесса генерации теплоты в теплотехнологических реакторах и способы их обеспечения в технологических реакторах различных типов.		4				Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1.	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
2.4 Снижение энергозатрат путем внешнего использования тепловых и горючих отходов. Основные направления технического прогресса энергетики высокотемпературной теплотехнологии		4		2/2И	5,5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1.	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		16		6/6И	24,2			
Итого за семестр		36		18/14И	50,2		экзамен	
Итого по дисциплине		36		18/14И	50,2		экзамен	

## **5 Образовательные 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, практикума, расчетно-графической работы.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **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.znaniium.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. 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> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. 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

4. 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 так-же на CD-ROM.

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

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НИ НЭИКОН)	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Мультимедийное оборудование, система автоматического зашторивания с экраном, доска.

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 оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## 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

- В каких единицах измеряется количество теплоты?
  - °С;
  - кг/м;
  - Дж;
  - Н/м
- Теплопроводность каких материалов наибольшая?
  - Металлов;
  - Газов;
  - Твердых тел - диэлектриков;
  - Жидкостей.
- От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?
  - От вида движения жидкости;
  - От температуры и физических свойств веществ;
  - От массы и площади поверхности тела;
  - От количества подведенной теплоты.
- Какое из уравнение плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:

- $q = \frac{\delta}{\lambda}(t_2 - t_1)$  ;

- $q = -\lambda \text{grad}t$  ;

- $q = \alpha(t_2 - t_1)$  ;

- $q = \frac{\lambda}{\delta}(t_2 - t_1)$  .

- По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?

- $q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}$

- $q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$

$$q = \frac{t_{жс1} - t_{жс2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

#### АКР№2

- Указать, какому интервалу значений коэффициента  $\lambda$  соответствует теплопроводность сталей.
  - 20 – 50 Вт/(м гр)
  - 0,07 – 4 Вт/(м гр)
  - 0,007 – 0,07 Вт/(м гр)
- В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?

1.  $\frac{Вт}{м^2}$  ;

2.  $\frac{Вт}{м^2 \cdot град}$  ;

3.  $\frac{Вт}{м \cdot град}$  ;

4.  $Вт$  .

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.  $Bi \rightarrow 0$  ;
2.  $Bi \rightarrow \infty$  ;
3.  $Bi < 0$  ;
4.  $Bi = 25$  .

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

1.  $Pr$  ;
2.  $Nu$  ;
3.  $Re$  ;
4.  $Gr$  .

3. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?

1.  $Nu = f(Gr, Pr)$  ;
2.  $Nu = f(Re, Pr)$  ;
3.  $Nu = f(Fo, Pr)$  ;
4.  $Nu = f(Bi, Pr)$  .

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

1.  $Re > 1300$  ;
2.  $Re < 9300$  ;
3.  $Re > 10300$  ;
4.  $Re > 2300$  .

#### АКР№4

1. Число Рейнольдса определяется по формуле

$$1. \text{Re} = \frac{Wd}{\mu} \quad 2. \text{Re} = \frac{Wd}{\nu} \quad 3. \text{Re} = \frac{\nu d}{W} \quad 4. \text{Re} = \frac{\nu l}{W}$$

2. Какое значение поглотительной способности имеет абсолютно черное тело:

1.  $A < 1$ ;
2.  $A = 0$ ;
3.  $A = 1$ ;
4.  $A > 1$

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

$$1. \mathbf{q} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}$$

$$2. \mathbf{q} = \alpha(t_c - t_{ж})$$

$$3. \mathbf{q} = \varepsilon * c_o \left(\frac{T}{100}\right)^4$$

#### АКРН№5

1. Какие газы обладают излучательной и поглотительной способностью?

1. He, Ar, Ne
2. N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>
3. H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>

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

#### АКРН№6

1. Какому газообразному топливу с теплотой сгорания 3,5-4,0 МДж/м<sup>3</sup> соответствует примерный состав: 9-14% CO<sub>2</sub> ; 25-30% CO; 57-58% N<sub>2</sub> ; 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.  $\text{CO}_2$  ,  $\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{N}_2$
2.  $\text{N}_2$  ,  $\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{CO}_2$
3.  $\text{N}_2$  ,  $\text{CO}_2$  ,  $\text{H}_2\text{O}$

7 Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																																						
<b>ПК-3 - Способен к сбору, обработке, анализу и обобщению результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний</b>																																																								
ПК-3.1	Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований	<p>По отраслевым данным выполнить проектирование нагревательной печи. Работа выполняется в следующей последовательности (по этапам):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характеристика нагревательной печи.</li> <li>2. Расчет горения топлива и определение действительной температуры горения.</li> <li>3. Расчет времени нагрева металла.</li> <li>4. Определение основных размеров и предварительное конструирование печи.</li> <li>5. Тепловой баланс и определение теплотехнических характеристик работы печи.</li> <li>6. Тепловой расчёт теплообменного аппарата.</li> <li>7. Расчет и выбор топливосжигающих устройств.</li> <li>8. Аэродинамический расчёт дымового тракта и выбор тягодутьевых устройств.</li> </ol> <p><i>Примерные варианты заданий</i></p> <table border="1" data-bbox="607 1102 2083 1444"> <thead> <tr> <th data-bbox="607 1102 719 1230">№ варианта</th> <th data-bbox="719 1102 1039 1230">Марка стали</th> <th data-bbox="1039 1102 1319 1230">Размер заготовки, дхбххl, мм</th> <th data-bbox="1319 1102 1449 1230"><math>t_{пов}^{кон}, ^\circ C</math></th> <th data-bbox="1449 1102 1653 1230">Р, т/ч</th> <th data-bbox="1653 1102 1749 1230"><math>d_v, г/м^3</math></th> <th data-bbox="1749 1102 1845 1230"><math>d_r, г/м^3</math></th> <th data-bbox="1845 1102 1935 1230"><math>t_{ме}, ^\circ C</math></th> <th data-bbox="1935 1102 2083 1230">Тип печи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="607 1230 719 1273">1</td> <td data-bbox="719 1230 1039 1273">30Х</td> <td data-bbox="1039 1230 1319 1273">120x1000x6000</td> <td data-bbox="1319 1230 1449 1273">1180</td> <td data-bbox="1449 1230 1653 1273">40</td> <td data-bbox="1653 1230 1749 1273">35</td> <td data-bbox="1749 1230 1845 1273">15</td> <td data-bbox="1845 1230 1935 1273">0</td> <td data-bbox="1935 1230 2083 1273">МТ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="607 1273 719 1316">2</td> <td data-bbox="719 1273 1039 1316">Ст.40</td> <td data-bbox="1039 1273 1319 1316">100x150x4000</td> <td data-bbox="1319 1273 1449 1316">1190</td> <td data-bbox="1449 1273 1653 1316">40</td> <td data-bbox="1653 1273 1749 1316">25</td> <td data-bbox="1749 1273 1845 1316">30</td> <td data-bbox="1845 1273 1935 1316">10</td> <td data-bbox="1935 1273 2083 1316">ШТ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="607 1316 719 1359">3</td> <td data-bbox="719 1316 1039 1359">Хромоникелевая</td> <td data-bbox="1039 1316 1319 1359">D300x900</td> <td data-bbox="1319 1316 1449 1359">1180</td> <td data-bbox="1449 1316 1653 1359">50</td> <td data-bbox="1653 1316 1749 1359">24</td> <td data-bbox="1749 1316 1845 1359">20</td> <td data-bbox="1845 1316 1935 1359">10</td> <td data-bbox="1935 1316 2083 1359">ШС</td> </tr> <tr> <td data-bbox="607 1359 719 1402">4</td> <td data-bbox="719 1359 1039 1402">Ст.40</td> <td data-bbox="1039 1359 1319 1402">D300x800</td> <td data-bbox="1319 1359 1449 1402">1200</td> <td data-bbox="1449 1359 1653 1402">30</td> <td data-bbox="1653 1359 1749 1402">32</td> <td data-bbox="1749 1359 1845 1402">15</td> <td data-bbox="1845 1359 1935 1402">20</td> <td data-bbox="1935 1359 2083 1402">МВР</td> </tr> <tr> <td data-bbox="607 1402 719 1444">5</td> <td data-bbox="719 1402 1039 1444">Хромоникелевая</td> <td data-bbox="1039 1402 1319 1444">140x1000x6000</td> <td data-bbox="1319 1402 1449 1444">1180</td> <td data-bbox="1449 1402 1653 1444">0</td> <td data-bbox="1653 1402 1749 1444">20</td> <td data-bbox="1749 1402 1845 1444">9</td> <td data-bbox="1845 1402 1935 1444">20</td> <td data-bbox="1935 1402 2083 1444">ШС</td> </tr> </tbody> </table>	№ варианта	Марка стали	Размер заготовки, дхбххl, мм	$t_{пов}^{кон}, ^\circ C$	Р, т/ч	$d_v, г/м^3$	$d_r, г/м^3$	$t_{ме}, ^\circ C$	Тип печи	1	30Х	120x1000x6000	1180	40	35	15	0	МТ	2	Ст.40	100x150x4000	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	140x1000x6000	1180	0	20	9	20	ШС
№ варианта	Марка стали	Размер заготовки, дхбххl, мм	$t_{пов}^{кон}, ^\circ C$	Р, т/ч	$d_v, г/м^3$	$d_r, г/м^3$	$t_{ме}, ^\circ C$	Тип печи																																																
1	30Х	120x1000x6000	1180	40	35	15	0	МТ																																																
2	Ст.40	100x150x4000	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	140x1000x6000	1180	0	20	9	20	ШС																																																

№ Код варианта индикатора	СОСТАВ СУХОГО ГАЗА, объемные %										Коэф-т расхода воздуха, п	Температу ра подогрева воздуха, °С
	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
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
<p>Индикатор достижения компетенции</p> <p>Оценочные средства</p> <p>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 вращающимся подом К - одностопная колпаковая печь; КК - трехстопная колпаковая печь.</p>												
ПК-3.2	Подготавливает предложения для составления планов и методических программ экспериментальных исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов		<p><i>Примерное практическое задание</i></p> <p>Определить величину неисключенной систематической погрешности измерения массового расхода воздуха при использовании в экспериментальной установке следующих приборов.</p> <p>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 300°С. Для измерения этой температуры планируется использовать прибор с классом точности 2.5/1.5 и диапазоном от 0 до 400°С. Расход воздуха в эксперименте должен варьироваться от 8000 до 12000м<sup>3</sup>/ч., что соответствует диапазону изменения средних скоростей потока от 11.3 до 17м/с и динамических давлений от 40 до 108Па. Измерение средних скоростей планируется осуществить косвенным путем по методу равновеликих колец, используя пневмометрическую трубку и встроенный дифференциальный манометр ЛТА – 4, заданы его метрологические характеристики.</p>									

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

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

При оценивании сформированности компетенций выполняемой курсовой работы по дисциплине «Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки» используется 5-балльная шкала.

- 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.