

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра цифровых технологий и машин в литейном производстве

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики

 Могильная Е.П.
« 12 » 04 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Металлургическая теплотехника»

По направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy
Профиль: «Литейное производство черных и цветных металлов и сплавов»

Луганск - 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Металлургическая теплотехника» по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия. – 21 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Металлургическая теплотехника» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 № 702.

СОСТАВИТЕЛЬ:

ст. преподаватель Медведчук С.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры цифровые технологии и машины в литейном производстве «11» 04 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой цифровых технологий
и машин в литейном производстве _____

Гутько Ю.И.

Переутверждена: « » _____ 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3

Председатель учебно-методической комиссии
института технологий и инженерной механики _____

Ясупик С.Н.

Структура и содержание дисциплины

1. Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в базовую часть профессионального цикла дисциплин подготовки бакалавров по направлению 22.03.02 Metallurgy.

Дисциплина реализуется кафедрой промышленного и художественного литья.

Основывается на базе дисциплин: «Химия», «Физика», «Математика», «Физическая химия и металлургические технологии».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Теория металлургических процессов», «Теория металлургических процессов», «Металлургические печи» «Проектирование новых и реконструкция действующих цехов».

Цели и задачи дисциплины.

Целью дисциплины изучение тепловых процессов при производстве и обработке металлов и применение закономерностей технической термодинамики, механики жидкостей и газов, тепло- и массообмена для их анализа и расчёта; топливо и его сжигание; огнеупорные и теплоизоляционные материалы; способы и устройства для использования вторичных энергоресурсов; экологические аспекты сжигания топлива и утилизации вторичных энергоресурсов;

Задачами изучения дисциплины «Металлургическая теплотехника» является:

изучение теплофизических процессов, которые представляют собой стержень современной черной и цветной металлургии, и практическое использование полученных знаний.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина включает в себя следующие основные разделы и темы:

Предмет и методы изучения металлургической теплотехники. Топливо, используемое в металлургических печах. Физические и химические процессы при горении топлива. Основные понятия механики печных газов. Основы теории подобия и моделирования. Основы теплопередачи. Передача тепла конвекцией и излучением. Передача тепла через стенки металлургических печей. Конструкции печей. Классификация печей.

Виды контроля по дисциплине: экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6,0 зачетных единиц, 216 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ч.), практические (36 ч.), занятия и самостоятельная работа студента (144 ч.).

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-4. Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-4.1. Проводит измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности.	Знать: сущность тепловых процессов при производстве и обработке металлов; закономерности технической термодинамики, механики жидкостей и газов, тепло- и массообмена, тепло генерации; свойства огнеупорных и тепло-изоляционных материалов, способы и устройства для использования вторичных энергоресурсов, экологические аспекты сжигания топлива и утилизации вторичных энергоресурсов; конструкции печей, используемых в основных переделах черной и цветной металлургии
		Уметь: использовать полученные при прохождении дисциплины знания для анализа теплотехнических характеристик тепловых агрегатов металлургии; производить расчет основных процессов технической термодинамики, механики жидкостей и газов, тепло- и массообмена; выбирать для конкретных задач виды топлива и устройства для его сжигания, огнеупорные и теплоизоляционные материалы, устройства для использования вторичных энергоресурсов
		Владеть: навыками расчета и проектирования металлургических печей различного технологического назначения

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	216 (6 зач. ед)	216 (6 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	72	10
Лекции	36	6
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	36	4
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа 5семестр	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	144	206
Итоговая аттестация	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Виды топлива и энергии, их исследование в печах и сушилах

План:

1. Характеристика топлива.
2. Основы теории горения и расчеты горения топлива.
3. Устройства для сжигания топлива.
4. Использование электрической энергии в печах и сушилах.

Тема 2. Основы механики печных газов.

План:

1. Статистика и динамика газов.
2. Движение газов в печах и сушилах.

Тема 3. Основы теплопередачи.

План:

1. Характеристика процесса теплопередачи.
2. Теплоемкость.
3. Конвекция.
4. Тепловое излучение.
5. Теплопередача в печах.

Тема 4. Нагрев металла.

План:

1. Окисление и обезуглероживание металла.
2. Расчет нагрева металла.

Тема 5. Материалы и строительные элементы печей.

План:

1. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы.
2. Строительные элементы печей.
3. Утилизация теплоты продуктов горения.

Тема 6. Печи и сушила, применяемые в литейных цехах.

План:

1. Классификация и общая характеристика тепловой работы печей.
2. Вагранки.
3. Пламенные плавильные печи и конвекторы.
4. Дуговые печи.
5. Индукционные плавильные печи.
6. Электронно-лучевые и плазменные печи.
7. Нагревательные печи.
8. Сушила.
9. Техника безопасности и противопожарная защита.

4.3. Лекции

Номер темы	Наименование темы и ее краткое содержание	Объем, час.	
		Днев- ное	Заочное
1	2	3	4
1	Определение и классификация топлива. Химический состав топлива. Теплота сгорания топлива. Твердое, жидкое и газообразное топливо.	2	2
2	Характеристика процессов горения. Расчеты горения топлив.	2	2
3	Сжигание твердого топлива. Форсунки для сжигания жидкого топлива. Горелки для сжигания газа.	2	2
4	Нагревательные элементы сопротивления. Электрическая дуга. Плазменный нагрев. Электронно-лучевой нагрев.	2	
5	Понятие о механике газов. Определение давлений. Уравнение Бернулли. Определение потерь давления. Истечение газа через отверстие.	2	
6	Струйное движение газов. Движение газов в рабочем пространстве печей и сушил. Устройства для создания тяги в печах. Понятия о теории подобия.	2	
7	Температурное поле. Виды теплопередачи. Теплопроводность цилиндрической стенки. Нестационарная теплоемкость.	2	
8	Понятие конвекции. Конвекция при свободном движении. Конвекция при вынужденном движении. Теплообмен в кипящем слое.		

1	2	3	4
9	Понятие излучения. Основные законы теплового излучения. Теплопередачи излучением между твердыми телами. Излучение газов. Излучение в индукционных печах.	2	
10	Теплопередача от одного газа к другому. Интенсификация теплопередачи.	2	
11	Причины, вызывающие окисление и обезуглероживание металла. Методы борьбы с окислением и обезуглероживанием металла.	2	
12	Тела термически тонкие и массивные. Нагрев термически тонких тел. Нагрев термически массивных тел. Основы рациональной технологии нагрева металла.	2	
13	Назначение и роль огнеупорных и теплоизоляционных материалов. Классификация огнеупоров. Их состав и основные свойства. Сырье для производства огнеупоров и основы технологии производства. Служба огнеупоров в металлургических печах. Общие сведения о теплоизоляционных материалах и их применении.	2	
14	Строительные материалы, металлы и жаростойкие сплавы. Предварительный подогрев металла. Рекуператоры. Регенераторы.	2	
15	Классификация печей. Тепловая работа печей.	2	
16	Конструкции и работа вагранки. Горение топлива и плавление металла в вагранке. Модификации вагранок. Расчет вагранки.	2	
17	Мартеновские печи, конвекторы. Дуговые печи переменного и постоянного тока. Индукционные тигельные и каналные печи.	2	
18	Электронно-лучевые и плазменные печи. классификация нагревательных печей. Тепловой баланс печи. Конструкции и тепловой расчет сушил. Техника безопасности и противопожарная защита	2	

4.4. Практические занятия.

Номер занятия	Наименование темы и ее краткое содержание	Объем, час	
		Дневное	Заочное
1	2	3	4
1	Расчет теплоты сгорания топлива по их составу.	2	2
2	Расчет горения твердого топлива.	2	2
3	Расчет горения жидкого топлива.	2	

1	2	3	4
4	Расчет горения газообразного топлива	2	
5	Расчет материального баланса горения топлива.	2	
6	Определение температуры горения топлива	2	
7	Выбор устройств для сжигания топлива.	2	
8	Определение истечения газов через отверстия.	4	
9	Расчет аэродинамических характеристик газоходной системы.	4	
10	Определение теплопроводности в различных средах.	2	
11	Расчет нагрева металла	2	
12	Тепловой расчет рекуператора и регенератора	4	
13	Расчет индукционной тигельной печи.	2	
14	Расчет канальной печи.	2	
15	Расчет процесса сушки воздухом.	2	

4.5. Самостоятельная работа студентов.

№ темы	Наименование темы (раздела). Краткое содержание изучаемого материала	Вид СРС	Объем, час.	
			Очная форма	Заочная форма
1	Предмет и методы изучения металлургической теплотехники. Классификация топливных и электрических металлургических печей. Виды топлива и энергии и их использование в металлургических печах, основы теплопередачи, нагрев и плавление металла.	написание реферата	6	6
2	Физические и химические процессы при горении топлива. Гомогенное и гетерогенное горение. Особенности горения жидких, газообразных и твердых топлив. Тепло- и массоперенос на поверхности капли жидкого топлива. Выделение летучих веществ из твердого топлива и его влияние на процесс горения		6	6
3	Расчет горения твердого и жидкого топлива. Цель и задачи расчета горения топлива при конструировании металлургических печей. Определение количества воздуха для горения единицы топлива, состава и количества продуктов горения Расчет теплоты сгорания твердого и жидкого топлив по их элементарному составу.		8	8

4	Основные понятия и особенности использования математического аппарата механики газов для изучения работы металлургических печей. Статическое, геометрическое и динамическое давление газов. Уравнение Бернулли.. Движение газов в рабочем пространстве металлургических печей. Рациональная организация газового режима нагревательных печей.	написание реферата	6	6
5	Элементы теории пограничного слоя. Физический механизм возникновения пограничного слоя при движении жидкостей и газов вдоль твердых поверхностей. Ламинарный и турбулентный режимы течения, их физическая природа и влияние на параметры пограничного слоя. Распределение скоростей в пограничном слое при течении вдоль плоской пластины. Влияние параметров геометрии обтекаемого тела и его шероховатости на структуру пограничного слоя.		6	6
6	Тепловое поле, температурный градиент, удельный тепловой поток, стационарные и нестационарные процессы теплообмена. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение, их физический механизм.		6	6
7	Численные методы решения уравнения теплопередачи. Общая характеристика особенностей и сферы применения численных методов решения уравнений теплопроводности. Сравнительный анализ методов конечных разностей и конечных элементов. Постановка и решение задачи нестационарной теплопроводности пластины методом конечных разностей. Математическая формулировка задачи, ее краевые и начальные условия.		6	6
8	Передача тепла конвекцией и излучением. Физическая природа конвекции. Тепловой обмен между твердой стенкой и жидкостью или газом. Закон конвективного теплообмена Ньютона. Коэффициент теплопередачи конвекцией и его зависимость от свойств твердого тела и параметров движущегося газа. Конвекция при свободном и вынужденном движении газа. Теплоотдача расплавленных металлов.		6	6
9	Передача тепла через стенки металлургических печей. Стационарные и нестационарные процессы.	написание реферата	6	6

	нарные процессы теплообмена в стенках металлургических печей. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки, определение потерь тепла через плоскую стенку в режимах стационарной и нестационарной теплопроводности.			
10	Нагрев металла. Окисление и обезуглероживание металла при его нагреве. Структура и химический состав окалины нагреваемой стали. Физико-химический механизм образования окислов на металлах. Скорость окисления металла и ее зависимость от физических свойств окалины. Угар при нагреве углеродистой стали и меры по его уменьшению. Обезуглероживание стали при нагреве. Влияние обезуглероженного слоя на механические свойства стали. Температура и режим нагрева металла. Перегрев и пережог. Равномерность нагрева металла в металлургических печах. Режимы нагрева металла и их расчет. Основы рациональной технологии нагрева металла.		8	8
11	Разработка конструкции машины	чертеж конструкции горелочного устройства	44	106
	Курсовая работа	Курсовая работа	36	36
	Итого:		144	206

4.6. Курсовая работа.

Курсовой проект должна показать умение студента работать самостоятельно, творчески мыслить, применяя знания математики, физики, общетехнических и фундаментальных дисциплин, а также навыки работы с ПК.

Типовой курсовой проект включает графическую часть (один лист формата А1, представляющий эскизный проект общего вида выбранного горелочного устройства) и расчетно-пояснительную записку объемом 20...25 страниц.

Примерная тема курсового проекта: Для указанного состава природного газа произвести расчёт горения. Определить теплоту сгорания топлива, количество воздуха необходимого для горения, составить материальный баланс процесса горения, рассчитать плотности продуктов горения, теплосодержание продуктов горения и калориметрической температуры горения, изучить влияние коэффициента расхода воздуха на состав продуктов горения. На основе полученных данных выбрать устройство для сжигания топлива, обосновав его выбор. Выполнить чертеж выбранного устройства для сжигания топлива и описать его работу.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим занятиям;
- технология коллективного взаимодействия, в том числе совместное решение проблемных задач;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов;
- технология адаптивного обучения, в том числе проведение консультаций преподавателя.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; опережающая самостоятельная работа; междисциплинарное обучение; проблемное обучение; исследовательский метод.

Работа в команде: совместная работа студентов в группе при выполнении оформления научных работ, совместное получение навыков при самопрезентации и проведении защиты научных докладов.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. . Metallurgicheskaya teplo tekhnika. T.1. Teoreticheskie osnovy\ Кривандин В. А., Арутюнов В. А., Мaстрюков Б. С. и др. М.: Металлургия, 1986. – 424 с.
2. Зобнин Б. Ф. Теплотехнические расчеты металлургических печей. М.: Металлургия, 1982. – 360 с.
3. Кривандин В. А. Тепловая работа и конструкция печей черной металлургии. М.: Металлургия, 1989. – 462 с.
4. Арутюнов В. А. Металлургическая теплотехника. М.: Металлургия, 1984. 672 с.
5. Глинков М. А. Общая теория работы тепловых печей. М.: Металлургия, 1990. – 232 с.
6. Кривандин В. А., Марков Б. Л. Металлургические печи. М.: Металлургия, 1987. – 464 с.=
7. Долотов Г.П. Печи и сушила литейного производства. Москва. Машиностроение, 1984.– 232 с.
8. Арутюнов В. А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей. М.: Металлургия, 1990. – 240 с.

9. Тимошпольский В. И. Прикладные задачи металлургической теплофизики. Минск.: Наука и техника, 1991. – 320 с. Набойченко С.С. Процессы и аппараты цветной металлургии. Учебник для вузов/ С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич и др. Екатеринбург, УГТУ, 1997. 648 с.

б) дополнительная литература

3.Кривандин В.А. Металлургическая теплотехника. В 2-х томах. т.1. Теоретические основы. Учебник для вузов /В.А. Кривандин, В.А. Арутюнов, Б.С. Мاستрюков и др., М.: Металлургия, 1986. 424 с.

4. Кривандин В.А. Металлургическая теплотехника. В 2-х томах. т.2. Конструкция и работа печей. Учебник для вузов /В.А. Кривандин, И.И. Неведомская, В.В. Кобахидзе и др. М.: Металлургия, 1986. 592 с.

в) программное обеспечение

1. Компьютерные презентации («Металлургическое оборудование»);

2. Физические модели металлургических агрегатов;

3. Образцы огнеупоров.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Операционные системы Windows, стандартные офисные программы, электронно-поисковая база по металлургии цветных металлов.

10. Методические указания по выполнению курсового проекта

« Исследование процесса сжигания металлургического топлива»

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

На лекционных занятиях используются раздаточный материал, наглядные пособия, мультимедийный проектор для показа презентаций, стендовых докладов, имеется экран, компьютер.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird

Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

оценочных средств по учебной дисциплине

«Металлургическая теплотехника»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п / п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-4	Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-4.1. Проводит измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности.	Тема 1. Определение и классификация топлива. Химический состав топлива. Теплота сгорания топлива. Твердое, жидкое и газообразное топливо. Тема 2. Характеристика процессов горения. Расчеты горения топлив. Тема 3. Сжигание твердого топлива. Форсунки для сжигания жидкого топлива. Горелки для сжигания газа. Тема 4. Нагревательные элементы сопротивления. Электрическая дуга. Плазменный нагрев. Электронно-лучевой нагрев. Тема 5. Понятие о механике газов. Определение давлений. Уравнение Бернулли. Определение потерь давления. Истечение	

				газа через отверстие.	
				Тема 6. Струйное движение газов. Движение газов в рабочем пространстве печей и сушил. Устройства для создания тяги в печах. Понятия о теории подобия.	
				Тема 7. Температурное поле. Виды теплопередачи. Теплопроводность цилиндрической стенки. Нестационарная теплоемкость.	
				Тема 8. Понятие конвекции. Конвекция при свободном движении. Конвекция при вынужденном движении. Теплообмен в кипящем слое.	
				Тема 9. Понятие излучения. Основные законы теплового излучения. Теплопередачи излучением между твердыми телами. Излучение газов. Излучение в индукционных печах.	
				Тема 10. Теплопередача от одного газа к другому. Интенсификация теплопередачи.	
				Тема 11. Причины, вызывающие окисление и обезуглероживание металла. Методы борьбы с окислением и обезуглероживанием металла.	
				Тема 12. Тела термически тонкие и массивные. Нагрев термически тонких тел. Нагрев термически массивных тел. Основы рациональной технологии нагрева металла.	
				Тема 13. Назначение и роль огнеупорных и теплоизоляционных материалов. Классификация огнеупоров. Их состав и основные свойства. Сырье для производства огне-	

				упоров и основы технологии производства. Служба огнеупоров в металлургических печах. Общие сведения о теплоизоляционных материалах и их применении.	
				Тема 14. Строительные материалы, металлы и жаростойкие сплавы. Предварительный подогрев металла. Рекуператоры. Регенераторы.	
				Тема 15. Классификация печей. Тепловая работа печей.	

**Показатели и критерии оценивания компетенций,
описание шкал оценивания**

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-4. Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	Проводит измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности.	Знать: сущность тепловых процессов при производстве и обработке металлов; закономерности технической термодинамики, механики жидкостей и газов, тепло- и массообмена, тепло генерации; свойства огнеупорных и теплоизоляционных материалов, способы и устройства для использования вторичных энергоресурсов, экологические аспекты сжигания топлива и утилизации вторичных энергоресурсов;	Тема 1 - 15	Темы для обсуждения (в виде докладов и сообщений), вопросы к контрольным работам, задания к практическим занятиям, задания к самостоятельной работе, вопросы к экзамену.

			конструкции печей, используемых в основных переделах черной и цветной металлургии Уметь: использовать полученные при прохождении дисциплины знания для анализа теплотехнических характеристик тепловых агрегатов металлургии; производить расчет основных процессов технической термодинамики, механики жидкостей и газов, тепло- и массообмена; выбирать для конкретных задач виды топлива и устройства для его сжигания, огнеупорные и теплоизоляционные материалы, устройства для использования вторичных энергоресурсов Владеть: навыками расчета и проектирования металлургических печей различного технологического назначения		
--	--	--	---	--	--

**Фонды оценочных средств по дисциплине
«Металлургическая теплотехника»**

Темы для обсуждения (в виде докладов и сообщений):

1. Предмет и методы изучения металлургической теплотехники.

2. Классификация топливных и электрических металлургических печей. Виды топлива и энергии и их использование в металлургических печах, основы теплопередачи, нагрев и плавление металла.
3. Физические и химические процессы при горении топлива. Гомогенное и гетерогенное горение. Особенности горения жидких, газообразных и твердых топлив. Тепло- и массоперенос на поверхности капли жидкого топлива. Выделение летучих веществ из твердого топлива и его влияние на процесс горения
4. Расчет горения твердого и жидкого топлива. Цель и задачи расчета горения топлива при конструировании металлургических печей. Определение количества воздуха для горения единицы топлива, состава и количества продуктов горения Расчет теплоты сгорания твердого и жидкого топлив по их элементарному составу.
5. Основные понятия и особенности использования математического аппарата механики газов для изучения работы металлургических печей. Статическое, геометрическое и динамическое давление газов. Уравнение Бернулли. Движение газов в рабочем пространстве металлургических печей. Рациональная организация газового режима нагревательных печей.
6. Элементы теории пограничного слоя. Физический механизм возникновения пограничного слоя при движении жидкостей и газов вдоль твердых поверхностей. Ламинарный и турбулентный режимы течения, их физическая природа и влияние на параметры пограничного слоя. Распределение скоростей в пограничном слое при течении вдоль плоской пластины. Влияние параметров геометрии обтекаемого тела и его шероховатости на структуру пограничного слоя.
7. Тепловое поле, температурный градиент, удельный тепловой поток, стационарные и нестационарные процессы теплообмена. Виды теплопередачи: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение, их физический механизм.
8. Численные методы решения уравнения теплопередачи. Общая характеристика особенностей и сферы применения численных методов решения уравнений теплопроводности. Сравнительный анализ методов конечных разностей и конечных элементов. Постановка и решение задачи нестационарной теплопроводности пластины методом конечных разностей. Математическая формулировка задачи, ее краевые и начальные условия.
9. Передача тепла конвекцией и излучением. Физическая природа конвекции. Тепловой обмен между твердой стенкой и жидкостью или газом. Закон конвективного теплообмена Ньютона. Коэффициент теплопередачи конвекцией и его зависимость от свойств твердого тела и параметров движущегося

газа. Конвекция при свободном и вынужденном движении газа. Теплоотдача расплавленных металлов.

10. Передача тепла через стенки металлургических печей. Стационарные и нестационарные процессы теплообмена в стенках металлургических печей. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенки, определение потерь тепла через плоскую стенку в режимах стационарной и нестационарной теплопроводности.

11. Нагрев металла. Окисление и обезуглероживание металла при его нагреве. Структура и химический состав окалины нагреваемой стали. Физико-химический механизм образования окислов на металлах. Скорость окисления металла и ее зависимость от физических свойств окалины. Угар при нагреве углеродистой стали и меры по его уменьшению.

12. Обезуглероживание стали при нагреве. Влияние обезуглероженного слоя на механические свойства стали.

13. Температура и режим нагрева металла. Перегрев и пережог. Равномерность нагрева металла в металлургических печах. Режимы нагрева металла и их расчет. Основы рациональной технологии нагрева металла.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – доклад, сообщение

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Доклад (сообщение) представлен(о) на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Доклад (сообщение) представлен(о) на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Доклад (сообщение) представлен(о) на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Доклад (сообщение) представлен(о) на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Вопросы к контрольным работам:

1. Что называется процессом горения?
2. Какие вещества относятся к топливу? Какие требования к ним предъявляются?
3. По каким признакам и как классифицируют топливо?
4. Какие виды анализов топлива Вы знаете? Что определяется каждым видом анализа?

5. Почему химический анализ твердого и жидкого топлива называют также элементарным?
6. Какие компоненты входят в состав различных видов топлива?
7. Какие минеральные примеси входят в состав твердого топлива? Дайте их характеристику.
8. Запишите рабочий состав твердого или жидкого топлива.
9. Какие массы топлива Вы знаете? Как осуществляется пересчет состава из одной массы в другую?
10. Запишите состав влажного газообразного топлива. Как осуществляется пересчет состава сухого газа на влажный ?
11. Что включают в себя расчеты горения топлива?
12. Каков состав атмосферного воздуха? Какой воздух называется обогащенным?
13. Дайте определение теплоты сгорания топлива.
14. Что означает термин "полное сгорание топлива" ?
15. Что называется высшей теплотой сгорания?
16. Что называется низшей теплотой сгорания?
17. На какую величину отличается высшая теплота от низшей теплоты сгорания?
18. Что называется недожогом топлива?
19. Назовите виды и причины недожога.
20. Дайте понятие условного топлива. С какой целью введено это понятие?
21. Как определить удельный расход кислорода для сгорания горючих компонентов твердого или жидкого топлива? Приведите пример.
22. Дайте определение коэффициентов расхода и избытка воздуха. От чего они зависят?
23. Как определить удельный расход кислорода для сгорания горючих компонентов газообразного топлива? Приведите пример.
24. От чего зависит действительный расход воздуха для сгорания топлива?
25. Из чего состоят газообразные продукты сгорания топлива? Поясните источники этих продуктов.
26. Как определить объем и состав дыма от сгорания жидкого топлива?
27. Как определить объем и состав дыма от сгорания газообразного топлива?
28. Как и с какой целью составляется материальный баланс горения топлива?
29. Что называется температурой горения топлива?
30. Какие виды температур горения топлива Вы знаете? Дайте их определение.
31. Какие факторы и как влияют на действительную температуру горения?
32. Дайте определение теплоемкости и энтальпии дыма. Какова их размерность?

33. Какие виды твердого топлива используются в металлургии? Дайте их характеристику.
34. Что включают в себя летучие вещества? Какова их роль в горении твердого топлива?
35. Дайте характеристику топочных мазутов. Какие основные свойства влияют на процесс сжигания мазута?
36. Поясните процессы, протекающие в факеле горения жидкого топлива.
37. Какие виды газообразного топлива используются в металлургии?
38. Почему некоторые газы используются в основном в смеси с другими газами?
39. Что называется пламенем?
40. Какие способы сжигания твердого топлива Вы знаете? Поясните суть каждого из них.
41. Дайте определение гомогенного и гетерогенного процессов горения.
42. Чем объясняется протекание процессов горения в кинетическом или диффузионном режиме? Приведите примеры такого горения.
43. Объясните процесс воспламенения топлива с точки зрения теплового и цепного механизмов горения.
44. Что называется фронтом горения, от чего зависит скорость его перемещения?
45. Какие требования предъявляются к пламени горящего топлива?
46. Как можно увеличить излучательную способность факела?
47. В чем отличие аэродинамической и химической длины факела, от чего они зависят?
48. Как называются устройства используемые для сжигания газообразного топлива?
49. Как называются устройства используемые для сжигания жидкого топлива?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – *контрольная работа*

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Практические задания:

- 1 Расчет теплоты сгорания топлива по их составу.
- 2 Расчет горения твердого топлива.

- 3 Расчет горения жидкого топлива.
- 4 Расчет горения газообразного топлива
- 5 Расчет материального баланса горения топлива.
- 6 Определение температуры горения топлива
- 7 Выбор устройств для сжигания топлива.
- 8 Определение истечения газов через отверстия.
- 9 Расчет аэродинамических характеристик газоходной системы.
- 10 Определение теплопроводности в различных средах.
- 11 Расчет нагрева металла
- 12 Тепловой расчет рекуператора и регенератора
- 13 Расчет индукционной тигельной печи.
- 14 Расчет канальной печи.
- 15 Расчет процесса сушки воздухом.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – *практическое задание*

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Задания к самостоятельной работе:

1. В чем суть теплогенерации за счет выгорания примесей?
2. В каких процессах этот вид теплогенерации играет важную роль?
3. Какая примесь при производстве стали дает большой тепловой эффект и почему?
4. Что называется тепловым эквивалентом примеси, $Q_{т.э}$?
5. От чего зависит $Q_{т.э}$? Пояснить _____.
6. Что является основной энергетической характеристикой сульфидного сырья?
7. Какое основное требование предъявляется к сырью, используемому в автогенных процессах?
8. От чего зависят тепловые эквиваленты?

9. Что может выступать в качестве технологического топлива?
10. От чего зависит эффективность использования сульфидов, как теплогенерирующих веществ?
11. Какие компоненты являются энергообразующими в составе цинкового концентрата?
12. Что называется теплотой сгорания шихты (концентрата) Q_x ?
13. Что называется теплогенерирующей составляющей теплоты сгорания концентрата?
14. Что называется теплообменной составляющей теплоты сгорания концентрата?
15. Что называется тепловым эквивалентом материала $Q_{э.м}$?
16. От чего зависит тепловой эквивалент материала $Q_{э.м}$?
17. Какие вещества относятся к числу экологически вредных продуктов сгорания любого вида топлива?
18. Какие вещества называются токсичными?
19. Каковы основные источники выброса токсичных веществ?
20. Какие вещества относятся к канцерогенным?
21. При каких условиях образуется сажа?
22. Что является причиной образования смога?
23. Какими негативными проявлениями сопровождаются процессы теплогенерации в электрических печах?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «самостоятельная работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Вопросы к экзамену

1. Какие материалы называются огнеупорными?
2. По каким признакам классифицируются огнеупоры?
3. Перечислите физические свойства огнеупоров, охарактеризуйте каждое свойство.
4. Перечислите рабочие свойства огнеупоров, расшифруйте каждое

свойство.

5. Что называется кажущейся пористостью?
6. Как связаны между собой пористость и плотность огнеупорных материалов?
7. Какие существуют виды макроструктуры огнеупоров?
8. От каких факторов зависит коэффициент линейного расширения огнеупоров?
9. Что называется огнеупорностью, как она определяется и от чего зависит?
10. Какими процессами определяется теплопроводность в огнеупорных и теплоизоляционных материалах?
11. От каких факторов зависит эффективный коэффициент теплопроводности огнеупоров?
12. Что называется термостойкостью огнеупоров, как она определяется и от чего зависит?
13. Что называется шлакоустойчивостью огнеупоров, как она определяется и от чего зависит?
14. Объясните, что называется газопроницаемостью и как она связана с пористостью.
15. Сформулируйте основное правило подбора огнеупоров для работы в контакте с расплавами различных шлаков.
16. Дайте характеристику алюмосиликатных огнеупоров.
17. Дайте характеристику динасовых огнеупоров, чем объясняется их низкая термостойкость?
18. Дайте сравнительную характеристику магнезиальных, хромистых, тальковых, углеродсодержащих огнеупоров?
19. Охарактеризуйте карборундовые материалы.
20. Какие материалы относятся к теплоизоляционным?
21. В чем основное отличие теплоизоляторов и огнеупоров?
22. Дайте характеристику естественным теплоизоляторам.
23. Какие теплоизоляционные материалы называются искусственными?
24. Перечислите и охарактеризуйте способы получения искусственных теплоизоляторов.
25. Дайте характеристику волокнистым материалам, в чем заключается основные достоинства этих материалов?
26. Какие материалы относятся к неформованным?
27. Какие материалы называются огнеупорными бетонами, на основе чего они изготавливаются?
28. Перечислите какими преимуществами и недостатками обладают сухие смеси.
29. Для чего применяют огнеупорные растворы, на основе чего они изготавливаются?

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)