



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Филиала в г. Белорецк  
Д.Р. Хамзина  
15.02.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallургия

Направленность (профиль/специализация) программы  
Обработка металлов и сплавов давлением (метизное производство)

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная


Институт/ факультет	Филиал в г. Белорецк
Кафедра	Металлургии и стандартизации
Курс	2

Магнитогорск  
2022 год

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

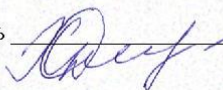
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и стандартизации

10.02.2022, протокол № 5

Зав. кафедрой  С.М. Головизнин

Рабочая программа одобрена методической комиссией Филиал в г. Белорезк

15.02.2022 г. протокол № 4


Председатель  Д.Р. Хамзина

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиС, канд. техн. наук  С.М. Головизнин

Рецензент:

Нач. исследовательско-технологического отдела АО "БМК" ,

 Л.Э. Пыхов



## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Металлургии и стандартизации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Ю. Усанов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Металлургии и стандартизации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Ю. Усанов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Металлургии и стандартизации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Ю. Усанов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Металлургии и стандартизации

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Ю. Усанов

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

Целями преподавания дисциплины «Металлургическая теплотехника» является изучение фундаментальных законов теплопередачи, современной теории горения и рационального сжигания топлива, конструкций и элементов высокотемпературных металлургических печей, а также устройств и материалов, применяемых при сооружении печей.

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

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

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

Математика

Физика

Химия

Теплофизика

Основы металлургического производства

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

Технологические процессы ОМД

Технология производства калиброванной стали

Технология производства проволоки

Оборудование цехов ОМД

Новые технологические решения в процессах ОМД

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Технология глубокой переработки металлов

Технология производства металлоизделий

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

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-2	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений
ОПК-2.1	Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач
ОПК-2.2	Проводит оценку проектных решений и инженерных задач, в том числе экологическую
ОПК-2.3	Анализирует и оценивает работоспособность предприятия (технических объектов, систем и процессов) с учетом социальных ограничений

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

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

- контактная работа – 8,4 акад. часов;
- аудиторная – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 95,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

– подготовка к зачёту – 3,9 акад. час

Форма аттестации - зачет

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. Раздел 1								
1.1 Химический состав топлива. Массы топлива, их перерасчет. Теплота сгорания. Условное, топливо. Расход воздуха, коэффициент расхода воздуха. Объем продуктов сгорания. Температура горения. Методы сжигания топлива и классификация топливосжигающих устройств.	2	5	3	3		Подготовка к, практическому, лабораторно-практическому занятию	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы	
1.2 Механика газов в печи. Струйное движение газов. Свободная и ограниченная струя. Соударения струй. Циркуляция и рециркуляция газов в печи. Уравнение Бернулли и его практическое применение при истечении газов через отверстия и насадки. Характер движения газов: свободный, и вынужденный. Режим движения: ламинарный, турбулентный. Критерий Рейнольдса. Воздуходувки и вентиляторы. Потери энергии на трение и местные сопротивления в боровых, рекуператорах и		5	3	3		Подготовка к, практическому, лабораторно-практическому занятию	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы	

<p>1.3 Основы теплообмена. Граничные условия I, II и III рода. Расчет времени нагрева «тонких» и «массивных» тел Метод определения степени черноты газов.</p>		5	3	3		<p>Подготовка к, практическому, лабораторно-практическому занятию</p>	<p>Устный опрос, тестирование, лабораторные работы</p>	
<p>1.4 Основы термодинамики. Основные понятия: термодинамическая система. Параметры термодинамической системы. Первый закон термодинамики для подвижного и неподвижного газа (рабочего тела). Его применение при анализе теплотехнических и теплоэнергетических устройств: металлургических печей и тепловых двигателей. Схема работы паротурбинной установки и холодильной. Термодинамические процессы прямые и обратные. Второй закон термодинамики. Понятия: энергия, эксергия, энтропия степень черноты газов</p>		5	2	2		<p>Подготовка к, практическому, лабораторно-практическому занятию</p>	<p>Устный опрос, тестирование, лабораторные работы</p>	
<p>1.5 Конструкция печи. Элементы конструкции. Строительные материалы для сооружения печей. Классификация огнеупоров и изоляционных материалов, их свойства и служба.</p>		5	2	2		<p>Подготовка к, практическому, лабораторно-практическому занятию</p>	<p>Устный опрос, тестирование, лабораторные работы</p>	
<p>1.6 Тепловая работа печей Теплотехнические характеристики работы печей: температурный режим; тепловой режим, КПД печи и способы его увеличения. Тепловой баланс: приход тепла, расход тепла.</p>		5	2	2		<p>Подготовка к, практическому, лабораторно-практическому занятию</p>	<p>Устный опрос, тестирование, лабораторные работы</p>	

1.7 Технология нагрева. Технология нагрева. Окисление и обезуглероживание при нагреве металла. Методы борьбы с ними. Вторичные энергетические ресурсы. Утилизация тепла дымовых газов. Рекуператоры и их расчет. Котлы – утилизаторы. Основы тепловой работы пламенных печей. Теплообмен в рабочем	4	2	2		Подготовка к, практическому, лабораторно- практическому занятию	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы	
Итого по разделу	34	17	17				
Итого за семестр	34	17	17			зачёт	
Итого по дисциплине	34	17	17			зачет	

## **5 Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины "Металлургическая теплотехника" применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме вводных лекций, на которых дается первое целостное представление об учебном предмете и ориентирует студента в системе работы по данному курсу, лекций-информаций, ориентированных на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые и индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, выполнения лабораторных работ, в процессе подготовки к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **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. 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> (дата обращения: 24.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. 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: 24.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Матвеева, Г. Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учебное пособие / Г. Н. Матвеева, Ю. И. Тартаковский, Б. К. Сеничкин. - 2-е изд., подгот. по печ. изд. 2008 г. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=989.pdf&show=dcatalogues/1/1119153/989.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Семенов, Ю. П. Теплотехника : учебник / Ю.П. Семенов, А.Б. Левин. — 2-е изд. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 400 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.znaniy.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/7972](http://www.dx.doi.org/10.12737/7972). - ISBN 978-5-16-010104-0 . - Текст : электронный. - URL: <https://znaniy.com/catalog/product/1014755> (дата обращения: 24.09.2020). — Режим доступа: по подписке.



**в) Методические указания:**

1. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Тепломассоперенос. Топливо и огнеупоры. Тепловая работа печей. Лабораторный практикум : учебное пособие / В. А. Арутюнов, В. А. Капитанов, И. А. Левицкий, С. Н. Шибалов. — Москва : МИСИС, 2007. — 136 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1814> (дата обращения: 24.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей..

2. Пинтя, Т. Н. Термодинамика. Теплопередача : практикум / Т. Н. Пинтя, Ю. И. Тартаковский, Г. Н. Матвеева ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2012 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=48.pdf&show=dcatalogues/1/1124311/48.pdf&view=true>. (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Пинтя, Т. Н. Термодинамика. Теплопередача : практикум / Т. Н. Пинтя, Ю. И. Тартаковский, Г. Н. Матвеева ; МГТУ. - Магнитогорск, 2012. - 53 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=49.pdf&show=dcatalogues/1/1102500/49.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

4. Пинтя, Т. Н. Экспериментальное исследование процессов термодинамики. Лабораторный практикум : учебное пособие / Т. Н. Пинтя ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1242.pdf&show=dcatalogues/1/1123323/1242.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Агапитов, Е. Б. Введение в направление "Теплоэнергетика и теплотехника" : учебно-методическое пособие / Е. Б. Агапитов, Б. К. Сенечкин, Г. Н. Матвеева. - Магнитогорск : [МГТУ], 2015. - 63 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=902.pdf&show=dcatalogues/1/1118844/902.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

5. Горохов, А. В. Гидродинамика и теплопередача : практикум / А. В. Горохов ; МГТУ. - Магнитогорск : [МГТУ], 2017. - 59 с. : ил., табл., схемы, граф.- URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3463.pdf&show=dcatalogues/1/1514268/3463.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

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

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007(Белорецк)	К-171-09 от 18.10.2009	бессрочно
MS Windows 7(Белорецк)	К-171-09 от 18.10.2009	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	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>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Наглядные материалы: справочные таблицы, печатный раздаточный материал (задания для контрольных работ); учебники и учебные пособия;

Наборы наглядных пособий по темам:

1. «Теплофизика. Иллюстративный материал для лекций»
2. «Дифуравнение теплопроводности. Иллюстративный материал для лекций»
3. «Излучение. Иллюстративный материал для лекций»
4. «Конвективный теплообмен. Иллюстративный материал для лекций»
5. «Нестационарный режим. Иллюстративный материал для лекций»

Учебная аудитория для выполнения курсовых проектов (работ):

Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.  
Специализированная мебель

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ:

Лаборатория металлургических печей:

Оборудование для проведения лабораторных работ:

1. установки для изучения закономерностей свободной струи,
2. установки для изучения инжектора,
3. установки для определения потери энергии на трение и местных сопротивлений с использованием уравнения Бернулли

4. установки для изучения рекуперации тепла продуктов сгорания,

5. установки для изучения потерь тепла стенками печи и нагреву массивных тел

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

Места для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

### Перечень тем практических занятий

1. Расчет горения газообразного топлива – практическое занятие.
2. Аэродинамический расчёт дымового и воздушного трактов –практическое занятие
3. Расчет высоты дымовой трубы –практическое занятие
4. Расчет теплового баланса, расхода топлива и теплотехнических показателей работы печи - практическое занятие.
5. Расчет внешнего теплообмена в рабочем пространстве нагревательных печей практическое занятие.
6. Расчет времени нагрева металла при различных режимах работы печи практическое занятие.

### Перечень тем лабораторных занятий

1. Определение потерь давления.
2. Изучение закономерностей свободной струи.
3. Исследование работы инжектора
4. Определение коэффициента теплопроводности  $\lambda$ .
5. Нагрев тел при нестационарном режиме. (Краевые условия III рода).
6. Проверка уравнения Бернулли .
7. Тепловая работа кирпича регенеративной насадки рекуператора.
8. Определение коэффициента теплопередачи в элементе рекуператора.

### *Тесты для самопроверки*

1. Какие компоненты определяют энергетическую ценность топлива:  
C, CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>?
2. Применение какого топлива эффективно в компактных печах прокатного производства: твердого, жидкого, газообразного?
3. При каком режиме течения газов и жидкостей в потоке более равномерные температурные и скоростные поля: при ламинарном или турбулентном?
4. При температуре в рабочем пространстве печи свыше 1000С и неподвижной печной среде, какой вид переноса теплоты преобладает: излучение или конвекция?
5. При температуре в рабочем пространстве печи 800 - 1000С и интенсивном движении печной среды какой вид переноса теплоты преобладает: излучение или конвекция?
6. У каких тел больше значение коэффициента теплопроводности: у газообразных или твердых?
7. У каких сталей больше значение коэффициента теплопроводности: у малоуглеродистых или легированных?
8. Какой режим нагрева рекомендуется для термически тонкой заготовки: одно-, двух-, трехступенчатый?
9. В каком интервале температур наиболее интенсивное окисление сталей: 800-1000С<sup>0</sup>, 1000-1275С<sup>0</sup>, 1275-1375С<sup>0</sup>?
10. Какие газы способствуют окислению сталей: CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>?

11. Какие газы способствуют обезуглероживанию сталей: CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>?
12. Какие материалы используются для огнеупорного слоя футеровки рабочего пространства печей: магнезит, динас, шамот плотный, шамот легковесный, диатомит, трепел?
13. Какие материалы используются для теплоизоляционного слоя футеровки рабочего пространства печей: магнезит, динас, шамот плотный, шамот легковесный, диатомит, трепел?
14. Какой способ теплогенерации предпочтителен для сквозного нагрева длинномерной цилиндрической заготовки: плазменный или индукционный? А для поверхностного нагрева?
15. В каких печах обеспечивается более высокая производительность и равномерность механических свойств и микроструктуры по длине стальной полосы: колпаковых или башенных?
16. Какие методические печи обеспечивают большую производительность и напряженность активного пода: толкательные или с шагающими балками?
17. Что обеспечивает оснащение нагревательной печи рекуперативным теплообменником: снижение расхода топлива, сокращение времени нагрева, повышение производительности печи?
18. Какой из теплообменников имеет периодический режим работы: регенеративный или рекуперативный?
19. Какими горелками необходимо оборудовать печь, если тепловыделение должно быть раскинутым по длине рабочего пространства: инжекционным короткопламенным или длиннопламенным типа "труба в трубе"?
20. Какая высота дымовой трубы необходима при повышенном содержании вредных выбросов: более 45м, более 100м?
21. Какое из двух выражений описывают лучистый теплообмен:  $Q=C_{\text{пр}}(T_1^4-T_2^4)F$ ,  $Q=\alpha(t_1-t_2)F$ ?
22. Какое из двух выражений описывает обмен теплопроводностью:  $g=\alpha(t_1-t_2)$ ,  $g=(t_1-t_2)/\delta/\lambda$ ?
23. Какие трубы обладают большим сопротивлением на трение: «гидравлические гладкие» или «гидравлические шероховатые»?
24. Какое из двух выражений описывает уравнение Бернулли для реальной жидкости:  $P_{\text{ск}}+P_{\text{геом}}+P_{\text{пьез}}=P_{\text{поли}}=\text{const}$  или  $P_{\text{ск}}+P_{\text{геом}}+P_{\text{пьез}}+P_{\text{потерь}}=P_{\text{поли}}=\text{const}$ ?
25. Если число Рейнольдса  $Re > 2000$ , то какой режим течения – ламинарный или турбулентный?
26. Какая высота дымовой трубы необходима при повышенном содержании вредных выбросов: более 45м, более 100м?
27. Во сколько раз снизится тепловой топок между двумя поверхностями, если между ними поместить 2 экрана (при условии  $E_1=E_2=E_3$ )?
28. Какое различие в спектрах излучения твердого и газообразного тела?

Курсовая работа выполняется обучающимся самостоятельно под руководством преподавателя. При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В начале изучения дисциплины преподаватель предлагает обучающимся на выбор перечень тем курсовых работ. Обучающийся самостоятельно выбирает тему курсовой работы. Совпадение тем курсовых работ у студентов одной учебной группы не допускается. Утверждение тем курсовых работ проводится ежегодно на заседании кафедры.

После выбора темы преподаватель формулирует задание по курсовой работе и рекомендует перечень литературы для ее выполнения. Исключительно важным является

использование информационных источников, а именно системы «Интернет», что даст возможность обучающимся более полно изложить материал по выбранной им теме.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

Преподаватель, проверив работу, может вернуть ее для доработки вместе с письменными замечаниями. Студент должен устранить полученные замечания в установленный срок, после чего работа окончательно оценивается.

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

Примерный перечень тем курсовых работ и пример задания представлены в разделе 7 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации».

## Приложение 2

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Компетенция ОПК 4 формируется в процессе освоения образовательной программы.

На начальном этапе формируется пороговый уровень освоения компетенции, обучающийся должен знать теоретические основы металлургической теплотехники, контроля и управления нагревательных печей.

На основном этапе формируется средний уровень освоения компетенции, обучающийся должен знать теоретические основы, уметь пользоваться справочной литературой по теплотехнике, проводить отдельные теплотехнические расчеты, владеть начальными навыками анализа тепловых процессов, происходящих в теплоэнергетических установках.

На заключительном этапе формируется высокий уровень освоения компетенции, обучающийся должен знать теоретические основы теплотехники, уметь пользоваться справочной литературой по теплотехнике, проводить теплотехнические расчеты, владеть навыками анализа тепловых процессов, происходящих в теплоэнергетических установках, использовать различные диаграммы для расчета параметров и процессов

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ОПК-2 Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений</b>		
ОПК-2.1	Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач	<i>Перечень вопросов к экзамену:</i> 1. Энергоноситель - топливо и его горение (теплогенерация). Химический состав топлива. Массы топлива, их перерасчет. 2. Теплота сгорания. Условное, топливо. Расход воздуха, коэффициент расхода воздуха. Объем продуктов сгорания. Температура горения. 3. Методы сжигания топлива и классификация топливосжигающих устройств.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>4. <i>Механика газов в печи. Струйное движение газов. Свободная и ограниченная струя. Соударения струй.</i></p> <p>5. <i>Циркуляция и рециркуляция газов в печи.</i></p> <p>6. <i>Уравнение Бернулли и его практическое применение при истечении газов через отверстия и насадки.</i></p> <p>7. <i>Характер движения газов: свободный, и вынужденный. Режим движения: ламинарный, турбулентный. Критерий Рейнольдса. Воздуходувки и вентиляторы. Потери энергии на трение и местные сопротивления в боровых, рекуператорах и в дымовых трубах.</i></p> <p>8. <i>Гидравлический расчет печи и дымовой трубы.</i></p> <p>9. <i>Конструкция печи. Элементы конструкции.</i></p> <p>10. <i>Строительные материалы для сооружения печей. Классификация огнеупоров и изоляционных материалов, их свойства и служба.</i></p> <p>11. <i>Основы тепловой работы пламенных печей.</i></p> <p>12. <i>Теплообмен в рабочем пространстве печи.</i></p> <p>13. <i>Нагрев металла в печах. Граничные условия I, II и III рода.</i></p> <p>14. <i>Расчет времени нагрева «тонких» и «массивных» тел.</i></p> <p>15. <i>Технология нагрева. Окисление и обезуглероживание. Методы борьбы с ними.</i></p> <p>16. <i>Вторичные энергетические ресурсы.</i></p> <p>17. <i>Утилизация тепла дымовых газов.</i></p> <p>18. <i>Рекуператоры и их расчет.</i></p> <p>19. <i>Котлы – утилизаторы.</i></p> <p>20. <i>Тепловой баланс печи.</i></p> <p>21. <i>Расход топлива, его определение.</i></p> <p>22. <i>Энергопотребление и энергоснабжение в металлургии.</i></p> <p>23. <i>Теплотехнические характеристики работы печей. КПД, КИТ печи. производительность и размеры печи.</i></p> <p>24. <i>Классификация печей для нагрева под прокатку и термообработку, колодцы, методические печи.</i></p> <p>25. <i>Башенные печи, их конструкция и тепловая работа.</i></p> <p>26. <i>Способы передачи тепла.</i></p>
ОПК-2.2	– Проводит оценку проектных решений и инженерных задач, в том числе экологическую	<p><i>Примерный перечень практических заданий</i></p> <p>1. <i>Определить потери давления при движении жидкости и газа через трубку.</i></p> <p>2. <i>Рассчитать распределение давления по сечению свободной струи.</i></p> <p>3. <i>Рассчитать и сравнить с экспериментальными данными режимы работы инжектора</i></p>



Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	ю	<p>4. Определить коэффициент теплопроводности <math>\lambda</math> для плоской стенки и трубы.</p> <p>5. Экспериментально и теоретически определить график нагрева теал при нестационарном режиме. (Краевые условия III рода).</p> <p>6. Проверить экспериментально и сравнить с теоретическими расчетами по уравнению Бернулли</p> <p>7. Рассчитать режимы тепловой работы кирпича регенеративной насадки рекуператора.</p> <p>8. Определить коэффициент теплопередачи в элементе рекуператора.</p>
ОПК-2.3	Анализирует и оценивает работоспособность предприятия (технических объектов, систем и процессов) с учетом социальных ограничений	<p>Перечень тем для курсового проекта:</p> <p>1. Рассчитать и спроектировать печь с шагающими балками для нагрева заготовок из стали 45 до температуры 12600С, размерами 0,265 x 0,265 x 6,5 м под прокатку, производительностью 55т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 91,0; N<sub>2</sub> – 1,0; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 3,0; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -2,0; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 2,0; CO<sub>2</sub> -1,0; W – 15г/см<sup>3</sup>; <math>\alpha</math> 1,18; <math>t_2</math> – 340 0С</p> <p>2. Рассчитать и спроектировать печь с шагающими балками для нагрева заготовок из стали 25 до температуры 12500С, размерами 0,21 x 0,21 x 4,4 м под прокатку, производительностью 77 т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 89,9; N<sub>2</sub> – 5.4; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 3,1; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -0,9; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 0,4; H<sub>2</sub>S -0.3; W -16 г/см<sup>3</sup>; <math>\alpha</math> 1,23; <math>t_2</math> – 400 0С</p> <p>3. Рассчитать и спроектировать трехзонную печь с шагающими балками для нагрева заготовок из стали 12ХНЗ до температуры 12600С, размерами 0,24 x 0,24 x 6,8 м под прокатку, производительностью 60 т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 92,9; N<sub>2</sub> – 0,2; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 2,8; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -3,7; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 0,2; CO<sub>2</sub> -0,2; W – 28г/см<sup>3</sup>; <math>\alpha</math> 1,06; <math>t_2</math> – 400 0С</p> <p>4. Рассчитать и спроектировать печь с шагающим подом для нагрева заготовок из стали 50 до температуры 11350С, размерами 0,27 x 0,27 x 3,9 м под прокатку, производительностью 130 т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 91,0; N<sub>2</sub> – 1,0; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 2,7; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -1,6; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 1,8; CO<sub>2</sub> -1,9; W – 20г/см<sup>3</sup>; <math>\alpha</math> 1,35; <math>t_2</math> – 300 0С</p> <p>5. Рассчитать и спроектировать трехзонную толкательную печь для нагрева заготовок из стали Ст3 до температуры 12100С, размерами 0,25 x 0,25 x 3,6 м под прокатку, производительностью 68 т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 60,0; N<sub>2</sub> – 2,0; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 10,0; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -7,0; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 20; CO<sub>2</sub> -1,0; W – 13г/см<sup>3</sup>; <math>\alpha</math> 1,10; <math>t_2</math> – 275 0С</p> <p>6. Спроектировать методическую двухзонную печь для нагрева заготовок из стали 40 до</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>температуры 10350С, размерами 0,13 x 0,13 x 4 м производительностью 37000 кг/час Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 81,0; N<sub>2</sub> – 4,0; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 2,0; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -6,0; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 5,0; CO<sub>2</sub> -2,0; W – 15г/см<sup>3</sup>; α 1,10; t<sub>г</sub> – 220 0С</p> <p>7. Рассчитать и спроектировать печь с шагающими балками для нагрева заготовок из стали Ст15 до температуры 11000С, размерами 0,21 x 0,21 x 2,8 м под прокатку, производительностью 48 т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 59,0; N<sub>2</sub> – 6,0; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 12,0; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -10,0; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 6,0; CO – 7,0; W – 19г/см<sup>3</sup>; α 1,2; t<sub>г</sub> – 300 0С</p> <p>8. Рассчитать и спроектировать печь с шагающим подом для нагрева заготовок из стали 10 до температуры 11150С, размерами 0,28 x 0,28 x 8,2 м под прокатку, производительностью 66 т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 85,0; N<sub>2</sub> – 4,0; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 4,0; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -5,0; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 4,0; CO<sub>2</sub> -1,0; W – 19г/см<sup>3</sup>; α 1,30; t<sub>г</sub> – 295 0С</p> <p>9. Рассчитать и спроектировать печь с шагающими балками для нагрева заготовок из стали Ст0 до температуры 12120С, размерами 0,37 x 0,37 x 3,9 м под прокатку, производительностью 95 т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 84,5; H<sub>2</sub> – 6,5; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 4,0; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -1,6; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 1,5; CO<sub>2</sub> -1,0; W – 21г/см<sup>3</sup>; α 1,20; t<sub>г</sub> – 295 0С</p> <p>10. Рассчитать и спроектировать печь с шагающим подом для нагрева заготовок из стали 40 до температуры 12850С, размерами 0,25 x 0,25 x 8,0 м под прокатку, производительностью 75 т/час. Топливо природный газ, состава в % CH<sub>4</sub> 91,0; N<sub>2</sub> – 1,0; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 2,7; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> -1,5; C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 1,8; CO<sub>2</sub> -1,9; W – 20г/см<sup>3</sup>; α 1,35; t<sub>г</sub> – 300 0С</p> <p>Образец задания на курсовой проект</p> <p>Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» Филиал МГТУ в г.Белорецк Кафедра металлургии и стандартизации</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p><b>ЗАДАНИЕ</b>  На курсовой проект по дисциплине:  «Металлургическая теплотехника»  Студент  профиль _____  Фамилия _____ Имя _____  Отчество _____  Срок проектирования  с _____ по _____  Руководитель курсовой работы _____ ст.  преподаватель Шишкова С.Г.  1. Тема курсового проекта: Рассчитать и спроектировать _____ печь для нагрева заготовок размерами _____ до _____ Со под прокатку. Производительность печи <math>P=</math> _____  Материал заготовок _____  Топливо: _____</p> <p>Природный газ следующего состава в %:  <math>CH_4=</math>  <math>N_2=</math>  <math>C_2H_6=</math>  <b>ОБРАЗЕЦ ЗАДАНИЯ</b>  <math>C_3H_8=</math>  <math>C_4H_{10}=</math>  <math>CO_2=</math></p> <hr/> <p><math>\Sigma 100\%</math>  Влажесодержание: <math>W=</math>  Коэффициент расхода воздуха: <math>\alpha =</math>  Температура подогрева воздуха: <math>t_w =</math>  2. Содержание проекта (какие граф. работы и расчеты должны быть выполнены)  1. Характеристика печи;  2. Расчет горения топлива;  Определить: низшую теплоту сгорания топлива-<math>Q_{PH}</math>, расход топлива на горение: теоретический <math>LQ</math>, практический <math>La</math>, выход продуктов горения: теоретический <math>V_0</math>, практический <math>V_a</math>, состав продуктов горения: жаропроизводительность топлива <math>toж</math>, калориметрическую температуру горения <math>tk</math>.  3. Определение температурного режима печи (температурный график нагрева);</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>4. Расчет внешнего теплообмена в рабочем пространстве печи;</p> <p>5. Определение времени нагрева изделий;</p> <p>6. Определение основных размеров печи;</p> <p>7. Составление теплового баланса печи;</p> <p>8. Расчет и выбор топлива сжигающих устройств;</p> <p>9. Расчет рекуператора;</p> <p>10. Выбор тягодутьевых устройств: вентиляторов, расчет дымовой трубы или эжектора;</p> <p>11. Составление технологических характеристик, оформление пояснительной записки и чертежа.</p>

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

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

***Показатели и критерии оценивания зачета:***

– на оценку «зачтено» – обучающийся показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е. знает основные виды применяемых металлургических печей, знает их преимущества и недостатки, может проводить расчеты для основных типов оборудования и узлов;

– «незачтено» – результат обучения не достигнут, обучающийся не может показать знание видов применяемых металлургических печей, знает их преимущества и недостатки, не может решать типовые задачи по расчету узлов применяемого оборудования.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Металлургическая теплотехника». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

***Показатели и критерии оценивания курсовой работы:***

– 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.