



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
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 Металлургии и химических технологий

 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 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:

Конструкции и проектирование сталеплавильных цехов

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">- 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.
Владеть	<ul style="list-style-type: none">- практическими навыками использования элементов проектирования;- навыками и методиками обобщения результатов проектирования;- способами совершенствования профессиональных знаний и умений проектирования путем использования возможностей информационной среды.

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 18,4 акад. часов;
- аудиторная – 14 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,4 акад. часов
- самостоятельная работа – 152,9 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. 1 Раздел. Металлургические 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/ИИ	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/ИИ	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/ИИ	2/ИИ	54			
2. 2 Раздел. Внешний и внутренний теплообмен								
2.1 Внешний и внутренний теплообмен в рабочем пространстве печей	4			1	13,9	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	13	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	26,9					
3. 3 Раздел. 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	152,9		экзамен, кп		
Итого по дисциплине		4	4/2И	6/2И	152,9		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. 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. Сенечкин. - 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 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://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. Сенечкин. - 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 ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer Protocols	http://www.springerprotocols.com/
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	http://www.springer.com/references
Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials	http://materials.springer.com/
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	https://www.nature.com/siteindex

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 действительному	высшая теплота сгорания		2
		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 ³ соответствует примерный состав: 9-14% CO ₂ ; 25-30% CO; 57-58% N ₂ ; остальное - CH ₄ и H ₂ .	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 ₂ ?	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 ₂ , H ₂ O, N ₂		3
		N ₂ , H ₂ O, CO ₂		
		N ₂ , CO ₂ , H ₂ O	Эталон	
		H ₂ O, N ₂ , CO ₂		
		H ₂ O, CO ₂ , N ₂		
		CO ₂ , N ₂ , H ₂ 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"> 1. Виды топлива и их состав. Условное топливо. 2. Основные характеристики топлива. 3. Устройства для сжигания топлива. 4. Содержание и последовательность расчетов горения топлива. 5. Нагрев дуговой и плазменный. Назначение, области эффективного применения. 6. Нагрев индукционный. Назначение, области эффективного применения 7. Нагрев электросопротивлением и электроннолучевой. Назначение, области эффективного применения 8. Основные закономерности механики печных газов. 9. Свободные и частично ограниченные струйные течения. 10. Ограниченные струйные течения. Инжектор и эжектор. 11. Виды движения газов в печах. 12. Потери энергии при движении газов. 13. Коэффициент теплопроводности сталей и факторы, влияющие на него. 14. Влияние условий охлаждения металла на его свойства. 15. Основы теории подобия и моделирования теплотехнических и теплоэнергетических процессов и оборудования.
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 $b=0.3\text{ м}$, нагреваемого в методической зоне печи с шагающим подом с $t_{\text{пов}} = 0^{\circ}\text{C}$ до $t_{\text{пов}} = 600^{\circ}\text{C}$, если температура продуктов сгорания в зоне печи меняется от 800°C до 1300°C в конце зоны. Средний коэффициент теплоотдачи принять $100\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$</p> <p>Пример 2. Рассчитать рекуператор для подогрева воздуха для следующих условий: температура воздуха на входе – выходе рекуператора: $0\text{--}450^{\circ}\text{C}$, температура дыма на входе в рекуператор - 1050°C, расход газа на отопление печи $V=5.46\text{ м}^3/\text{с}$, количество дыма на входе в рекуператор $V=34.9\text{ м}^3/\text{с}$. Состав дымовых газов: $\text{N}_2=72\%$, $\text{CO}_2=11\%$, $\text{H}_2\text{O}=17\%$</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																									
	<p>ходе профессиональной деятельности;</p> <ul style="list-style-type: none"> - распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена в рабочем пространстве печи. 																																																																										
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - практическими навыками использования элементов проектирования - навыками и методиками обобщения результатов проектирования - способами совершенствования профессиональных знаний и умений проектирования путем использования возможностей информационной среды. 	<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, м³/мин</th> <th rowspan="2">Температура подогрева воздуха</th> <th rowspan="2">Тип насадк и</th> <th rowspan="2">Топливо</th> <th rowspan="2">Температура воздуха на входе в насадку</th> <th rowspan="2">Давление дутья, Мн/м²</th> <th colspan="3">Влагосодержание, г/м³</th> <th rowspan="2">Кoeffициент расхода воздуха</th> <th rowspan="2">Теплота сгорания смеси топлива, МДж/м³</th> <th rowspan="2">Размер 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>Прямоугольный</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 ³ /мин	Температура подогрева воздуха	Тип насадк и	Топливо	Температура воздуха на входе в насадку	Давление дутья, Мн/м ²	Влагосодержание, г/м ³			Кoeffициент расхода воздуха	Теплота сгорания смеси топлива, МДж/м ³	Размер 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	Прямоугольный	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 ³ /мин	Температура подогрева воздуха	Тип насадк и					Топливо	Температура воздуха на входе в насадку	Давление дутья, Мн/м ²	Влагосодержание, г/м ³			Кoeffициент расхода воздуха	Теплота сгорания смеси топлива, МДж/м ³	Размер 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	Прямоугольный	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.