Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра теплоэнергетики и экологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института передовых инженерных технологий
_____ И.Ю. Кольчурина
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории тепловой работы и конструкций промышленных печей

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
(направленность (профиль): «Цифровой инжиниринг»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: fc9174b54ee9e52ecccebc4447325f87f55889f2
Владелец: Директор ИПИТ Кольчурина Ирина Юрьевна
Действителен: с 17 апреля 2024 г. по 11 июля 2025 г.
Дата и время: 24-06-2025 20:34:11 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– освоение теоретических основ тепловой работы промышленных печей, конструкции современных металлургических печей.

Задачами учебной дисциплины являются:

– изучение требований технологических инструкций по качеству нагрева металла и производительности печей;
– обеспечение контроля качества нагреваемых слитков и заготовок требованиям, установленным в технических условиях;
– осуществление контроля состояния конструкций и правил технической эксплуатации обслуживаемых печей и вспомогательного оборудования.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Химия;
– Основы технологии производства продукции (оказания услуг);
– Материаловедение;
– Техническая термодинамика;
– Металлургические технологии;
– Тепломассообмен;
– Огнеупоры и теплоизоляционные материалы;
– Механика жидкостей и газов;
– Теория и практика теплогенерации.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем теплогазоснабжения;
– Энерго- и ресурсосбережение в промышленности;
– Методы теплофизических исследований и измерений.

3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– Профессиональные компетенции

Наименование категории (группы) ПК	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемые результаты обучения
	ПК-3: Способен управлять технологическим процессом нагрева металла в печах	ПК-3.1 Обеспечивает соблюдение требований технологических инструкций по качеству нагрева металла и производительности печей	– знать: требования технологических инструкций по качеству нагрева металла и производительности печей. – уметь: обеспечивать соблюдение требований технологических инструкций по качеству нагрева металла и производительности печей.
		ПК-3.2 Обеспечивает контроль качества нагреваемых слитков и заготовок требованиям, установленным в технических условиях	– знать: требования к качеству нагреваемых слитков и заготовок, установленные в технических условиях. – уметь: обеспечивать контроль качества нагреваемых слитков и заготовок требованиям, установленным в технических условиях.
		ПК-3.3 Осуществляет контроль состояния конструкций и правил технической эксплуатации обслуживаемых печей и вспомогательного оборудования	– знать: требования к состоянию конструкций и правила технической эксплуатации обслуживаемых печей и вспомогательного оборудования. – уметь: осуществляет контроль состояния конструкций и правил технической эксплуатации обслуживаемых печей и вспомогательного оборудования.

4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия,

практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Объем учебной дисциплины

Семестр / курс		***ИТОГО***	***7 семестр***
Форма промежуточной аттестации			*экзамен, зачет с оценкой по КП*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***288***	*288*
	зачетных единиц	***8***	*8*
Лекции, *академ. час.*		***48***	*48*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***48***	*48*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовой проект, *академ. час.*		***54***	*54*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***93***	*93*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***45***	*45*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Введение (Ведение, предмет, актуальность, цели и задачи изучения дисциплины, основные разделы и содержание. Основные понятия и определения. Теплотехнологии. Технология нагрева металлов и сплавов, тепловая и термическая обработка.);

Раздел 2 Технология нагрева металлов и сплавов (Концепция процессо-структуро-свойствоориентированных теплотехнологий. Периоды нагрева. Процессы, сопровождающие нагрев металлов и сплавов. Изменение структуры металлов и сплавов в процессах нагрева. Свойства металлов и сплавов, влияющие на температурные и тепловые режимы нагрева. Дефекты и качество металла.
Начальный период нагрева. Процессы, протекающие в начальный период, структура и свойства металлов и сплавов. Температурные напряжения, возникающие при нагреве и охлаждении металлических тел. Трещинообразование при нагреве металлов и сплавов. Влияние различных факторов на трещинообразование.
Промежуточный период нагрева. Структурные превращения. Процессы, протекающие в промежуточный период, структура и свойства металлов

и сплавов. Явление декалесценции.
Конечный период нагрева. Процессы, протекающие в промежуточный период, структура и свойства металлов и сплавов. Окисление, обезуглероживание, обезлегирование, перегрев, пережог, конечные параметры нагрева стали, металлов и сплавов. Малоокислительный и малообезуглероживающий нагрев, теоретические основы и способы его реализации.);

Раздел 3 Конструкции нагревательных печей (Нагревательные колодцы
Назначение, устройство, конструкции, температурные и тепловые режимы ра-боты нагревательных колодцев. Перспективные теплотехнологии нагрева стали в нагревательных колодцах. Энерго- и ресурсосбережение, экологические аспекты работы нагревательных колодцев. Назначение, устройство, конструкции, температурные и тепловые режимы работы методических печей. Перспективные теплотехнологии нагрева стали в методических печах. Энерго- и ресурсосбережение, экологические аспекты работы методических печей. Назначение, устройство, конструкции, температурные и тепловые режимы работы камерных нагревательных печей. Перспективные теплотехнологии нагрева стали в камерных нагревательных печах. Энерго- и ресурсосбережение, экологические аспекты работы камерных нагревательных печей.
Назначение, устройство, конструкции, температурные и тепловые режимы работы камерных термических печей. Перспективные теплотехнологии нагрева стали в камерных термических печах. Энерго- и ресурсосбережение, экологические аспекты работы камерных термических печей.
Назначение, устройство, конструкции, температурные и тепловые режимы работы печей с роликовым подом. Перспективные теплотехнологии нагрева стали в печах с роликовым подом. Энерго- и ресурсосбережение, экологические аспекты работы печей с роликовым подом.
Назначение, устройство, конструкции, температурные и тепловые режимы работы колпаковых печей. Перспективные теплотехнологии нагрева стали в колпаковых печах. Энерго- и ресурсосбережение, экологические аспекты работы колпаковых печей.
Назначение, устройство, конструкции, температурные и тепловые режимы работы протяжных печей. Перспективные теплотехнологии нагрева стали в протяжных печах. Энерго- и ресурсосбережение, экологические аспекты работы протяжных печей.).

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	в форме практической

			подготовки
Раздел 1.	Основные понятия и определения. Классификация печей. Теплотехнические характеристики печей. Энергосбережение. Рекуператоры, регенераторы.	8	
Раздел 2.	Расчет времени нагрева изделий и размеров печи. Тепловой расчет. Технико-экономические показатели работы печи	20	
Раздел 3.	Печи обжимных станов. Рекуперативный колодец с одной верхней горелкой. Регенеративный колодец с отоплением из центра подины. Печи листовых и сортовых станов. Печи трубопрокатных станов	20	
Итого:		**48**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы практических занятий (семинаров)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 2.	Определение массивности нагреваемых изделий. Коэффициент теплопередачи. Теплопроводность материала Определение габаритов печи. Определение времени нагрева Нагрев теплотехнически «тонких» тел. Нагрев теплотехнически «массивных» тел	24	
Раздел 3.	Определение полезной теплоты. Затраты теплоты на нагрев вспомогательных устройств. Определение тепловых потерь в окружающую среду. Тепловые потери через стенку печи. Потери	24	

	теплоты излучением через отверстия в футеровке. Потери теплоты через тепловые короткие замыкания. Потери теплоты с уходящими газами. Определение теплоты, аккумулированной кладкой. Установленная мощность печи. Технико-экономические показатели работы печи. Определение времени разогрева печи		
Итого:		**48**	**0**

7 Перечень тем лабораторных работ

№ раздела / темы дисциплины	**Темы лабораторных работ**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**0**

8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

№ раздела / темы дисциплины	**Темы курсовых работ (проектов)**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 2; Раздел 3.	Проектирование нагревательной печи (по вариантам)	54	
Итого:		**54**	**0**

9 Виды самостоятельной работы

№ раздела / темы дисциплины	**Виды самостоятельной работы**	**Трудоемкость, *академ.час***	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	13	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение	40	

	тестирования.		
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	40	
Курсовой проект	*Выполнение курсового проекта*	54	0
Контроль	*Подготовка к экзамену*	45	
Итого:		**192**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Контролируемые компетенции	Оценочные средства
Раздел 1.	ПК-3	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 2.	ПК-3	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценивание этапов выполнения курсового проекта; 4. Тестовые задания
Раздел 3.	ПК-3	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Оценивание этапов выполнения курсового проекта; 4. Тестовые задания
Курсовой проект.	ПК-3	1. Вопросы к защите курсового проекта
Экзамен.	ПК-3	1. Вопросы к экзамену

11 Входной контроль

11.1 Цель входного контроля – определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – индивидуальный или фронтальный устный опрос. В ходе проведения входного контроля

обучающимся предлагается ответить на вопросы по материалу, изученному в процессе освоения ООП ВО.

Шкала оценивания устных ответов обучающихся

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценку «зачтено» получает обучающийся, если он при собеседовании обнаруживает знание и понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные; при ответе на вопросы излагает материал последовательно и правильно, полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; рационально использует время, отведенное на ответ.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, который не рационально использует время, отведенное на ответ; обнаруживает незнание ответа на соответствующий вопрос; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «не зачтено» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые требуют проведения дополнительных индивидуальных консультаций.

Вопросы для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.

12 Текущий контроль

12.1 Текущий контроль знаний используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе

по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; оценивание этапов выполнения курсового проекта; тестовые задания.

12.2 Описание оценочных средств

Шкалы оценивания (методики оценки)

12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

Критерии оценки:

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

12.2.2 Рекомендации по оцениванию этапов выполнения курсового проекта

Курсовой проект – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве, а также уровень сформированности аналитических, исследовательских умений, умений практического и творческого мышления.

Оценивание этапов выполнения курсового проекта проводится в рамках текущей аттестации (три раза в семестр) в соответствии с графиком выполнения курсового проекта по учебной дисциплине. Результаты аттестации обучающихся по выполнению ими курсового проекта оцениваются руководителями в процентах от общего объема выполненной работы. Сроки выполнения курсового проекта устанавливаются кафедрой в графике выполнения курсового проекта. График выполнения курсового проекта выдается старостам групп в начале каждого семестра.

Критерии оценки % выполнения курсового проекта

Этап работы	% выполнения	Форма отчетности
Анализ существующих	30	Раздел курсового проекта

проблем на нагревательной печи АО «ЕВРАЗ ЗСМК» г. Новокузнецка		
Разработка проекта модернизированной нагревательной печи	60	Раздел курсового проекта
Оформление результатов проекта	100	Раздел курсового проекта

Критерии оценки курсового проекта

Критерии оценки выполнения курсового проекта	Оценка
Задание выполнено полностью: цель достигнута; основные понятия выделены; имеются в наличии схемы, графическое выделение особо значимой информации; все выводы и рекомендации обоснованы, работа тщательно вычитана, отсутствуют грамматические и стилистические ошибки, работа выполнена в полном объёме; процент выполнения задания соответствует плановому.	отлично
Задание выполнено: цель выполнения достигнута; наличие правильных эталонных ответов; однако работа выполнена не в полном объёме, имеются единичные опечатки, орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические ошибки; график выполнения задания нарушен на 10 – 20 %.	хорошо
Задание выполнено частично: цель выполнения достигнута не полностью; многочисленные ошибки снижают качество выполненной работы; работа представлена с отклонением от запланированного срока на 50 %.	удовлетворительно
Задание не выполнено, цель работы не достигнута.	неудовлетворительно

12.2.3 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

Максимальный балл	Проходной балл	Оценка
20	не менее 18	отлично
17	не менее 14	хорошо
13	не менее 10	удовлетворительно
9	–	неудовлетворительно

12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

Наименование параметра оценки	Максимальное количество баллов
Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями.	2,5
Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники.	1,25
Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы.	1,25
Итого	**5**

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.

13 Промежуточная аттестация

13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: курсовой проект; экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к защите курсового проекта; вопросы к экзамену.

13.2 Оценивание обучающегося на защите курсового проекта

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к выполнению и защите курсового проекта: соблюдены требования к внешнему оформлению, последовательно изложен материал; при защите обучающийся демонстрирует умения применять теоретические знания основной и дополнительной литературы, может показать и объяснить применение технологических решений, использованных в курсовом проекте; даны правильные ответы на вопросы, заданные в процессе защиты курсового проекта.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если основные требования к выполнению и защите курсового проекта выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в решениях, имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите курсового проекта даны неполные ответы.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если имеются существенные отступления от требований к выполнению и защите курсового проекта. В частности: задача решена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании и оформлении; при ответе на дополнительные вопросы на защите курсового проекта обучающийся показывает знания только основного материала, испытывает затруднения при объяснении выбранных решений.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача решена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании и при оформлении или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты курсового проекта обучающийся обнаруживает существенное непонимание проблемы.

Если допущены существенные недостатки в оформлении курсового проекта, опущен или не написан какой-либо раздел, имеются

отступления от задания на курсовой проект, то такая курсовой проект возвращается обучающемуся на доработку.

13.3 Оценивание обучающегося на экзамене

Оценка	Требования к знаниям
отлично	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций.
хорошо	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.
удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

а) литература:

1 Домаров, П. В. Установки специального электронагрева : учебное пособие / П.В. Домаров, А.А. Мелешко. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 76 с. – ISBN 978-5-7782-2189-5. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228753 (дата обращения: 28.03.2025);

2 Темлянцев, М. В. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением : монография / М. В. Темлянцев, Ю. Е. Михайленко. – Москва : Теплотехник, 2006. – 199 с. : ил.;

3 Нагрев стальных слябов : учебное пособие для вузов / В. Н. Перетятько, Н. В. Темлянцев, М. В. Темлянцев, Ю. Е. Михайленко ; под ред. В. Н. Перетятько. – Москва : Теплотехник, 2008. – 178 с. : ил.;

4 Самохвалов, Г. В. Металлургические электропечи : учебное пособие для вузов / Г. В. Самохвалов, М. В. Темлянцев, Н. В. Темлянцев ; под ред. Г. В. Самохвалова. – Москва : Теплотехник, 2009. – 299 с. : ил.;

5 Стерлигов, В. В. Расчеты методических печей : учебное пособие для вузов / В. В. Стерлигов, Т. А. Михайличенко ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2013. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=18&lngEdition=2109&lngFile=2098&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 28.03.2025);

6 Стерлигов, В. В. Расчеты камерных печей : учебник для вузов / В.В. Стерлигов, Т.А. Михайличенко ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : СибГИУ, 2010. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=18&lngEdition=1506&lngFile=1515&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 28.03.2025).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 –]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;

- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), оснащенную учебной доской, компьютерной техникой с возможностью подключения к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения курсового проектирования;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Составитель(и):

профессор Темлянцев Михаил Викторович (кафедра теплоэнергетики и экологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:
Заместитель начальника ПТО
Центральная ТЭЦ ООО «ЭнергоТранзит»  А. Ю. Поромов

Приложение

Вопросы для входного контроля знаний обучающихся

1. Основной закон теплопроводности.
2. Температурный градиент.
3. Температурное поле.
4. Виды теплопередачи.
5. Теплопроводность однослойной тонкой стенки. Основные понятия.
6. Теплопроводность многослойной плоской стенки. Основные понятия.
7. Теплопроводность цилиндрической стенки.
8. Конвективный теплообмен.
9. Теплообмен излучением, понятие излучения.
10. Понятие теплового потока

Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Тема 1. Введение.

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Кто заложил основы конструирования печей и систем печного отопления?
2. Кто впервые опубликовал «Курс отопления и вентиляции» с теорией расчета всех элементов отопительных печей?
5. Когда начали использовать первые металлургические печи?
6. Подобием каких печей являются первые печи?
7. Что являлось топливом для первых печей?
8. В каком государстве появились первые пламенные печи – прототипы современных отражательных печей?
9. Какой век в России характеризуется бурным развитием печной техники и строительством большого числа новых мощных металлургических печей?
10. Какие элементы считаются основными конструктивными элементами печи?
11. Как классифицируют печи в зависимости от источника тепловыделения?
12. Как классифицируют печи по технологическому назначению?
13. Как классифицируют печи по режиму работы?
14. Устройство для фиксации элементов печи при её разогреве.
15. Ограждение высокотемпературной зоны, предназначенное для отделения рабочей камеры от окружающего пространства и уменьшения тепловых потерь.
16. Устройства для подачи энергии в рабочее пространство печи и преобразования ее в теплоту.
17. Устройства для сжигания газообразного топлива.

18. Устройства для сжигания жидкого топлива называются.
19. Устройства для сжигания твердого топлива.
20. Устройства для удаления продуктов горения из рабочего пространства печи.
21. Устройства для передачи тепла от продуктов горения воздуху (газу) через разделительную стенку.
22. Теплообменник, в котором горячий теплоноситель и холодный объединены в пространстве, но разъединены во времени.
23. Устройство с центральным элементом в виде пластины для регулирования давления
дыма в рабочем пространстве печи путем перекрытия поперечного сечения борова.
24. Тягодутьевые устройства.

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Продукты полного горения топлива состоят из:CO_2, N_2, SO_2

а) CO_2, H_2O, O_2, N_2, SO_2
б) H_2O, O_2, N_2, SO_2
в) CO_2, H_2O, O_2

2. Коэффициент полезного действия трубчатой печи зависит от:
а) коэффициента избытка воздуха
б) коэффициента избытка воздуха и температуры отходящих газов
в) температуры отходящих газов
г) состава сырья

3. По технологическому признаку трубчатые печи подразделяются на:
а) нагревательные, плавильные и нагревательно-реакционные
б) обжиговые, плавильные и нагревательно-реакционные
в) нагревательные, испарительные и нагревательно-реакционные
г) нагревательные, плавильные

4. Вставьте двухзначное целое число:

На радиантную камеру трубчатой печи приходится ____ полезной тепловой нагрузки

5. Вставьте двухзначное целое число:

На конвекционную камеру трубчатой печи приходится ____ полезной тепловой нагрузки

6. Соотнесите показатель и его размерность:

1. Теплонапряженность поверхностей нагрева труб	а) кВт/ $м^2$
2. Коэффициент теплопередачи	б) Вт/($м^2$·град)

3. Тепловая мощность	в) кВт/ $м^3$
4. Плотность теплового потока	г) Дж/ $м^2$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

7. В трубчатых печах НПЗ змеевики расположены в

а) только в радиантной камере

б) в конвекционной камере

в) радиантной и конвекционной камерах

г) на поду печи

8. При непрерывных процессах

а) количество передаваемого тепла выражается в ккал

б) количество передаваемого тепла выражается в ккал/град

в) количество передаваемого тепла выражается в Вт

г) количество передаваемого тепла выражается через массовую долю

9. Установите соответствие между показателем и его расчетной формулой

1. Производительность	а) r=1/α
2. Необходимая поверхность теплообмена	б) q= Q/F
3. Термическое сопротивление	в) П=G·t
4. Плотность теплового потока	г) $F=Q/(K•\Delta c_p)$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

10. С увеличением скорости теплоносителя

а) толщина ламинарного пограничного слоя уменьшается

б) толщина ламинарного пограничного слоя увеличивается

в) толщина ламинарного пограничного слоя остается без изменения

г) появляется застойная зона

11. Теплоноситель, оказывающий коррозионное действие на аппаратуру,

а) пропускают через диафрагму

б) пропускают через решетки

в) пропускают в межтрубном пространстве

г) пропускают по трубам

12. Регулирование температурного режима в теплообменных аппаратах

а) осуществляется путем изменения количества подаваемого агента

б) осуществляется путем регулирования скорости

в) осуществляется путем регулирования давления

г) осуществляется путем изменения подаваемого топлива

13. Перед расчетом сечений для прохода теплоносителей

а) определяются с расходом подаваемой жидкости

б) выбирают скорости их движения и диаметры труб

в) выбирают тип материала труб

г) определяют шероховатость труб

14. Поверхность теплообмена связана

а) с конструктивными размерами аппарата

б) с пористостью слоя

в) с коэффициентом расширения

г) с коэффициентом пропорциональности

15. Выбор теплоносителя определяется

а) величиной температуры нагревания

б) разностью давлений

в) разностью потенциалов

г) разностью концентраций

16. Теплоноситель, используемый в промышленности, должен обеспечивать

а) низкую интенсивность теплопередачи

б) среднюю интенсивность теплопередачи

в) низкую концентрацию

г) высокую интенсивность теплопередачи

17. Расход топочных газов определяют

а) из уравнения материального баланса

б) из уравнения сплошности

в) из уравнения летучести

г) из уравнения теплового баланса

18. $GH_н + G_{H2O}H_{нв} = GH_к + G_{H2O}H_{кв} + Q_п$,

(где G - расход охлаждаемого теплоносителя, кг/ч; $H_н$ и $H_к$ начальная и конечная энтальпии охлаждаемого теплоносителя, кДж/кг, H = ct, где с-теплоемкость, кДж/(кг·К), t- температура теплоносителя, К;) $H_{нв}$ и $H_{кв}$ – начальная и конечная энтальпии охлаждающей воды, кДж/кг; $Q_п$ – потери теплоты в окружающую среду, кДж/ч.)

а) уравнение материального баланса

б) уравнение сплошности

в) уравнение Ньютона

г) уравнение теплового баланса

19. Процесс переноса теплоты от горячего теплоносителя к холодному разделяется во времени на два периода и происходит при попеременном нагревании и охлаждении насадки…

а) в рекуператорах

б) в конвертерах

в) в регенеративных теплообменниках

г) в шахтных печах

20. Возможностью развивать большую поверхность теплообмена в одном аппарате отличаются

а) кожухотрубчатые теплообменники
б) пленочные теплообменники
в) спиральные теплообменники
г) рекуперативные теплообменники

21. Если оба теплоносителя, не изменяют направления движения, то это… теплообменник

а) многоходовой
б) спиральный
в) трубчатый
г) одноходовой

22. Увеличение скорости движения теплоносителей в трубном и межтрубном пространствах теплообменника влечет за собой

а) уменьшения его гидравлического сопротивления
б) выравнивания его гидравлического сопротивления
в) увеличение его гидравлического сопротивления
г) уменьшения его размеров

23. Для увеличения скорости в межтрубном пространстве в теплообменнике устанавливают

а) ряд сегментных перегородок
б) мешалку
в) вентиль
г) задвижку

24. При разностях температур труб и кожуха более 50 °С и значительной длине труб применяют теплообменники

а) жесткой конструкции
б) трубчатые
в) пластинчатые
г) нежесткой конструкции

25. Теплообменник, представляющий собой набор последовательно соединенных элементов, состоящих из двух концентрически расположенных труб, называется

а) «труба в трубе»
б) пластинчатым
в) спиральным
г) жесткой конструкции

26. Смесительные теплообменники являются высокоинтенсивными аппаратами, так как в них теплообмен происходит при непосредственном соприкосновении теплоносителей, т.е. в смесительных теплообменниках отсутствует

а) термическое сопротивление стенки растет
б) термическое сопротивление стенки
в) термическое сопротивление стенки меняется
г) воздушный поток

27. Смесительные теплообменники применяют в тех случаях, когда допустимо

а) изменение температур
б) смешение теплоносителей
в) изменение давления
г) изменение концентрации

28. Наиболее существенная форма передачи тепла от газового факела, несущего сажистые частицы, к потолочным и подовым экранам в радиантных топочных камерах трубчатых печей …

а) теплопроводность
б) естественная конвекция
в) тепловое излучение
г) принудительная конвекция

29. Отношение реально получаемого количества продукта к максимальному теоретически возможному количеству называется

а) мощностью процесса
б) интенсивностью процесса
в) расходом
г) выходом продукта

30. Установите соответствие между показателем и его определением

1. Производительность	а) Количество продукта, получаемого с единицы объема аппарата в течение единицы времени
2. Выход продукта	б) Отношение реально получаемого количества продукта к максимальному теоретически возможному количеству
3. Интенсивность процесса	в) Количество перерабатываемого сырья в единицы объема аппарата
4. Тепловой поток	г) Количество тепла, передаваемого в единицу времени от одного тела к другому

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

31. Технической атмосфере отвечает размерность

а) Н/м^2
б) кгс/см^2
в) кг/см^2

г) Н/см^2

32. Коэффициент, показывающий количество затраченного сырья на производство единицы продукта, называется

а) обогатительным
б) расходуемым
в) периодическим
г) теплообменным

33. Передача тепла конвекцией происходит

а) при непосредственном соприкосновении отдельных частиц твердого тела
б) в состоянии покоя
в) в жидкостях и газах путем перемещения их частиц
г) через теплопроводность

34. Теплообменные аппараты, служащие для передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку, называются:

а) смесительные;
б) регенеративные;
в) рекуперативные
г) смешанные

35. Расчет форсунок заключается в определении

а) диаметров воздушного и мазутного сопел
б) скорости прохождения жидкого топлива
в) массы оборудования
г) габаритных размеров форсунки

36. Для улучшения смешения в сопле горелки используют

а) рассекатель
б) уплотнитель
в) насадки
г) вентилятор

37. Передача тепла нагреваемым изделиям в печах при высокой температуре происходит главным образом

а) равномерно
б) теплопроводностью
в) излучением
г) смешанным теплообменом

38. При нагреве и охлаждении в среде с переменной температурой все физические величины для расчета λ, с и а, а также коэффициенты теплопередачи берутся

а) для значений, соответствующим начальным температурам
б) для средней температуры каждого участка
в) для значений, соответствующих конечным температурам
г) для средней температуры одного любого участка

39. Жидкое топливо перед сжиганием подвергается

а) обогащению

б) распыливанию
в) смешению
г) агломерации

40. Плотность воздуха при нормальных условиях равна

а) 1, 293 кг/м^3
б) 1, 393 кг/м^3
в) 1, 298 кг/м^3
г) 1, 283 кг/м^3

41. При увеличении расхода топлива и уменьшении количество воздуха достигается атмосфера…

а) окислительная
б) восстановительная
в) нейтральная
г) промежуточная

42. Вставьте пропущенное слово:

Лучеиспускательная способность тела тем выше, чем _____ его поглощательная способность.

43. Установите соответствие между лучеиспускательной способностью тел и ее значением

1. серого тела	а) больше единицы
2. абсолютно прозрачного тела	б) меньше единицы
3. абсолютно белого тела	в) равна единице
4. абсолютно черного тела	г) равна нулю

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

44. Установите соответствие между названием процесса работы аппарата и его характеристикой

1. Неустановившийся	а) периодического действия
2. Установившийся	б) непрерывного действия
3. Стационарный	в) смешанного действия
4. Комбинированный	г) дискретная работа

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

45. Установите соответствие между верными утверждениями

1. При выпаривании под вакуумом жидкость кипит при температуре	а) более низкой, чем при атмосферном давлении
2. При выпаривании под вакуумом разность температур между греющим паром и кипящим	б) выше, чем при атмосферном давлении

раствором	
3. При выпаривании под давлением жидкость кипит при температуре	в) более высокой, чем при атмосферном давлении

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В

46. Отношение парциального давления компонента к полному давлению равно

а) массовой доле компонента в смеси
б) удельному объему компонента в смеси
в) летучести смеси
г) объемной доле компонента в смеси

47. Вставьте пропущенное слово в именительном падеже в единственном числе:

Обогрев выпарного аппарата чаще всего осуществляют через _____.

48. Сумма объемных концентраций всех компонентов смеси равна

а) плотности смеси
б) весу смеси
в) объему смеси
г) мольной доли смеси

49. Наибольшей лучеиспускательной способностью обладают газы:

а) H_2, O_2;
б) H_2 , CO;
в) H_2, N_2;
г) H_2O, CO_2, SO_2;

50. $Q=C \cdot F(T/100)^4$

а) закон Прандтля
б) закон Стефана-Больцмана
в) закон Ньютона
г) закон Кирхгофа

Тема 2. Технология нагрева металлов и сплавов.

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Какие числа теплофизического подобия применяют для физического моделирования процесса теплообмена?
2. Какие граничные условия используют для решения задач теплообмена?
3. Какие условия необходимы для решения дифференциального уравнения теплопроводности?
4. С какой целью нагревают металл перед обработкой давлением и перед термообработкой?

5. Какие требования применяют к режимам термообработки?

6. В каких случаях применяют многоступенчатые режимы нагрева металла?

7. От каких факторов зависят условия теплообмена от греющей среды к поверхности металла?

8. Какие ограничения накладываются на построение режима нагрева стали?

9. Какими методами решают задачи теплопроводности?

10. Какую роль играют печные газы в теплообмене между греющей средой и металлом?

11. Как учитываются термические напряжения при разработке теплового режима нагрева стали?

12. Чем отличается камерный режим нагрева от методического режима нагрева стали?

13. Что называют термической массивностью тела?

14. Какие газы участвуют в теплообмене между греющей средой и металлом?

15. Может ли тип печного топлива влиять на теплообмен в рабочем пространстве печи?

16. Каким образом влияет расположение заготовок на теплообмен между газом и металлом в печи?

17. Как влияет форма заготовки на длительность нагрева?

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1.Какой из перечисленных газов не окисляет сталь

а) воздух,

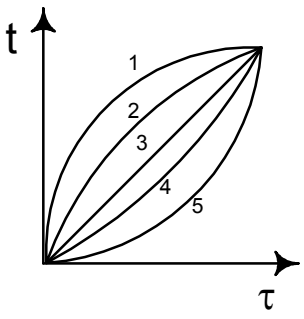
б) кислород,

в) озон,

г) углекислый,

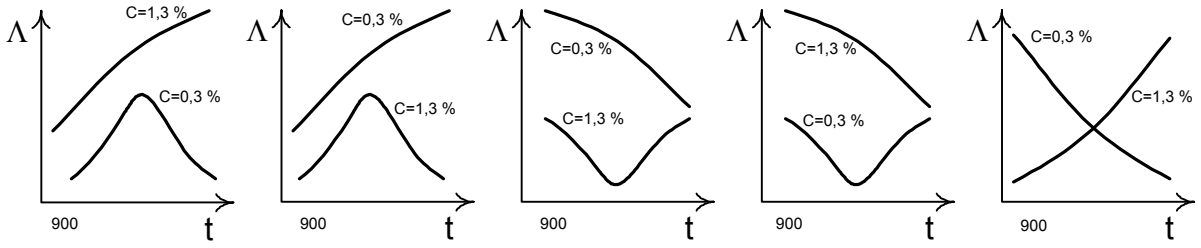
д) азот.

2. При какой траектории изменения температуры поверхности стали угар будет минимальным



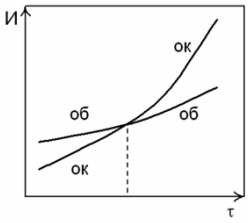
а) 1,
б) 2,
в) 3,
г) 4,
д) 5.

3.На каком графике правильно показаны зависимости пластичности углеродистых сталей с различным содержанием углерода от температуры:



а б в г д

4. Если интенсивности протекающих совместно процессов окисления и обезуглероживания соответствуют изображенным на рисунке, то обезуглероженный слой:



а) непрерывно увеличивается,
б) не образуется,
в) непрерывно убывает,
г) сначала увеличивается, а потом убывает,
д) сначала нарастает, а потом увеличивается.

5. Безокислительный нагрев стали возможен в продуктах сгорания природного газа, сжигаемых с коэффициентом расхода воздуха:
а) 0,9 – 1,
б) 0,45 – 0,52,
в) 1,05 – 1,1,
г) 2,0 – 3,7,
д) 4 – 5.

6. Термически тонкие тела это:
а) заготовки имеющие толщину менее 0,25 м,
б) тела для которых число Био меньше 0,25,
в) тела, которые нагревают с коэффициентом теплоотдачи менее 250 Вт/(м^{2}К),
г) тела, имеющие массу менее 0,25 т,
д) слябы и блюмы, нагреваемые с четырех сторон.

7. Как влияет увеличение в стали содержания углерода на вероятность трещинообразования при скоростном нагреве:
а) никак,
б) чем больше углерода, тем больше вероятность трещинообразования,
в) вероятность трещинообразования максимальна, если в стали содержится 0,1 % С,
г) чем больше углерода, тем меньше вероятность трещинообразования,
д) вероятность трещинообразования максимальна, если в стали содержится 0,8 % С.

8. Продукты взаимодействия стали и газов окислителей называют
а) окалина,
б) угарины,
в) настыли,
г) трещины,
д) рейтеры.

3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Примеры по теме **Расчет времени нагрева изделий и размеров печи**

1. Как уменьшится время нагрева изделия в электрической печи сопротивления, если $\eta_{кпт}$ увеличится с 60 % до 80 %.
2. В печи непрерывного действия с прямоточным режимом взаимного движения газов и металла нагревают термически тонкие заготовки от начальной температуры 0°С до конечной 300°С. При этом происходит снижение температуры газов по длине рабочей камеры с 1000°С до 400°С. Изменится ли время нагрева этих заготовок, если режим движения газов и металла будет заменен на взаимно противоточные при сохранении тех же начальных и конечных температур газов и металла (при допущении о неизменности среднего коэффициента теплоотдачи).
3. Рассчитать плотность теплового потока конвекцией от газа с температурой 1000 ◦С к металлу с температурой 0 ◦С, имеющему коэффициент теплопроводности 40 Вт/(м·К), теплоемкость 600 Дж/(кг·К), при продолжительности нагрева 2 часа и коэффициенте теплоотдачи конвекцией 50 Вт/(м^2·К).

Пример по теме **Определение массивности нагреваемых изделий**

1. Определить температуру в центре сляба из малоуглеродистой стали толщиной δ =0,3м, нагреваемого в методической зоне печи с шагающим подом с $t_{пов}$ = 0^0С до $t_{пов}$ = 600^0С, если температура продуктов сгорания в зоне печи меняется от 800^0С до 1300^0С в конце зоны. Средний коэффициент теплоотдачи принять 100 Вт/м^2•К.

Тема 3. Конструкции нагревательных печей.

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Технологическое назначение и конструктивное исполнение методических печей.
2. Электрические печи сопротивления. Конструкции печей и особенности теплопередачи в них.
3. Классификация и основные конструкции рекуператоров.
4. Технологическое назначение, достоинство, недостатки и конструктивное исполнение камерных печей.
5. Сравнительная характеристика форсунок низкого и высокого давления.
6. Устройство и работа инжекционных горелок.
7. Конструкция и принцип работы печи с выдвижным подом.
8. Устройство и работа горелок низкого давления.
9. Конструкции и принцип работы печи с вращающимся подом.
10. Основные элементы конструкций печей.
11. Определение технико-экономических показателей, характеризующих эффективность работы печи и путь их повышения.

12. Конструкции и принцип работы конвейерных печей.
13. Сущность работы рекуператоров и их тепловой расчет.
14. Конструкция и принцип работы печи с излучающим сводом.
15. Безокислительные и малоокислительные способы нагрева заготовок.
16. Назначение, конструкция и принцип работы двухкамерной печи.
17. Назначение, конструкция и принцип работы методической печи малоокислительного нагрева.
18. Материалы для нагревательных элементов электрических печей сопротивления и способы их размещения в печи.
19. Назначение, принцип работы и конструкция печей с шагающими балками.
20. Температурные графики режима нагрева заготовок.
21. Выбор материалов для постройки печи. Определение основных размеров рабочего пространства пламенных и электрических нагревательных печей.
22. Конструкция и принцип работы печи скоростного нагрева заготовок.
23. Основные тепловые критерии процесса нагрева, их физическая сущность и функциональная связь.
24. Понятия о термически «тонких» и «массивных» заготовках. Расчетная толщина заготовки.
25. Электрические печи сопротивления. Достоинства и недостатки.
26. Классификация и основные конструкции электрических печей сопротивления.
27. Методы борьбы с окислением и обезуглероживанием.
28. Построение температурного графика нагрева.
29. Конструкции и принцип работы печей с роликовым подом

2 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1. Установите соответствие между показателем и его расчетной формулой:

1. Упругие температурные напряжения в стали	а) $q=C_0\varepsilon_{пр}(\Theta_c-\Theta_п)$
2. Число Био	б) $\sigma=\beta E^*(1-\mu)/(t_{см}-t)$

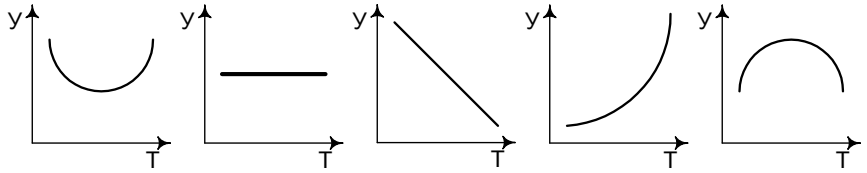
3. Плотность теплового потока излучением	в) $\alpha R/\lambda$
4. Число Нуссельта	г) $\alpha d/\lambda$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

2. Область температур металла от начальной температуры 0 до 730 °С:
а) конечный период нагрева стали,
б) область интенсивного окисления стали,
в) начальный период нагрева стали,
г) промежуточный период нагрева стали,
д) область нагрева стали под прокатку.

3. Какой вид имеет зависимость угара стали от температуры



а , б , в , г , д .

4. Остаточные напряжения:
а) самоликвидируются в теле после выравнивания температурного поля,
б) превращаются во временные после выравнивания температурного поля,
в) не зависят от температурного поля,
г) сохраняются в теле после выравнивания температурного поля,
д) при тепловой обработке не возникают.

5.При нагреве в центре (на оси) заготовок :
а) возникают растягивающие временные напряжения,
б) возникают сжимающие временные напряжения,
в) возникают стягивающие временные напряжения,
г) напряжения не возникают,
д) напряжения равны 0.

6. Установите соответствие между характеристикой газа и его названием:

1. Газ не обезуглероживает сталь	а) воздух
2. Какой газ является лучепрозрачным	б) кислород
3. Наибольшей лучеиспускательной способностью обладает	в) азот
4. Продукт полного горения	г) углекислый газ

топлива	

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

7. В каких единицах измеряют глубину видимого обезуглероженного слоя:

а) г/см^2,

б) г/см^3,

в) м^2,

г) мм,

д) г^2/см.

8. Какая марка стали наиболее подвержена обезуглероживанию:

а) 3сп,

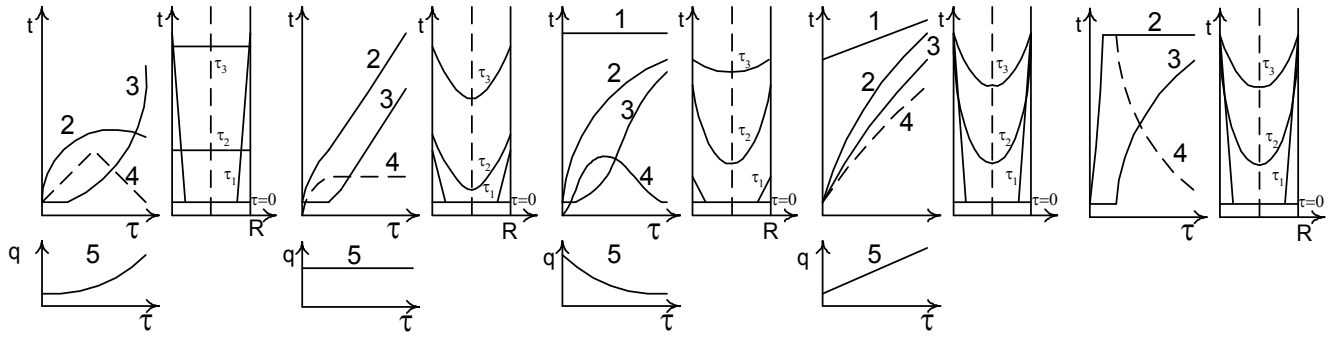
б) 3кп,

в) 10,

г) 20,

д) 60С2.

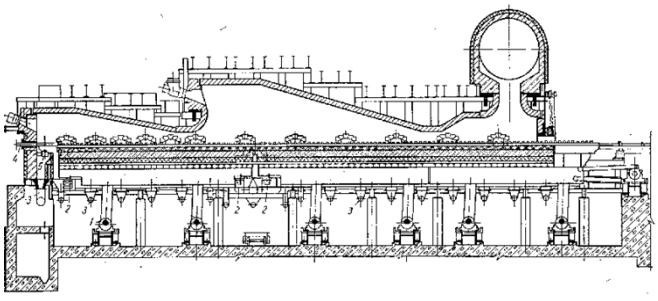
9. На каком графике представлен график нагрева заготовки при граничных условиях I рода:



а, б, в, г, д.

температуры: 1 – печи, 2 – поверхности, 3 – центра, 4 – перепад температур поверхность-центр., 5 – плотность теплового потока

10. Какая печь изображена на рисунке:



а) методическая,

б) топливная камерная с выкатным подом,

в) нагревательный колодец,

г) индукционная установка,

д) электрическая камерная с выкатным подом.

11. В печах с шагающим подом возможен:

а) только односторонний нагрев квадратных заготовок уложенных с зазором,

б) максимум двухсторонний нагрев квадратных заготовок уложенных с зазором,

в) максимум трехсторонний нагрев квадратных заготовок уложенных с зазором,

г) максимум четырехсторонний нагрев квадратных заготовок уложенных с зазором,

д) только двухсторонний нагрев квадратных заготовок уложенных с зазором.

3 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

Пример по теме **Расчёт теплового баланса печей**

Тема задания: определить расход энергии или топлива на технологический процесс, рассчитать все статьи приходной и расходной частей теплового баланса печи. Варианты заданий по расчету теплового баланса в табл.:

Вариант	Производительность печи (масса садки),т/ч (т)	Тип печи	Вид материала	Технологический процесс	Заготовка
1.	18	Камерная с выкатным подом	Сталь среднелегированная	Ковка	Слиток
2.	10	Камерная с выкатным подом	Сталь среднелегированная	Ковка	Слиток
3.	60	Методическая	Сталь углеродистая	Прокатка	Квадратная
4.	40	Камерная с выкатным подом	Сталь высоколегированная	Ковка	Слиток
5.	30	Толкательная непрерывного действия	Сталь высоколегированная	Прокатка	Сляб
6.	70	Камерная с выкатным подом	Сталь углеродистая	Прокатка	Сляб
7.	25	Камерная с выкатным подом	Сталь высоколегированная	Нормализация	Слиток
8.	45	Методическая	Сталь среднелегированная	Прокатка	Сляб
9.	35	Камерная с выкатным подом	Сталь высоколегированная	Ковка	Слиток

Пример по теме **Расчет нагревательных печей периодического действия (камерной печи с выкатным подом)**

1. Исходные данные:

назначение печи: отжиг слябов после горячей прокатки; размеры слябов: длина $l_м$ = 4,85 м, ширина $b_м$ = 1,1 м, толщина δ = 0,145 м; качество металла: низколегированная марганцовистая сталь; $\rho_м$ – плотность металла, $\rho_м$ = 7800 кг/м3; начальная температура металла tнач = 20 °С (холодный посад); режим термообработки (рис.): нагрев слябов при посадке в холодную печь до 750 °С со скоростью 45...50 °С /ч, выдержка при 750 °С продолжительностью $\tau_{выд1}$ = 8 ч, охлаждение слябов в печи подсосом наружного воздуха с 750 до 150 °С, выдержка при 150 °С продолжительностью $\tau_{выд2}$ = 5 ч; топливо – природный газ с

теплотой сгорания $Q_н^р$ = 35,0 МДж/м^3; коэффициент расхода воздуха в продуктах сгорания α = 1,1.



Рис – Изменение температур в камерной печи с выкатным подом:
1 – продуктов сгорания; 2 – кладки; 3 – металла.

Пример по теме **Расчет рекуператоров**

2. Рассчитать рекуператор для подогрева воздуха для следующих условий: температура воздуха на входе – выходе рекуператора: 0-450^{0}С, температура дыма на входе в рекуператор - 1050^{0}С, расход газа на отопление печи В=5,46 м^3/с, количество дыма на входе в рекуператор V= 34,9 м^3/с. Состав дымовых газов: N_2=72%, CO_2=11%, H_2O =17%.

Пример по теме **Выбор и расчет горелок**

3. Выбрать горелку для расхода газа 5м^3/с при давлении воздуха перед горелкой 3,4кПа и температуре подогрева воздуха 300^{0}С.

4. Подобрать горелку типа «труба в трубе» для сжигания 0,223 м^3/с смешанного газа с теплотой сгорания Q=6,7 Мдж/ м^3. Давление газа перед горелкой 3 кПа, воздуха, подогретого до 400^{0}С -1кПа. Коэффициент расхода воздуха 1,1.

4 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1. Электрические печи (печи сопротивления, индукционные, конструкции, устройство, принцип работы)
2. Топливо для нагревательных печей, классификация, характеристики.
3. Расчет горения топлива (структура, последовательность, особенности для различных видов топлив)
4. Основы теории горения
5. Горелки без предварительного смешивания (конструкции, устройство, характеристики)
6. Горелки с частичным предварительным смешиванием (конструкции, устройство, характеристики)
7. Горелки с полным предварительным смешиванием (конструкции, устройство, характеристики)

8. Технология нагрева стали (параметры, цель, брак при нагреве, температурные напряжения, окисление, обезуглероживание)
9. Конвективный теплообмен
10. Теплообмен излучением, радиационные свойства тел, основные законы
11. Расчет теплообмена излучением в печах с лучепрозрачной средой
12. Расчет теплообмена излучением в печах с не лучепрозрачной средой
13. Режимы внешнего теплообмена
14. Нестационарная теплопроводность, дифференциальное уравнение теплопроводности, краевые условия
15. Расчет нагрева металла
16. Стационарная теплопроводность, плоская многослойная стенка
17. Конструкции печей для нагрева слитков под прокатку
18. Конструкции печей для нагрева слитков под ковку
19. Конструкции печей для нагрева заготовок перед прокаткой
20. Футеровка нагревательных печей (назначение, конструкции, свод, под, стены)
21. Механизм транспортирования заготовок в печах, загрузка, выгрузка
22. Режимы нагрева стали (одно, двух, трехстадийный)
23. Регенераторы нагревательных печей, устройство, принцип работы
24. Рекуператоры нагревательных печей, конструкции, устройство, принцип работы (металлические, керамические)
25. Режимы движения теплоносителей, расчет теплообмена в рекуператоре
26. Тепловой баланс нагревательной печи (цель составления, приходные, расходные статьи)
27. Экологические аспекты работы нагревательных печей.

5 Выполнение курсового проекта

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсового проекта по заданной теме.

Тема курсового проекта: «Проектирование нагревательной печи» (по вариантам).

Перед выдачей темы курсового проекта обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсового проекта загружается обучающимся в СУО «Moodle».

6 Вопросы к защите курсового проекта

1. Определение теоретического и действительного количества воздуха, количества и состава продуктов сгорания при горении газообразного топлива.

2. Температуры горения и методика их определения.
3. Тепловой расчет электрических печей сопротивления.
4. Выбор и расчет форсунок, горелок.
5. Схема и расчет сложного теплообмена в промышленных печах.
6. Расчет нагрева тонких тел в печах с постоянной и переменной температурой.
7. Тепловой расчет рекуператоров.
8. Расчет нагрева массивных тел.
9. Расчет продолжительности нагрева заготовок по критериальным зависимостям и эмпирическим формулам.
10. Сущность процессов окисления и обезуглероживания. Факторы, влияющие на эти процессы. Количественные показатели окисления.
11. Методика расчета и основные этапы проектирования пламенных печей.
12. Расчет приходной части теплового баланса пламенных печей.
13. Расчет расходной части теплового баланса пламенных печей.
14. Расчет нагревательных элементов электрических печей сопротивления.
15. Табличный метод определения расхода воздуха и количества продуктов сгорания при горении жидкого топлива.
16. Определение установочной мощности электрической печи сопротивления.
17. Расчет сложного теплообмена в пламенных нагревательных печах.
18. Расчет интенсивности внешнего теплообмена в зонах рабочего пространства печи.