



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.  
Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института энергетики и  
автоматизированных систем  
С.И. Лукьянов  
2018г.

«17.09.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

Направление подготовки  
**22.03.02 Металлургия**

Профиль программы  
**Обработка металлов и сплавов давлением (метизное производство)**

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт	Энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению 22.03.02  
Металлургия, утвержденного приказом МОиН РФ от 04.12.2015г. № 1427.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем 25.09.2018, протокол № 2.

Зав. кафедрой  Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и  
автоматизированных систем 26.09.2018, протокол № 1.


Председатель  С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой

 А.Б. Моллер

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС

 С.В. Осколков

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ОАО «ММК», к.т.н.

 В.Н. Михайловский



## 1 Цели освоения дисциплины

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 в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина Б1.Б.18 «Металлургическая теплотехника» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы по направлению подготовки 22.03.02 – «Металлургия», для профиля подготовки «Обработка металлов и сплавов давлением (метизное производство)».

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

- Б1.Б.9 Математика
- Б1.Б.10 Физика
- Б1.Б.11 Химия
- Б1.Б.17 Теплофизика.

Знания, полученные студентами при изучении курса «Металлургическая теплотехника» необходимы для последующего освоения дисциплин: Б1.Б.22 Моделирование процессов и объектов в металлургии, Б1.В.ДВ.04.01 Коррозия и защита материалов, Б1.В.ДВ.04.02 Физические свойства материалов а также при выполнении научно-исследовательских работ и выпускной квалификационной работы.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

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

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

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

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля) «Металлургическая теплотехника»

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

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

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1 Раздел. Metallургические печи, теплогенерация в печах, основы теории горения.	5							
1.1 Введение. Назначение тепловых процессов и агрегатов. Общая схема металлургической печи.	5	4			7	Проработка лекционного материала (Пункт 6, тема 1.1)	Наличие конспектов лекций	ОПК-4-зув
1.2. Теплогенерация в печах. Виды энергии, используемой в печах	5	4	2	2	7	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Пункт 6, тема 1.2)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач	ОПК-4-зув
1.3. Основы теории горения, устройства для сжигания топлива, утилизация теплоты продуктов сгорания	5	4	8/4И	4/2И	6	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Пункт 6, тема 1.3)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач	ОПК-4-зув
<b>Итого по разделу 1</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>10/4И</b>	<b>6/2И</b>	<b>20</b>			
2 Раздел. Внешний и внутренний теплообмен	5							

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в acad. часах)			Самостоятельная работа (в acad. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
2.1. Внешний и внутренний теплообмен в рабочем пространстве печей	5	2	2	2	5	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Пункт 6, тема 2.1)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач	ОПК-4-зув
2.2. Движение жидкости и газов в технологических агрегатах черной и цветной металлургии	5	4	2	2/2И	5	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Пункт 6, тема 2.2)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач	ОПК-4-зув
<b>Итого по разделу 2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4/2И</b>	<b>10</b>			
3 Раздел. Основные типы промышленных печей	5							
3.1. Материалы, используемые в конструкциях высокотемпературных агрегатов	5	4		4/2И	10	Проработка лекционного материала; решение задач (Пункт 6, тема 3.1)	Наличие конспектов лекций; сдача практических задач	ОПК-4-зув
3.2. Основы технологии нагрева металла, выбор рациональных температурных и тепловых режимов	5	4	3/2И	3	10	Проработка лекционного материала; подготовка отчета к лабораторной работе; решение задач (Пункт 6, тема 3.2)	Наличие конспектов лекций; сдача отчета по лабораторной работе; сдача практических задач	ОПК-4-зув
3.3. Теплообменные аппараты и их сравнительная оценка	5	4			10	Проработка лекционного материала (Пункт 6, тема 3.3)	Наличие конспектов лекций	ОПК-4-зув
3.4. Основные типы промышленных печей и важнейшие характеристики их тепловой работы	5	4			10,8	Проработка лекционного материала (Пункт 6, тема 3.4)	Наличие конспектов лекций	ОПК-4-зув
<b>Итого по разделу 3</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>3/2И</b>	<b>7/2И</b>	<b>40,8</b>			
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>5</b>	<b>34</b>	<b>17/6И</b>	<b>17/6И</b>	<b>70,8</b>		<b>Промежуточная аттестация (экзамен, курсовой проект)</b>	

## **5 Образовательные и информационные 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**

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения и проработки конспектов, литературы и электронных образовательных ресурсов с необходимыми консультациями преподавателя.

Целью текущего контроля знаний обучающихся является проверка ритмичности работы студентов, оценка усвоения теоретического, практического материала и приобретенных знаний, умений и владений. Текущий контроль обеспечивается:

- опросом студентов на лекциях и практических занятиях;
- допуском к выполнению лабораторных заданий и защитой результатов их выполнения (минимальный уровень знаний оценивается по контрольным вопросам);
- ежемесячной аттестацией студентов по результатам посещения лекционных занятий, выполнения и защиты практических заданий, опроса на занятиях, выполнения контрольных заданий по теоретическому материалу.

Входной контроль подготовки к практическим занятиям и контроль усвоения материала производится в течение всего семестра с периодичностью 1 раз в 1-2 недели. Входной контроль подготовки к лекции производится в течение всего семестра в начале каждой лекции. Промежуточный контроль усвоения лекционного материала производится 2 раза в семестре путем проведения контрольных работ. Итоговый контроль – экзамен.



### 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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Эталон	1
		SiO <sub>2</sub>	Эталон	
		CaO	Эталон	
		CO <sub>2</sub>		
		SO <sub>2</sub>		
		N <sub>2</sub>		
4	Какая сера, содержащаяся в топливе, не участвует в горении?	органическая		2
		колчеданная		
		сульфатная	Эталон	
		органическая и колчеданная		
5	Химический анализ топлива по элементному составу применяют	для твердого топлива	Эталон	3
		для жидкого топлива	Эталон	
		для газообразного топлива искусственного происхождения		
		для газообразного топлива естественного происхождения		
		для смеси газообразных топлив		
6	Какая часть влаги, содержащейся в топливе, теряется при сушке?	гигроскопическая		2
		внешняя, удерживаемая механически	Эталон	
		химически связанная		
		гигроскопическая и химически связанная		
7	Какая теплота сгорания топлива соответствует	высшая теплота сгорания		2

	действительному количеству теплоты, выделяемой при сгорании в печах и топках?	низшая теплота сгорания	Эталон	
		при сжигании с недостатком воздуха		
		при обогащении дутья кислородом		
		при сжигании с избытком воздуха		
8	В каком виде твердого топлива содержание углерода в составе органической массы может достигать 80-96%?	древесина		2
		торф		
		бурые угли		
		каменные угли	Эталон	
		горючие сланцы		
9	Какому газообразному топливу с теплотой сгорания 3,5-4,0 МДж/м <sup>3</sup> соответствует примерный состав: 9-14% CO <sub>2</sub> ; 25-30% CO; 57-58% N <sub>2</sub> ; остальное - CH <sub>4</sub> и H <sub>2</sub> .	доменный (колошниковый) газ	Эталон	2
		коксовый газ		
		коксодоменная смесь		
		природный газ		
		смесь доменного и природного газов		
		смесь коксового и природного газов		
10	Теплота сгорания условного топлива:	7000 кДж/кг		2
		29,3 МДж/кг	Эталон	
		29,3 ккал/кг		
		35,5 МДж/кг		
11	Интервал значений «пирометрического коэффициента» для ориентировочного определения действительной температуры в печах и топках:	0,55-0,65		3
		0,65-0,85	Эталон	
		0,85-0,95		
		0,95-1,05		
		0,35-0,45		
		0,45-0,55		
12	Наибольшее количество теплоты, которое печь может нормально (без недожога топлива в рабочем пространстве) усвоить, называется:	тепловой нагрузкой печи		3
		тепловой мощностью печи	Эталон	
		тепловым режимом печи		
		коэффициентом использования тепла		
		коэффициентом полезного действия		
13	Удельная производительность (напряженность пода печи) характеризует:	интенсивность работы печи	Эталон	3
		интенсивность тепловыделения в печи		
		часовой объем производства		
		% выхода годного продукта		
		размеры рабочего пространства агрегата		
14	Что учитывается в статье «теплота	все химические реакции, идущие с положительным		2

	экзотермических реакций» приходной части теплового баланса теплотехнических агрегатов?	тепловым эффектом		
		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 основной 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	Эталон	

		решетку или дроссельную шайбу		
		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 «Обработка металлов и сплавов давлением (метизное 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.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-4 готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные определения и понятия базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин;</li> <li>- фундаментальные основы естественнонаучных дисциплин, основные методы решения типовых задач по известным алгоритмам и правилам;</li> <li>- основные закономерности процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, агрегатам и оборудованию переработки (обогащения) минерального сырья, производства обработки черных и цветных металлов.</li> </ul>	<p>Список контрольных вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды топлива и их состав. Условное топливо.</li> <li>2. Основные характеристики топлива.</li> <li>3. Устройства для сжигания топлива.</li> <li>4. Содержание и последовательность расчетов горения топлива.</li> <li>5. Нагрев дуговой и плазменный. Назначение, области эффективного применения.</li> <li>6. Нагрев индукционный. Назначение, области эффективного применения</li> <li>7. Нагрев электросопротивлением и электроннолучевой. Назначение, области эффективного применения</li> <li>8. Основные закономерности механики печных газов.</li> <li>9. Свободные и частично ограниченные струйные течения.</li> <li>10. Ограниченные струйные течения. Инжектор и эжектор.</li> <li>11. Виды движения газов в печах.</li> <li>12. Потери энергии при движении газов.</li> <li>13. Коэффициент теплопроводности сталей и факторы, влияющие на него.</li> <li>14. Влияние условий охлаждения металла на его свойства.</li> <li>15. Основы теории подобия и моделирования теплотехнических и теплоэнергетических процессов и оборудования.</li> </ol>
Уметь	<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>	<p>Примеры задач:</p> <p>Пример 1. Определить температуру в центре сляба из малоуглеродистой стали толщиной <math>b=0.3\text{ м}</math>, нагреваемого в методической зоне печи с шагающим подом с <math>t_{\text{пов}} = 0^{\circ}\text{C}</math> до <math>t_{\text{пов}} = 600^{\circ}\text{C}</math>, если температура продуктов сгорания в зоне печи меняется от <math>800^{\circ}\text{C}</math> до <math>1300^{\circ}\text{C}</math> в конце зоны. Средний коэффициент теплоотдачи принять <math>100\text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}</math></p> <p>Пример 2. Рассчитать рекуператор для подогрева воздуха для следующих условий: температура воздуха на входе – выходе рекуператора: <math>0\text{--}450^{\circ}\text{C}</math>, температура дыма на входе в рекуператор - <math>1050^{\circ}\text{C}</math>, расход газа на отопление печи <math>V=5.46\text{ м}^3/\text{с}</math>, количество дыма на входе в рекуператор <math>V=34.9\text{ м}^3/\text{с}</math>. Состав дымовых газов: <math>\text{N}_2=72\%</math>, <math>\text{CO}_2=11\%</math>, <math>\text{H}_2\text{O}=17\%</math></p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками использования элементов проектирования</li> <li>- навыками и методиками</li> </ul>	<p>Варианты заданий для выполнения курсового проекта:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства								
	обобщения результатов проектирования - способами совершенствования профессиональных знаний и умений проектирования путем использования возможностей информационной среды.	Тепловой расчет нагревательной печи								
	Марка стали	Размер заготовки, $\delta \times b \times l, \text{мм}$	$t_{\text{пов}}^{\text{кон}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	Р, 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	МТ		
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		
7	Хромоникелевая	100x100x4000	1180	50	30	10	12	ШС		
8	Ст.40	120x120x6000	1200	70	30	20	0	ШС		
9	30Х	D150x1500	1190	35	25	18	20	МВР		
10	Ст.40	160x1000x4000	1200	45	10	12	15	ШТ		
11	30Х	120x1000x6000	1170	60	15	10	0	МТ		
12	Ст.40	140x100x4000	1180	70	20	11	20	ШТ		
13	Ст.40	120x1000x6000	1200	45	15	7	20	МТ		
14	Хромоникелевая	120x100x4000	1190	50	20	10	10	ШС		
15	30Х	140x1000x6000	1190	40	35	30	12	МТ		
16	X18H98	D200x1800	1180	30	10	30	15	МВР		
17	Ст.40	130x100x4000	1190	60	17	17	0	МТ		
18	30Х	120x1000x6000	1200	45	30	30	20	МТ		
19	1X18H9T	D120x6000	1180	50	22	22	10	ШС		
20	Сталь ст3	---	720	садка 40 т	20	9	60	ОК		
21	08кп	---	720	садка 110 т	22	15	60	ТК		
22	Ст.40	70x150x4000	1190	30	25	30	10	ШС		
23	30Х	100x120x4000	1190	35	25	18	20	ШС		
ПРИМЕЧАНИЕ: $\delta$ - 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										



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства												
		Состав топлива												
		№ варианта	СОСТАВ СУХОГО ГАЗА, объемные %									Коэф-ент расхода воздуха,п	Темп. подогрева воздуха,°C	
			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
		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.

## 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 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. 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:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Стандартные		
Microsoft Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
Microsoft Office 2007	№135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяемое	бессрочно
Дополнительные		
Microsoft Windows 10 Pro	Д-1227 от 8.10.2018	11.10.2021

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp) (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . –URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.

6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.

8. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

9. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

10. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

11. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

12. Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

13. Архив научных журналов: сайт / Национальный электронно-информационный концорциум. – Москва: НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

14. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

15. РУКОНТ: национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
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	Персональные компьютеры с пакетом MS Office,

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся	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.