



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)**

***МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Металлургия черных металлов

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная


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

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02  
Металлургия (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 04.12.2015 г.  
№ 1427)

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


Согласовано:

Зав. кафедрой Metallургии и химических технологий

  
А.С. Харченко


Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС

  
С.В. Осолков

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 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от 1 сентября 2020 г. № 1  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

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

### 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 базовую часть учебного плана образовательной программы.

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

Теплофизика

Химия

Физика

Математика

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

Моделирование процессов и объектов в металлургии

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Научно-исследовательская работа

### 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:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-4	готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
Знать	- основные определения и понятия базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин; - фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин, основные методы решения типовых задач по известным алгоритмам и правилам; - основные закономерности процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, агрегатам и оборудованию переработки (обогащения) минерального сырья, производства обработки черных и цветных металлов.

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- объяснять типичные модели задач в области металлургической теплотехники;</li> <li>- обсуждать способы эффективного решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;</li> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена в рабочем пространстве печи.</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками использования элементов проектирования;</li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов проектирования;</li> <li>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений проектирования путем использования возможностей информационной среды.</li> </ul>

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

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

- контактная работа – 73,5 акад. часов;
- аудиторная – 68 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,5 акад. часов
- самостоятельная работа – 70,8 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - курсовой проект, 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. Металлургические печи, теплогенерация в печах, основы теории горения.								
1.1 Введение. Назначение тепловых процессов и агрегатов. Общая схема металлургической печи.	5	4			7	Проработка лекционного материала (Тема 1.1, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций.	ОПК-4
1.2 Теплогенерация в печах. Виды энергии, используемой в печах		4	2	2/2И	7	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Тема 1.2, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач.	ОПК-4
1.3 Основы теории горения, устройства для сжигания топлива, утилизация теплоты продуктов сгорания		4	8/4И	4	6	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Тема 1.3, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач.	ОПК-4
Итого по разделу		12	10/4И	6/2И	20			
2. Раздел 2. Внешний и внутренний теплообмен								
2.1 Внешний и внутренний теплообмен в рабочем пространстве печей	5	2	2	2	5	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Тема 2.1, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач.	ОПК-4

2.2 Движение жидкости и газов в технологических агрегатах черной и цветной металлургии		4	2/2И	2/2И	5	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Тема 2.2, приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач.	ОПК-4
Итого по разделу		6	4/2И	4/2И	10			
3. Раздел 3. Основные типы промышленных печей								
3.1 Материалы, используемые в конструкциях высокотемпературных агрегатов	5	4		4/2И	10	Проработка лекционного материала; решение задач (Тема 3.1, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач.	ОПК-4
3.2 Основы технологии нагрева металла, выбор рациональных температурных и тепловых режимов		4	3	3	10	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Тема 3.2, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач.	ОПК-4
3.3 Теплообменные аппараты и их сравнительная оценка		4			10	Проработка лекционного материала (Тема 3.3, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций.	ОПК-4
3.4 Основные типы промышленных печей и важнейшие характеристики их тепловой работы		4			10,8	Проработка лекционного материала (Тема 3.4, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций.	ОПК-4
Итого по разделу		16	3	7/2И	40,8			
Итого за семестр		34	17/6И	17/6И	70,8		экзамен, кп	
Итого по дисциплине		34	17/6И	17/6И	70,8		курсовой проект, экзамен	ОПК-4

## **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.

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. 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 (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. 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>

2. 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>

### **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. Брюханов, О.Н. Тепломассообмен: Учебник / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - Москва: НИЦ Инфра-М, 2012. - 464 с. (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004803-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/258657>

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. Макаров, А.Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках: учебное пособие / А.Н. Макаров. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1653-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/50681> (дата обращения: 30.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Копцев, В.В. Тепловой расчет коксогазовой 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://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1407.pdf&show=dcatalogues/1/1123921/1407.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст: электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

7. 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.

#### **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://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:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
Linux Calculate	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	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>
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>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</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>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</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 научных изданий «Scopus»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer Protocols	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НП 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:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория топлива и химводоподготовки. Автоматическая насосная станция OASIS; комплекс лабораторных установок по определению характеристик топлива; комплекс лабораторных установок по изучению свойств воды; дизельная электростанция ДХМ-30; лабораторная установка по изучению последовательной и параллельной работы насосов; комплекс лабораторных установок по изучению физических и химических свойств веществ; макет газотурбинной установки; вискозиметр, вытяжной шкаф, флотомашина; печь, центробежный вентилятор; весы электронные, микроскоп.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, мел.

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.

## Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

## 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	$Al_2O_3$	Эталон	1
		$SiO_2$	Эталон	
		$CaO$	Эталон	
		$CO_2$		
		$SO_2$		
		$N_2$		
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	высшая теплота сгорания		2

	действительному количеству теплоты, выделяемой при сгорании в печах и топках?	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 части теплового баланса теплотехнических агрегатов?	все химические реакции, идущие с положительным тепловым эффектом		2
		все химические реакции, идущие с положительным тепловым эффектом, кроме реакций горения	Эталон	

		топлива.		
		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 форстеритовые		
20	В каких огнеупорах основой является MgO?	кислые		3
		основные	Эталон	
		вспомогательные		
		нейтральные		
21	Какие из приведенных огнеупоров имеют меньший коэффициент теплопроводности?	магнезитовые		2
		динасовые		
		пеношамотные	Эталон	
		шамотные		
22	Какие огнеупоры выдерживают меньшее	шамотные		3
		динасовые	Эталон	

	количество теплосмен (термударов)?	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. Основные закономерности механики печных газов.
2. Составление и анализ тепловых балансов печей, основные теплотехнические показатели работы печей и пути энергосбережения.

### Тема 2.2

1. Свободные и частично ограниченные струйные течения.
2. Ограниченные струйные течения. Инжектор и эжектор.
3. Виды движения газов в печах.
4. Потери энергии при движении газов.

### Тема 3.1

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 3.2

1. Основы технологии нагрева металла. Типовые режимы нагрева «тонких» и «массивных» заготовок.
2. Особенности нагрева качественных сталей.
3. Основы расчета нагрева «тонких» и «массивных» заготовок.
4. Влияние условий охлаждения металла на его свойства.
5. Виды брака при нагреве металла и пути снижения потерь металла.
6. Коэффициент теплопроводности сталей и факторы, влияющие на него.

### Тема 3.3

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 3.4

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

## **Курсовой проект**

Цель выполнения проекта – приобретение студентами навыков выполнения теплотехнических расчетов процессов, совершаемых в промышленных печах, выбора конструктивных решений печей и их элементов, умений пользоваться справочной и нормативной литературой по теплотехнике, использовать различные диаграммы для расчета параметров и процессов.



Для студентов профиля «Металлургия черных металлов» предусмотрены следующие темы курсовых проектов: «Расчет воздухонагревателя доменной печи», «Тепловой расчет регенератора».

Курсовой проект включает полный тепловой и аэродинамический расчеты печи (регенеративного воздухонагревателя) и состоит из пояснительной записки и графической части. Графическая часть в виде 1-2 разрезов выполняется на одном листе формата А1.

Пояснительная записка должна быть изложена на 20-30 с. бумаги размера 210 x 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.

Элементы печи (воздухонагревателя), дымового тракта, горелок и вентиляторов выполняются в пояснительной записке с соблюдением требований ЕСКД.

Курсовой проект выполняется в следующей последовательности (по этапам):

1. Характеристика регенератора.
2. Расчет горения топлива.
3. Определение калориметрической температуры горения топлива.
4. Расчет теплообмена в насадке.
5. Расчет поверхности нагрева насадки.
6. Определение размеров регенератора.
7. Аэродинамический расчет дымового тракта.
8. Расчет высоты дымовой трубы.

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-4 готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач		
Знать	<p>- основные определения и понятия базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин;</p> <p>- фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин, основные методы решения типовых задач по известным алгоритмам и правилам;</p> <p>- основные закономерности процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, агрегатам и оборудованию переработки (обогащения) минерального сырья, производства обработки черных и цветных металлов.</p>	<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>
Уметь	<p>- объяснять типичные модели задач в области металлургической теплотехники;</p> <p>- обсуждать способы эффективного решения проблем, возникающих в</p>	<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\text{-}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}=17\%</math></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																									
	<p>ходе профессиональной деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена в рабочем пространстве печи.</li> </ul>																																																																										
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками использования элементов <b>проектирования</b></li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов проектирования</li> <li>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений <b>проектирования</b> путем использования возможностей информационной среды.</li> </ul>	<p>Варианты заданий для выполнения курсового проекта: Расчет воздухонагревателя доменной печи</p>																																																																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Номер вар-та</th> <th rowspan="2">Расход дутья, м<sup>3</sup>/мин</th> <th rowspan="2">Температура подогрева воздуха</th> <th rowspan="2">Тип насадки</th> <th rowspan="2">Топливо</th> <th rowspan="2">Температура воздуха на входе в насадку</th> <th rowspan="2">Давление дутья, Мн/м<sup>2</sup></th> <th colspan="3">Влагосодержание, г/м<sup>3</sup></th> <th rowspan="2">Коэффициент расхода воздуха</th> <th rowspan="2">Теплота сгорания смеси топлива, МДж/м<sup>3</sup></th> <th rowspan="2">Размеры ячейки</th> <th rowspan="2">Количество воздухонагревателей в блоке</th> </tr> <tr> <th>Домного газа</th> <th>Природного газа</th> <th>Воздуха</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3500</td> <td>1200</td> <td>Блочная БНИ-1 2-2</td> <td>Дом.газ +прир.газ</td> <td>115</td> <td>0.32</td> <td>32</td> <td>19</td> <td>15</td> <td>1.23</td> <td>5.2</td> <td>Ø 41</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2600</td> <td>1230</td> <td>Блочная БНИ-1 2-2</td> <td>Дом.газ +прир.газ</td> <td>140</td> <td>0.34</td> <td>25</td> <td>40</td> <td>25</td> <td>1.2</td> <td>8.0</td> <td>Ø 41</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3100</td> <td>1170</td> <td>Прямоугольная</td> <td>Дом.газ +прир.газ</td> <td>130</td> <td>0.35</td> <td>35</td> <td>25</td> <td>18</td> <td>1.25</td> <td>5.1</td> <td>60x60</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3300</td> <td>1150</td> <td>Блочная БНИ-1 2-2</td> <td>Дом.газ +прир.газ</td> <td>100</td> <td>0.37</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>23</td> <td>1.22</td> <td>5.2</td> <td>Ø 41</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Номер вар-та	Расход дутья, м <sup>3</sup> /мин	Температура подогрева воздуха	Тип насадки	Топливо	Температура воздуха на входе в насадку	Давление дутья, Мн/м <sup>2</sup>	Влагосодержание, г/м <sup>3</sup>			Коэффициент расхода воздуха	Теплота сгорания смеси топлива, МДж/м <sup>3</sup>	Размеры ячейки	Количество воздухонагревателей в блоке	Домного газа	Природного газа	Воздуха	1	3500	1200	Блочная БНИ-1 2-2	Дом.газ +прир.газ	115	0.32	32	19	15	1.23	5.2	Ø 41	3	2	2600	1230	Блочная БНИ-1 2-2	Дом.газ +прир.газ	140	0.34	25	40	25	1.2	8.0	Ø 41	4	3	3100	1170	Прямоугольная	Дом.газ +прир.газ	130	0.35	35	25	18	1.25	5.1	60x60	3	4	3300	1150	Блочная БНИ-1 2-2	Дом.газ +прир.газ	100	0.37	30	35	23	1.22	5.2	Ø 41	3
		Номер вар-та								Расход дутья, м <sup>3</sup> /мин	Температура подогрева воздуха	Тип насадки					Топливо	Температура воздуха на входе в насадку	Давление дутья, Мн/м <sup>2</sup>	Влагосодержание, г/м <sup>3</sup>			Коэффициент расхода воздуха	Теплота сгорания смеси топлива, МДж/м <sup>3</sup>	Размеры ячейки	Количество воздухонагревателей в блоке																																																	
			Домного газа	Природного газа	Воздуха																																																																						
		1	3500	1200	Блочная БНИ-1 2-2	Дом.газ +прир.газ	115	0.32	32	19	15	1.23	5.2	Ø 41	3																																																												
		2	2600	1230	Блочная БНИ-1 2-2	Дом.газ +прир.газ	140	0.34	25	40	25	1.2	8.0	Ø 41	4																																																												
3	3100	1170	Прямоугольная	Дом.газ +прир.газ	130	0.35	35	25	18	1.25	5.1	60x60	3																																																														
4	3300	1150	Блочная БНИ-1 2-2	Дом.газ +прир.газ	100	0.37	30	35	23	1.22	5.2	Ø 41	3																																																														

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства													
		5	3500	1220	Фасонная-Н К-2	Дом.газ +прир.газ	110	0.39	35	35	19	1.2	5.0	55x55	4
		6	3600	1150	Фасонная-Н К-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	Прямоугольный	Дом.газ +прир.газ	180	0.33	23	28	20	1.21	5.3	60x60	4
		9	5000	1200	Блочная БНИ-1 2-2	Дом.газ +прир.газ	100	0.43	33.7	13.5	25	1.25	5.1	Ø 41	4
		10	3600	1150	Фасонная-Н К-2	Дом.газ +прир.газ	125	0.32	25.2	9.73	25	1.2	5.1	65x65	4
		11	2900	1180	Фасонная-Н К-2	Дом.газ +прир.газ	150	0.29	30	25	20	1.25	5.0	55x55	3
		12	2700	1250	Фасонная-Н К-2	Дом.газ +прир.газ	150	0.35	30	25	18	1.22	5.2	55x55	4
		13	2700	1000	Фасонная-Н К-2	Дом.газ +прир.газ	110	0.31	33.7	18.5	14	1.2	4.8	65x65	4
		14	3800	1230	Фасонная-Н К-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 продукта в сгорания на входе в регенератор, С	Средний коэффициент расхода воздуха в регенераторе	Тип насадки	Размер 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% мазута	53.1	1480	1.36	Сименса	140x140	11
8	55	1000	Прир.газ+30% мазута	55.5	1530	1.38	Брусковая	100x100	12
9	20	1150	Прир.газ+15% мазута	58.2	1570	1.4	Каупера	120x120	9
10	25	950	Прир.газ+20% мазута	54.3	1520	1.44	Петерсена	140x140	10
11	30	1000	Прир.газ+25% мазута	56.5	1560	1.46	Сименса	100x100	11
12	35	1050	Прир.газ+30% мазута	48.1	1500	1.48	Брусковая	120x120	12

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства									
		13	40	1100	Прир.газ+1 5% мазута	53.1	1560	1.50	Каупера	140x1 40	9
		14	45	980	Прир.газ+2 0% мазута	55.5	1490	1.3	Петерсена	100x1 00	10
		15	50	950	Прир.газ+2 5% мазута	58.2	1480	1.34	Сименса	120x1 20	11
		16	20	1000	Прир.газ+3 0% мазута	54.3	1530	1.36	Брусковая	140x1 40	12
		17	25	1050	Прир.газ+1 5% мазута	56.5	1570	1.38	Каупера	100x1 00	9
		18	30	1100	Прир.газ+2 0% мазута	48.1	1520	1.4	Петерсена	120x1 20	10
		19	35	980	Прир.газ+2 5% мазута	53.1	1560	1.44	Сименса	140x1 40	11
		20	40	1000	Прир.газ+3 0% мазута	55.5	1500	1.46	Брусковая	100x1 00	12
		21	45	1050	Прир.газ+1 5% мазута	58.2	1560	1.48	Каупера	120x1 20	9
		22	50	1100	Прир.газ+2 0% мазута	54.3	1490	1.50	Петерсена	140x1 40	10
		23	20	950	Прир.газ+2 5% мазута	56.5	1480	1.3	Сименса	100x1 00	11
		24	25	1000	Прир.газ+3 0% мазута	44.4	1530	1.34	Брусковая	120x1 20	12
		25	30	1050	Прир.газ+1 5% мазута	46.0	1480	1.36	Каупера	140x1 40	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 экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**Показатели и критерии оценивания курсового проекта:**

– 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.