



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  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕПЛООБМЕН И ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ 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	4
Семестр	7

Магнитогорск  
2023 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  
17.01.2023 г. протокол № 5

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
10.02.2023 г. протокол № 7

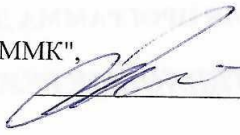
Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС, канд. техн. наук  М.А. Лемешко

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 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

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.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

### **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 Теплообмен и тепловые режимы 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:

Производственная-технологическая практика

Тепломассообменное оборудование предприятий

Энергетика теплотехнологий

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теплообмен и тепловые режимы 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-3.1	Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований
ПК-3.2	Подготавливает предложения для составления планов и методических программ экспериментальных исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 103,1 акад. часов;
- аудиторная – 98 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 41,2 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

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.	7	8		8	3	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		8		6	4	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		6		6	6	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.						Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу	32		28	17				
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	7					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		6		4	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.		6				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		6		4	5,5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Приложение 1.	Текущий контроль успеваемости	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу	24		14	24,2				
Итого за семестр	56		42	41,2			экзамен	
Итого по дисциплине	56		42	41,2			экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Теплообмен и тепловые режимы 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. Дзюзер, В. Я. Теплотехника и тепловая работа печей : учебное пособие для вузов / В. Я. Дзюзер. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-6789-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152446> (дата обращения: 12.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Сенин, А. В. Термодинамическое моделирование высокотемпературных процессов: учебное пособие / А. В. Сенин. — Челябинск : ЮУрГУ, 2017. — 94 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/146042> (дата обращения: 18.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Дзюзер, В. Я. Теплотехника и тепловая работа печей : учебное пособие для вузов / В. Я. Дзюзер. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-6789-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152446> (дата обращения: 18.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **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 Магнитогорск. 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 также

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

<b>Программное обеспечение</b>		
Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
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
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно



### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www.fips.ru/">http://www.fips.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база	<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	URL: <a href="http://windowedu.ru/">http://windowedu.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/readers/catalogues/</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный концорциум» (НИ	<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, MathCAD, 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.

**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. °С;
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.  $q = \lambda \frac{t_2 - t_1}{\delta}$ ;
2.  $q = \lambda \frac{t_2 - t_1}{\delta}$  градт;
3.  $q = \lambda (t_2 - t_1)$ ;
4.  $q = \lambda \frac{t_2 - t_1}{\delta}$ .

5. По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?

$(t_{c1} - t_{c2})$

1.  $q = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$
2.  $q = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$

$q = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$

$$\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}$$

*AKP№2*

1. Указать, какому интервалу значений коэффициента  $\alpha$  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.  $\frac{Вт}{м^2}$  ;
2.  $\frac{Вт}{м^2 \text{ град}}$  ;
3.  $\frac{Вт}{м \text{ град}}$  ;
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.  $Bi \ll 0$  ;
2.  $Bi \ll 1$  ;
3.  $Bi \ll 0$  ;
4.  $Bi \ll 25$

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

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

1. Re □ 1300 ;
2. Re □ 9300 ;
3. Re □ 10300 ;
4. Re □ 2300 .

*AKP№4*

1. Число Рейнольдса определяется по формуле

$$1. \text{ Re } \square \frac{Wd}{\square}$$

$$2. \text{ Re } \square \frac{Wd}{\square}$$

$$3. \text{ Re } \square \frac{d}{W}$$

$$4. \text{ Re } \square \frac{\square l}{W}$$

2. Какое значение поглотительной способности имеет абсолютно черное тело:

1.  $A \square 1$ ;
2.  $A \square 0$ ;
3.  $A \square 1$ ;
4.  $A \square 1$

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

1.  $q \square \square \frac{\square t}{\square n}$
2.  $q \square \square (t_c \ t \ )$
3.  $q \square \square * c \left( \frac{\text{°F}}{100} \right)^4$

#### АКР№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

#### АКР№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:

- тепловой нагрузкой
- тепловой мощностью
- коэффициентом полезного действия
- тепловым режимом печи

5. К огнеупорным относят материалы, огнеупорность которых не ниже (по стандартам 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<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>
2. N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>
3. N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

## 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>



Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства								
		№ варианта	Марка стали	Размер заготовки, $\delta \times b \times l$ , мм	$t_{кон}, ^\circ C_{пов}$	P, т/ч	$d_b$ , г/м <sup>3</sup>	$d_l$ , г/м <sup>3</sup>	$t_{me}, ^\circ C$	Тип печи
		1	30X	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
<p>ПРИМЕЧАНИЕ: <math>\delta</math> - толщина заготовки; <math>b</math> - ширина заготовки; <math>l</math> - 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>										

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства												
			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	
ПК-3.2	Подготавливает предложения для составления планов и методических программ экспериментальных исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов	<p style="text-align: center;"><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<sup>0</sup>С. Для измерения этой температуры планируется использовать прибор с классом точности 2.5/1.5 и диапазоном от 0 до 400<sup>0</sup>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 ЛГА – 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 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.