



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

04.02.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Metallurgy of black metals

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	2

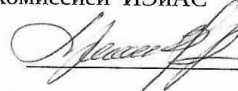
Магнитогорск  
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
28.01.2025, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
04.02.2025г. протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Metallurgy and chemical technologies


 А.С. Харченко

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры ТиЭС

 М.С. Соколова

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 2026 - 2027 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 2027 - 2028 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 2028 - 2029 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 2029 - 2030 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 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

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

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

Целью освоения дисциплины «Металлургическая теплотехника» является:

- развитие у студентов устойчивых навыков применения фундаментальных законов теплообмена и механики газов, современной теории горения и рационального сжигания топлива;
- формирование у студентов умения чтения схем, чертежей конструкций и элементов высокотемпературных металлургических печей и устройств;
- изучение свойств и требований предъявляемых к материалам, применяемым при сооружении печей;
- формирование у студентов на основе рациональной технологии нагрева металла, умений тепловых расчетов;
- приобретение навыков тепловых расчетов печей, горелок, форсунок и горения газообразного, жидкого и твердого топлива.

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

Дисциплина Металлургическая теплотехника входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Математика

Основы металлургического производства

Физика

Информатика и информационные технологии

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

Конструирование и проектирование сталеплавильных цехов

Автоматизация металлургических процессов

Проектирование доменных печей и вспомогательного оборудования

Теория и технология доменного процесса

Технология производства кокса

Литейное производство

Производственная - технологическая (проектно-технологическая) практика

Теория и технология выплавки стали в кислородных конвертерах

Эксплуатация доменных печей

Научно-исследовательская работа

Новые технологические решения в металлургии черных металлов

Основы прокатного производства

Производственная - преддипломная практика

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Металлургическая теплотехника» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-2	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений
ОПК-2.1	Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач

ОПК-2.2	Проводит оценку проектных решений и инженерных задач, в том числе экологическую
ОПК-2.3	Анализирует и оценивает работоспособность предприятия (технических объектов, систем и процессов) с учетом социальных ограничений

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 8,4 академических часов;
- аудиторная – 8 академических часов;
- внеаудиторная – 0,4 академических часов;
- самостоятельная работа – 95,7 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к зачёту – 3,9 академических часов

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1 Раздел. Металлургические печи, теплогенерация в печах, основы теории горения.								
1.1 Введение. Назначение тепловых процессов и агрегатов. Общая схема металлургической печи.	2	0,5			14,7	Проработка лекционного материала (Тема 1.1, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций.	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3
1.2 Теплогенерация в печах. Виды энергии, используемой в печах				2	15	Проработка лекционного материала; решение задач (Тема 1.2, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ОПК-2.2, ОПК-2.1, ОПК-2.3
1.3 Основы теории горения, устройства для сжигания топлива, утилизация теплоты продуктов сгорания		0,5		2	15	Проработка лекционного материала; решение задач (Тема 1.3, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3
Итого по разделу		1		4	44,7			
2. 2 Раздел. Основные типы промышленных печей								
2.1 Материалы, используемые в конструкциях высокотемпературных агрегатов	2	0,5			18	Проработка лекционного материала; решение задач (Тема 2.1, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций.	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3
2.2 Теплообменные аппараты и их сравнительная оценка				2	15	Проработка лекционного материала (Тема 2.2, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ОПК-2.2, ОПК-2.1, ОПК-2.3
2.3 Основные типы		0,5			18	Проработка	Наличие	ОПК-2.1,

промышленных печей и важнейшие характеристики их тепловой работы						лекционного материала (Тема2.3, Приложение 1)	конспектов лекций.	ОПК-2.2, ОПК-2.3
Итого по разделу		1		2	51			
Итого за семестр		2		6	95,7		зачёт	
Итого по дисциплине		2		6	95,7		зачет	

## **5 Образовательные технологии**

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Металлургическая теплотехника» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии.

Целями образовательных и информационных технологий являются:

- активизирование мышления обучающихся;
- формирование интереса к изучаемому материалу;
- развитие интеллекта и творческих способностей обучающихся.

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. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. На занятиях внедряются такие информационные технологии, как использование электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов (через Интернет). Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию. Этапы познавательной деятельности студентов предполагают последовательно постановку интересующей их проблемы, выдвижение гипотез при ее решении, выражение решения гипотезы научным языком, а также реализация продукта в виде публичного выступления, доклада или презентации. Корректировки образовательного процесса проходят с использованием обратной связи между преподавателем и обучающимися на консультациях, а также при текущем и промежуточном контроле.

## **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**

### **а) Основная литература:**

1. Металлургическая теплотехника : учебное пособие / В. И. Лукьяненко, Г. Н. Мартыненко, А. В. Исанова, В. В. Черниченко. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-9729-0626-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/192517>

2. Макаров, А. Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках : учебное пособие / А. Н. Макаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1653-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211649>

3. Мельчаков, М. А. Общая теория печей : учебно-методическое пособие / М. А. Мельчаков. — Киров : ВятГУ, 2020. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/201920>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Дзюзер, В.Я. Теплотехника и тепловая работа печей: учебное пособие / В.Я.Дзюзер. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1949-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93750>



2. Тинькова, С.М. Теплофизика и металлургическая теплотехника : учеб. пособие / С.М. Тинькова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. - 168 с. - ISBN 978-5-7638-3751-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032123>
3. 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>
4. Теплотехника: учебное пособие / В.В. Дырдин, А.А. Малышин, В.Г. Смирнов, Т.Л. Ким. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 174 с. Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/115115>
5. 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://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/3909> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
6. Копцев, В. В. Тепловой расчет коксогозовой вагранки : учебное пособие / В. В. Копцев, А. В. Тихонов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/434> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

#### **в) Методические указания:**

1. 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.
2. 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://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2098> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
3. Свечникова, Н. Ю. Химическая технология топлива : учебно-методическое пособие / Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, Т. Г. Волощук ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2153> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

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

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	Бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>
Российская Государственная библиотека. Кataloги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</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>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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, мел.

Учебные аудитории 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 обучающихся

### Тесты для самопроверки

	Текст вопроса	Варианты ответов	Отметка о выборе эталона	Рейтинг сложности вопросов (1-легкий, 2-средний, 3-сложный)
1	К общей характеристике топлива относятся:	классификация по происхождению и агрегатному состоянию	Эталон	2
		химический состав	Эталон	
		теплота сгорания	Эталон	
		коэффициент расхода воздуха при сжигании		
		количество необходимого для горения воздуха и выход продуктов сгорания		
2	Важнейшие химические элементы топлива органического происхождения:	углерод и кислород		1
		углерод и водород	Эталон	
		кислород и водород		
		углерод и азот		
3	В состав негорючей минеральной части топлива - золы входят	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Эталон	1
		$\text{SiO}_2$	Эталон	
		$\text{CaO}$	Эталон	
		$\text{CO}_2$		
		$\text{SO}_2$		
		$\text{N}_2$		
4	Какая сера, содержащаяся в топливе, не участвует в горении?	органическая		2
		колчеданная		
		сульфатная	Эталон	
		органическая и колчеданная		
5	Химический анализ топлива по элементному составу применяют	для твердого топлива	Эталон	3
		для жидкого топлива	Эталон	
		для газообразного топлива искусственного происхождения		
		для газообразного топлива естественного происхождения		
		для смеси газообразных топлив		
6	Какая часть влаги, содержащейся в топливе, теряется при сушке?	гигроскопическая		2
		внешняя, удерживаемая механически	Эталон	
		химически связанная		
		гигроскопическая и химически связанная		

7	Какая теплота сгорания топлива соответствует действительному количеству теплоты, выделяемой при сгорании в печах и топках?	высшая теплота сгорания		2
		низшая теплота сгорания	Эталон	
		при сжигании с недостатком воздуха		
		при обогащении дутья кислородом		
		при сжигании с избытком воздуха		
8	В каком виде твердого топлива содержание углерода в составе органической массы может достигать 80-96% ?	древесина		2
		торф		
		бурые угли		
		каменные угли	Эталон	
		горючие сланцы		
9	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 - CH <sub>4</sub> и H <sub>2</sub> .	доменный (колошниковый) газ	Эталон	2
		коксовый газ		
		коксодоменная смесь		
		природный газ		
		смесь доменного и природного газов		
		смесь коксового и природного газов		
10	Теплота сгорания условного топлива:	7000 кДж/кг		2
		29,3 МДж/кг	Эталон	
		29,3 ккал/кг		
		35,5 МДж/кг		
11	Интервал значений «пирометрического коэффициента» для ориентировочного определения действительной температуры в печах и топках:	0,55-0,65		3
		0,65-0,85	Эталон	
		0,85-0,95		
		0,95-1,05		
		0,35-0,45		
		0,45-0,55		
12	Наибольшее количество теплоты, которое печь может нормально (без недожога топлива в рабочем пространстве) усвоить, называется:	тепловой нагрузкой печи		3
		тепловой мощностью печи	Эталон	
		тепловым режимом печи		
		коэффициентом использования тепла		
		коэффициентом полезного действия		
13	Удельная производительность (напряженность пода печи) характеризует:	интенсивность работы печи	Эталон	3
		интенсивность тепловыделения в печи		
		часовой объем производства		
		% выхода годного продукта		
		размеры рабочего пространства агрегата		
14	Что учитывается в статье «теплота экзотермических реакций» приходной	все химические реакции, идущие с положительным тепловым эффектом		2

	части теплового баланса теплотехнических агрегатов?	все химические реакции, идущие с положительным тепловым эффектом, кроме реакций горения топлива.	Эталон	
		теплота, выделяемая при горении топлива		
		теплота, вносимая исходными технологическими материалами		
		теплота, вносимая нагретыми воздухом и топливом		
15	К какому типу печей относятся методические печи?	печи постоянного действия, температура в которых не меняется со временем	Эталон	1
		печи периодического действия, с переменной во времени температурой		
		печи с одинаковой температурой по длине рабочего пространства		
		печи с максимальной температурой при входе заготовок в рабочее пространство		
16	Качество работы печи, ее совершенство как теплового агрегата характеризуется:	коэффициентом полезного теплоиспользования (к.п.т.)	Эталон	3
		коэффициентом полезного действия (к.п.д.)		
		количеством теплоты, которое подают в печь (МДж/ч)		
		удельным расходом топлива (т.у.т./т продукции)		
17	К огнеупорным относят материалы, огнеупорность которых не ниже (по стандартам и терминологии России):	1580 °С	Эталон	3
		1780 °С		
		1680 °С		
		1880 °С		
18	Изделия с огнеупорностью 1770-2000 °С относятся к виду:	огнеупорные		3
		высокоогнеупорные	Эталон	
		высшей огнеупорности		
		теплоизоляционные		
19	В каких огнеупорах в качестве основы преобладает SiO <sub>2</sub> ?	шамотные		3
		динасовые	Эталон	
		высокоглиноземистые		
		циркониевые		
20	В каких огнеупорах основой является MgO?	форстеритовые		3
		кислые		
		основные	Эталон	
		вспомогательные		
21	Какие из приведенных огнеупоров имеют меньший коэффициент теплопроводности?	нейтральные		2
		магнезитовые		
		динасовые		
		пеношамотные	Эталон	
		шамотные		

22	Какие огнеупоры выдерживают меньшее количество теплосмен (термоударов)?	шамотные		3
		динасовые	Эталон	
		магнезитовые		
		высокоглиноземистые		
23	Факторы, улучшающие качество теплоизоляции печей, топок, паропроводов	увеличение плотности набивки ваты, асбеста и др.		1
		увлажнение пористых теплоизоляторов		
		применение теплоизоляции большей пористости	Эталон	
		применение теплоизоляции большей плотности		
		применение вакуумно-многослойной теплоизоляции	Эталон	
24	К какой группе относятся нормализованные горелки типа «труба в трубе» конструкции Стальпроекта?	без предварительного смешения	Эталон	2
		плоскопламенные		
		короткопламенные		
		с предварительным смешением		
		инжекционные		
25	Укажите правильную последовательность убывания концентрации компонентов продуктов горения топлива в печах и топках при сжигании в атмосферном воздухе	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub>		3
		N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub>		
		N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Эталон	
		H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>		
		H <sub>2</sub> O , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>		
		CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O		
26	Какие стали обладают меньшим коэффициентом теплопроводности и требуют более медленного нагрева?	малоуглеродистые		1
		среднеуглеродистые		
		высокоуглеродистые		
		низколегированные		
		высоколегированные	Эталон	
37	Какие из перечисленных факторов приводят к потерям давления на местные сопротивления при движении газов по трубам и каналам?	изменения направления потока	Эталон	2
		изменения сечения канала	Эталон	
		вход потока в канал и выход из него	Эталон	
		трение о стенки канала		
		слияние и разделение потоков	Эталон	
		прохождение через плоскую решетку или дроссельную шайбу	Эталон	
		шероховатость стен труб, каналов		

### Перечень вопросов для самостоятельной работы

#### Тема 1.1

1. Назначение и классификация металлургических печей.
2. Назначение и общая схема промышленной печи.

#### Тема 1.2

1. Нагрев дуговой и плазменный. Назначение, области эффективного применения.
2. Нагрев индукционный. Назначение, области эффективного применения
3. Нагрев электросопротивлением и электроннолучевой. Назначение, области эффективного применения.

### Тема 1.3

1. Виды топлива и их состав. Условное топливо.
2. Основные характеристики топлива.
3. Устройства для сжигания топлива.
4. Содержание и последовательность расчетов горения топлива.

### Тема 2.1

1. Материалы, применяемые в печах.
2. Основные элементы конструкций печей.
3. Основные типы плавильных, нагревательных и термических печей.
4. Огнеупорные материалы, их основные свойства.
5. Теплоизоляционные материалы, их основные свойства.

### Тема 2.2

1. Использование вторичных энергоресурсов. Типы теплообменников, их назначение и сравнительная оценка.
2. Основы теории подобия и моделирования теплотехнических и теплоэнергетических процессов и оборудования.
3. Очистка дымовых газов.

### Тема 2.3

1. Классификация промышленных печей.
2. Вспомогательное оборудование печей.

## 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
ОПК-2: Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений		
ОПК-2.1	Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач	<p>Список контрольных вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды топлива и их состав. Условное топливо.</li> <li>2. Основные характеристики топлива.</li> <li>3. Устройства для сжигания топлива.</li> <li>4. Содержание и последовательность расчетов горения топлива.</li> <li>5. Нагрев дуговой и плазменный. Назначение, области эффективного применения.</li> <li>6. Нагрев индукционный. Назначение, области эффективного применения</li> <li>7. Нагрев электросопротивлением и электроннолучевой. Назначение, области эффективного применения</li> <li>8. Основные закономерности механики печных газов.</li> <li>9. Свободные и частично ограниченные струйные течения.</li> <li>10. Ограниченные струйные течения. Инжектор и эжектор.</li> <li>11. Виды движения газов в печах.</li> <li>12. Потери энергии при движении газов.</li> <li>13. Коэффициент теплопроводности сталей и факторы, влияющие на него.</li> <li>14. Влияние условий охлаждения металла на его свойства.</li> <li>15. Основы теории подобия и моделирования теплотехнических и теплоэнергетических процессов и оборудования.</li> </ol>
ОПК-2.2	Проводит оценку проектных решений и инженерных задач, в том числе экологическую	<p>Примеры задач:</p> <p>Пример 1. Определить температуру в центре сляба из малоуглеродистой стали толщиной <math>b=0.3\text{ м}</math>, нагреваемого в методической зоне печи с шагающим подом с <math>t_{\text{пов}} = 0^{\circ}\text{C}</math> до <math>t_{\text{пов}} = 600^{\circ}\text{C}</math>, если температура продуктов сгорания в зоне печи меняется от <math>800^{\circ}\text{C}</math> до <math>1300^{\circ}\text{C}</math> в конце зоны. Средний коэффициент теплоотдачи принять <math>100\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}</math></p> <p>Пример 2. Рассчитать рекуператор для подогрева воздуха для следующих условий: температура воздуха на входе – выходе рекуператора: <math>0-450^{\circ}\text{C}</math>, температура дыма на входе в рекуператор - <math>1050^{\circ}\text{C}</math>, расход газа на отопление печи <math>V=5.46\text{ м}^3/\text{с}</math>, количество дыма на входе в рекуператор <math>V=34.9\text{ м}^3/\text{с}</math>. Состав дымовых газов: <math>\text{N}_2=72\%</math>, <math>\text{CO}_2=11\%</math>, <math>\text{H}_2\text{O}</math></p>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства													
		=17%													
ОПК-2.3	Анализирует и оценивает работоспособность предприятия (технических объектов, систем и процессов) с учетом социальных ограничений	Пример комплексной задачи по вариантам:													
		Расчет воздухонагревателя доменной печи													
		Номер вар-та	Расход дутья, м³/мин	Температура подогрева воздуха	Тип насадки	Топливо	Температура воздуха на входе в насадку	Давление Дутья, Мн/м²	Влагосодержание,г/м³			Коэффициент расхода воздуха	Теплота сгорания смеси топлива, МДж/м³	Размеры ячейки	Количество воздухонагревателей в блоке
									Дом	Прир	Возду				
									енн	одног	ха				
									ого	о газа					
									газа						
1	3500	1200	Блочная БНИ-12-2	Дом.газ +прир.газ	115	0.32	32	19	15	1.23	5.2	Ø 41	3		
2	2600	1230	Блочная БНИ-12-2	Дом.газ +прир.газ	140	0.34	25	40	25	1.2	8.0	Ø 41	4		
3	3100	1170	Прямой угольн.	Дом.газ +прир.газ	130	0.35	35	25	18	1.25	5.1	60x60	3		
4	3300	1150	Блочная БНИ-12-2	Дом.газ +прир.газ	100	0.37	30	35	23	1.22	5.2	Ø 41	3		
5	3500	1220	Фасонная-НК-2	Дом.газ +прир.газ	110	0.39	35	35	19	1.2	5.0	55x55	4		

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства													
		6	3600	1150	Фасонная-НК-2	Дом.газ+прир.газ	125	0.36	28	32	25	1.24	5.1	65x65	3
		7	2900	1190	Ребристая-К-2Н	Дом.газ+прир.газ	120	0.32	25	30	20	1.24	5.3	65x65	3
		8	3000	1220	Прям оугольн.	Дом.газ+прир.газ	180	0.33	23	28	20	1.21	5.3	60x60	4
		9	5000	1200	Блочная БНИ-12-2	Дом.газ+прир.газ	100	0.43	33.7	13.5	25	1.25	5.1	Ø 41	4
		10	3600	1150	Фасонная-НК-2	Дом.газ+прир.газ	125	0.32	25.2	9.73	25	1.2	5.1	65x65	4
		11	2900	1180	Фасонная-НК-2	Дом.газ+прир.газ	150	0.29	30	25	20	1.25	5.0	55x55	3
		12	2700	1250	Фасонная-НК-2	Дом.газ+прир.газ	150	0.35	30	25	18	1.22	5.2	55x55	4
		13	2700	1000	Фасонная-НК-2	Дом.газ+прир.газ	110	0.31	33.7	18.5	14	1.2	4.8	65x65	4
		14	3800	1230	Фасонная-НК-2	Дом.газ+прир.газ	120	0.39	33.7	18.5	18	1.23	4.9	55x55	4
		15	2300	1170	Ребристая-К-2Н	Дом.газ+прир.газ	130	0.27	40	30	18	1.22	4.9	65x65	4

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства									
		Тепловой расчет регенератора									
		Вариант	Температура воздуха на входе в регенератор, С	Средняя температура подогрева воздуха, С	Вид топлива	Максимальная тепловая нагрузка печи, МВт	Температура продуктов сгорания на входе в регенератор, С	Средний коэффициент расхода воздуха в регенераторе	Тип насадки	Размеры ячейки, мм	Продолжительность периода, мин.
		1	20	970	Прир.газ+15% мазута	46.9	1570	1.44	Каупера	160x160	9
		2	25	1000	Прир.газ+20% мазута	44.4	1520	1.46	Петерсена	120x120	10
		3	30	1050	Прир.газ+25% мазута	46.0	1560	1.48	Сименса	165x165	11
		4	35	1110	Прир.газ+30% мазута	48	1500	1.50	Брусковая	140x140	12
		5	40	950	Прир.газ+15% мазута	50	1560	1.3	Каупера	100x100	9
		6	45	1050	Прир.газ+20% мазута	48.1	1490	1.34	Петерсена	120x120	10
		7	50	1100	Прир.газ+25%	53.1	1480	1.36	Сименса	140x140	11

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства									
					мазута						
		8	55	1000	Прир.газ+30% мазута	55.5	1530	1.38	Бруско вая	100x100	12
		9	20	1150	Прир.газ+15% мазута	58.2	1570	1.4	Каупер а	120x120	9
		10	25	950	Прир.газ+20% мазута	54.3	1520	1.44	Петерс ена	140x140	10
		11	30	1000	Прир.газ+25% мазута	56.5	1560	1.46	Симен са	100x100	11
		12	35	1050	Прир.газ+30% мазута	48.1	1500	1.48	Бруско вая	120x120	12
		13	40	1100	Прир.газ+15% мазута	53.1	1560	1.50	Каупер а	140x140	9
		14	45	980	Прир.газ+20% мазута	55.5	1490	1.3	Петерс ена	100x100	10
		15	50	950	Прир.газ+25% мазута	58.2	1480	1.34	Симен са	120x120	11
		16	20	1000	Прир.газ+30% мазута	54.3	1530	1.36	Бруско вая	140x140	12
		17	25	1050	Прир.газ+15% мазута	56.5	1570	1.38	Каупер а	100x100	9

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства									
		18	30	1100	Прир.газ+20% мазута	48.1	1520	1.4	Петерсена	120x120	10
		19	35	980	Прир.газ+25% мазута	53.1	1560	1.44	Сименса	140x140	11
		20	40	1000	Прир.газ+30% мазута	55.5	1500	1.46	Брусковая	100x100	12
		21	45	1050	Прир.газ+15% мазута	58.2	1560	1.48	Каупера	120x120	9
		22	50	1100	Прир.газ+20% мазута	54.3	1490	1.50	Петерсена	140x140	10
		23	20	950	Прир.газ+25% мазута	56.5	1480	1.3	Сименса	100x100	11
		24	25	1000	Прир.газ+30% мазута	44.4	1530	1.34	Брусковая	120x120	12
		25	30	1050	Прир.газ+15% мазута	46.0	1480	1.36	Каупера	140x140	9

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Металлургическая теплотехника» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме.

Показатели и критерии оценивания зачета:

- на оценку **«зачтено»** – обучающийся должен показать 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. Так же должно быть представлено творческое задание, в котором отражены проблемы, касающиеся всех аспектов защиты окружающей среды от выбросов/сбросов объектов энергетики.

- на оценку **«не зачтено»** – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.