



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  
Обработка металлов и сплавов давлением (прокатное производство)

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	4

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 Технологий обработки материалов

\_\_\_\_\_ А.Б. Моллер

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 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:

Основы металлургического производства

Теплофизика

Физика

Химия

Математика

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

Коррозия и защита металлов

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

### **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	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 – 16,2 акад. часов;
- аудиторная – 14 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,2 акад. часов
- самостоятельная работа – 155,1 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа

Форма аттестации - курсовой проект, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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. Metallургические печи, теплогенерация в печах, основы теории горения.								
1.1 Введение. Назначение тепловых процессов и агрегатов. Общая схема металлургической печи.	4	1			18	Проработка лекционного материала (Тема 1.1, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций	ОПК-4
1.2 Теплогенерация в печах. Виды энергии, используемой в печах				1/И	18	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		1	2/И	1	18	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		2	2/И	2/И	54			
2. Внешний и внутренний теплообмен								
2.1 Внешний и внутренний теплообмен в рабочем пространстве печей	4			1	15,1	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			1/ИИ	14	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			2/ИИ	29,1					
3. Основные типы промышленных печей									
3.1 Материалы, используемые в конструкциях высокотемпературных агрегатов	4			1	18	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		1		1	18	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			2/ИИ			18	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		1				18	Проработка лекционного материала (Тема 3.4, Приложение 1)	Наличие конспектов лекций	ОПК-4
Итого по разделу		2	2/ИИ	2	72				
Итого за семестр		4	4/2И	6/2И	155,1		кп, экзамен		
Итого по дисциплине		4	4/2И	6/2И	155,1		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. Теплотехника: учебное пособие / В.В. Дырдин, А.А. Мальшин, В.Г. Смирнов, Т.Л. Ким. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 174 с. Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/115115>.

4. 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>

5. 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 коксогововой 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
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021

MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	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 научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.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 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		
6	Какая часть влаги, содержащейся в топливе, теряется при сушке?	для смеси газообразных топлив		2
		гигроскопическая		
		внешняя, удерживаемая механически	Эталон	
		химически связанная		
7	Какая теплота сгорания топлива соответствует действительному	гигроскопическая и химически связанная		2
		высшая теплота сгорания		
		низшая теплота сгорания	Эталон	

	количеству теплоты, выделяемой при сгорании в печах и топках?	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 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 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 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. 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**

#### 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 «Обработка металлов и сплавов давлением (прокатное производство)» предусмотрены следующие темы курсовых проектов: «Тепловой расчет нагревательной печи».



Курсовой проект включает полный тепловой и аэродинамический расчеты пламенной или электрической печи 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 нагревательной печи.
2. Расчет горения топлива и определение действительной температуры горения.
3. Расчет времени нагрева металла.
4. Определение основных размеров и предварительное конструирование печи.
5. Тепловой баланс и определение теплотехнических характеристик работы печи.
6. Тепловой расчет теплообменного аппарата.
7. Расчет и выбор топливосжигающих устройств.
8. Аэродинамический расчет дымового тракта и выбор тягодутьевых устройств.

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	- основные определения и понятия - основные законы и правила -определения процессов тепловой обработки материалов	Перечень вопросов: 1. Классификация топлива по составу и происхождению. 2. Определение топлива. Состав органического топлива. 3. Теплотворная способность топлива. Определение, виды, обозначения. 4. Виды твердого топлива. Их особенности и области применения. 5. Горение органического топлива - определение и особенности. 6. Особенности сжигания газообразного топлива. Пределы устойчивости работы газовых горелок. 7. Особенности сжигания и схемы распыливания жидкого топлива. 8. Сжигание твердого топлива в слое. 9. Задачи расчета горения топлива. 10. Классификация ТСУ. Особенности выбора.																																																															
Уметь	- объяснять типичные модели задач в области металлургической теплотехники; - обсуждать способы эффективного решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; - распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена в рабочем пространстве печи.	Защита основных разделов курсового проекта: 1. Характеристика нагревательной печи. 2. Расчет горения топлива и определение действительной температуры горения. 3. Расчет времени нагрева металла. 4. Определение основных размеров и предварительное конструирование печи. 5. Тепловой баланс и определение теплотехнических характеристик работы печи. 6. Тепловой расчет теплообменного аппарата. 7. Расчет и выбор топливосжигающих устройств. 8. Аэродинамический расчет дымового тракта и выбор тягодутьевых устройств.																																																															
Владеть	- практическими навыками использования элементов проектирования - навыками и методиками обобщения результатов проектирования - способами совершенствования профессиональных знаний и умений проектирования путем использования возможностей информационной среды.	Варианты заданий для выполнения курсового проекта: Тепловой расчет нагревательной печи <table border="1" data-bbox="920 1086 2087 1345"> <thead> <tr> <th></th> <th>Марка стали</th> <th>Размер заготовки, <math>\delta \times b \times l, \text{мм}</math></th> <th><math>t_{\text{нов}}^{\text{кон}}, \text{ } ^\circ\text{C}</math></th> <th>P, т/ч</th> <th><math>d_{\text{в}}, \text{ г/м}^3</math></th> <th><math>d_{\text{г}}, \text{ г/м}^3</math></th> <th><math>t_{\text{ме}}, \text{ } ^\circ\text{C}</math></th> <th>Тип печи</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>30Х</td> <td>120x1000x6000</td> <td>1180</td> <td>40</td> <td>35</td> <td>15</td> <td>0</td> <td>МГ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Ст.40</td> <td>100x150x4000</td> <td>1190</td> <td>40</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>10</td> <td>ШТ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Хромоникелевая</td> <td>D300x900</td> <td>1180</td> <td>50</td> <td>24</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>ШС</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Ст.40</td> <td>D300x800</td> <td>1200</td> <td>30</td> <td>32</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>МВР</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Хромоникелевая</td> <td>140x1000x6000</td> <td>1180</td> <td>0</td> <td>20</td> <td>9</td> <td>20</td> <td>ШС</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>30Х</td> <td>D200x1200</td> <td>1200</td> <td>50</td> <td>22</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>ШС</td> </tr> </tbody> </table>		Марка стали	Размер заготовки, $\delta \times b \times l, \text{мм}$	$t_{\text{нов}}^{\text{кон}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	P, т/ч	$d_{\text{в}}, \text{ г/м}^3$	$d_{\text{г}}, \text{ г/м}^3$	$t_{\text{ме}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	Тип печи	1	30Х	120x1000x6000	1180	40	35	15	0	МГ	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	6	30Х	D200x1200	1200	50	22	15	10	ШС
	Марка стали	Размер заготовки, $\delta \times b \times l, \text{мм}$	$t_{\text{нов}}^{\text{кон}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	P, т/ч	$d_{\text{в}}, \text{ г/м}^3$	$d_{\text{г}}, \text{ г/м}^3$	$t_{\text{ме}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	Тип печи																																																									
1	30Х	120x1000x6000	1180	40	35	15	0	МГ																																																									
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																																																									
6	30Х	D200x1200	1200	50	22	15	10	ШС																																																									

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства														
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		Хромоникелевая	100x100x4000	1180	50	30	10	12	ШС							
		Ст.40	120x120x6000	1200	70	30	20	0	ШС							
		30X	D150x1500	1190	35	25	18	20	МВР							
		Ст.40	160x1000x4000	1200	45	10	12	15	ШТ							
		30X	120x1000x6000	1170	60	15	10	0	МТ							
		Ст.40	140x100x4000	1180	70	20	11	20	ШТ							
		Ст.40	120x1000x6000	1200	45	15	7	20	МТ							
		Хромоникелевая	120x100x4000	1190	50	20	10	10	ШС							
		30X	140x1000x6000	1190	40	35	30	12	МТ							
		X18H98	D200x1800	1180	30	10	30	15	МВР							
		Ст.40	130x100x4000	1190	60	17	17	0	МТ							
		30X	120x1000x6000	1200	45	30	30	20	МТ							
		1X18H9T	D120x6000	1180	50	22	22	10	ШС							
		Сталь ст3	---	720	садка 40 т	20	9	60	ОК							
		08кп	---	720	садка 110 т	22	15	60	ТК							
		Ст.40	70x150x4000	1190	30	25	30	10	ШС							
		30X	100x120x4000	1190	35	25	18	20	ШС							
<p>ПРИМЕЧАНИЕ: δ - толщина заготовки; b - ширина заготовки; l - длина заготовки.ШС - печь с шагающим подом, со сводовым отоплением; ШТ - печь с шагающим подом, с торцевым отоплением; ОК – колпаковая одностопная; ТК – трехстопная колпаковая. МТ - толкательная методическая печь; МВР- печь с вращающимся подом ОК - одностопная колпаковая печь; ТК - трехстопная колпаковая печь</p>																
Состав топлива																
№ вари-анта	СОСТАВ СУХОГО ГАЗА, объемные %										Коэф-ент расхода воздуха,п	Темп. подогрева воздуха,°С				
	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	H <sub>2</sub> S	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>						
1	14	26	1	29	0	0	0	0	0	30	1,02	450				
2	2,4	7	60	25	2	0	0	0,2	0,6	2,8	1,1	400				
3	10	21	19	37	0,6	0	0	0,1	0,2	2,1	1,12	350				
4	5,5	28	30	20,2	0	0		0,2	0,2	15,9	1,1	400				
5	0,1			96		2,7	0,8			0,4	1,1	400				

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства												
		6	0,3			36,3		17,1	29	0,3		17	1,12	350
		7	0,1			93		4,3	1,9			0,7	1,15	375
		8	9,5	17	15	38				0,5		20	1,05	400
		9	20	10	28	38	0,3			0,3	0,9	2,5	1,06	350
		10				93	0,6	0,6	1,1			4,7	1,1	350
		11	0,3			88		1,9	0,5			9,3	1,15	300
		12	7,3	1,5		85		3	1			2,2	1,15	400
		13				65	0,2	14,5	7,8			12,5	1,15	450
		14				89		9	2			0	1,12	300
		15	1,3	38	51	5,5					0,2	4	1,05	450
		16				98						2	1,2	300
		17	20	34		43					0,2	2,8	1,1	350
		18	7	17		44						32	1,05	400
		19	7	17		15	29					32	1,08	400
		20	0,1			96		2,3	0,8			0,8	1,05	0
		21	0,3			36		17,1	29	0,3		17	1,05	0
		22	2	7	58	30	0,3				1,7	1	1,08	400
		23	4			94					0	2	1,1	300

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.