Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 19.06.2025 11:59:52
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Е.В. Сафонов/

« 27 » февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Металлургическая теплотехника

Направление подготовки/специальность
22.03.02 Металлургия

Профиль/специализация
Инновации в металлургии

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
Очно-заочная, заочная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

Доцент кафедры металлургии  /Герцык С.И./

Согласовано:

Заведующий кафедрой металлургии  Шульгин А.В.

Оглавление

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....5
3. Структура и содержание дисциплины....5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость....5
3.2 Тематический план изучения дисциплины....6
3.3 Содержание дисциплины....9
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....10
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....10
4.1 Нормативные документы и ГОСТы....10
4.2 Основная литература....10
4.3 Дополнительная литература....11
4.4 Электронные образовательные ресурсы....11
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....11
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....12
5. Материально-техническое обеспечение....12
6. Методические рекомендации....12
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....12
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....13
7. Фонд оценочных средств....13
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения....13
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения....14
Форма промежуточной аттестации: экзамен....14
7.3 Оценочные средства....15

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Цель – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области металлургической теплотехники, развитие и углубление знаний расширение научного кругозора и эрудиции в области теплофизики, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

Задачи:

– ознакомление студентов с процессами нагрева перед пластической деформацией и термической обработкой металла;

– формирование знаний технологических схем производства черных металлов. В области металлургического производства курс охватывает круг вопросов, связанных с качеством металлопродукции. Рассматриваются вопросы качественного нагрева металла перед обработкой давлением и с целью термической обработки. Отдельно уделяется внимание новому оборудованию (системе отопления печей), обеспечивающему быстрый и равномерный нагрев металлопродукции и производится сравнение его с оборудованием, известным в металлургии;

– освоение методик расчета нагрева металлопродукции сложной формы и умение их практического применения к реальным металлургическим процессам;

– подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению.

Планируемые результаты обучения – освоение основных закономерностей процессов теплопередачи, способов и методов нагрева металлопродукции, овладение теоретическими основами всех видов переноса тепла и массы, оптимизации процессов нагрева металлов и сплавов.

Обучение по дисциплине «Металлургическая теплотехника» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ИОПК-1.1 знает: основы истории, философии, математики, физики, химии, информационно-коммуникационных технологий, инженерной и компьютерной графики ИОПК-1.2 умеет: решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования. ИОПК-1.3 имеет навыки: решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа,

	естественнонаучные и общеинженерные знания

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».
«Металлургическая теплотехника» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- математика;
- физика;
- теплофизика;
- металлургические технологии.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(е) единиц(ы) (216 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1.Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**6**
	В том числе:		
1.1	Лекции	**36**	**6**
1.2	Семинарские/практические занятия	**18**	**6**
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**162**	**6**
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		**Экзамен**
	Итого	**216**	**6**

3.1.2.Заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
1	**Аудиторные занятия**	**22**	**6**
	В том числе:		
1.1	Лекции	**12**	**6**
1.2	Семинарские/практические занятия	**10**	**6**
1.3	Лабораторные занятия		

2	**Самостоятельная работа**	**194**	**6**
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**Экзамен**	
	Итого	**216**	**6**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1.Очно-заочная форма обучения

п/п	Разделы/темы Дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1 1	**Тема 1. Основы механики жидкостей и газов**	**82**	**14**	**8**			**60**
1.1	Раздел 1. Основные понятия механики и кинематики текучих сред	14	2	2			10
1.2	Раздел 2. Уравнение неразрывности (сплошности). Силы, действующие в движущейся идеальной жидкости. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера).	26	4	2			20
2 1.3	Раздел 3. Уравнение Бернулли для трубки тока идеальной жидкости. Статика жидкостей и газов. Динамика реальной жидкости. Потери давления при движении жидкостей и газов.	26	4	2			20
1.4	Раздел. 4 Уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье-Стокса). Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Движение газов и режим давления в печах.	16	4	2			10
2	**Тема 2. Теплогенерация**	**98**	**12**	**6**			**80**
2.1	Раздел 1**.** Газовые топлива, используемые в промышленных печах заводов черной металлургии. Выбор топлива и методов его сжигания.	14	2	**2**			10
2.2	Раздел 2. Основы теории горения Схема формирования факела.	12	2				10

	Проскок и отрыв факела от носика горелочного сопла.						
2.3	Раздел 3. Газо-горелочные устройства. Расчеты горения топлива. Сжигание газообразного и жидкого топлива. Примеры расчетов.	50	6	4			40
2.4	Раздел 4. Теплофизические основы преобразования электрической энергии в тепловую. Теплогенерация за счет выгорания примесей металла и шихты.	22	2				20
3	**Тема 3. Строительные элементы и механического оборудование печей.**	**36**	**10**	**4**			**22**
3.1	Раздел 1. Огнеупорные материалы. Классификация и свойства огнеупорных изделий. Производство огнеупоров. Теплоизоляционные материалы, используемые в печестроении. Строительные элементы печей.	14	4				10
3.2	Раздел 2. Теплотехнические основы утилизации тепла уходящих дымовых газов. Конструкции теплообменных устройств. Регенеративные и рекуперативные теплообменники	22	6	4			12
	Итого	**216**	**36**	**18**			**162**

3.2.2. Заочная форма обучения

п/п	**Разделы/темы Дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1 1	**Тема 1. Основы механики жидкостей и газов**	**89**	**5**	**4**			**80**

1.1	Раздел 1. Основные понятия механики и кинематики текучих сред	12	1	1			10
1.2	Раздел 2. Уравнение неразрывности (сплошности). Силы, действующие в движущейся идеальной жидкости. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера).	11	1				10
2 1.3	Раздел 3. Уравнение Бернулли для трубки тока идеальной жидкости. Статика жидкостей и газов. Динамика реальной жидкости. Потери давления при движении жидкостей и газов.	44	**2**	2			40
1.4	Раздел. 4 Уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье-Стокса). Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Движение газов и режим давления в печах.	22	1	1			20
2	**Тема 2. Теплогенерация**	**98**	**4**	**4**			**90**
2.1	Раздел 1**.** Газовые топлива, используемые в промышленных печах заводов черной металлургии. Выбор топлива и методов его сжигания.	17	1	1			15
2.2	Раздел 2. Основы теории горения. Схема формирования факела. Проскок и отрыв факела от носика горелочного сопла	21	1				20
2.3	Раздел 3. Газо-горелочные устройства. Расчеты горения топлива. Сжигание газообразного и жидкого топлива. Примеры расчетов.	43	1	2			40
2.4	Раздел 4. Теплофизические основы преобразования электрической энергии в тепловую. Теплогенерация за счет выгорания примесей металла и шихты. Алгоритм расчета электронагревателей.	17	1	1			15
3	**Тема 3. Строительные элементы и механического оборудование печей.**	**29**	**3**	**2**			**24**
3.1	Раздел 1. Огнеупорные материалы.						

	Классификация и свойства огнеупорных изделий. Производство огнеупоров. Теплоизоляционные материалы, используемые в печестроении. Строительные элементы печей.	10	1				9
3.2	Раздел 2. Теплотехнические основы утилизации тепла уходящих дымовых газов. Конструкции теплообменных устройств. Регенеративные и рекуперативные теплообменники	19	2	2			15
	Итого	**216**	**12**	**10**			**194**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Основы механики жидкостей и газов

Раздел 1**.** Предмет и построение курса, его основные разделы и связь с другими дисциплинами. Основные понятия механики и кинематики текучих сред: вязкость, текучесть, идеальная и реальная жидкость, теплофизические параметры и их взаимосвязь.

Раздел 2. Вывод уравнения неразрывности (сплошности). Силы, действующие в движущейся идеальной жидкости. Уравнение движения идеальной жидкости.

Раздел 3. Понятие трубки и линии тока. Вывод уравнения Бернулли для трубки тока идеальной жидкости. Его физический смысл. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера).

Раздел 4. Уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье-Стокса). Элементы теории гидродинамического пограничного слоя. Движение газов и режим давления в печах. Применение уравнения Бернулли для решения практических задач.

Тема 2. Теплогенерация

Раздел 1**. Т**оплива, используемые в промышленных печах заводов черной металлургии. Выбор топлива и методов его сжигания. Определение необходимого количества воздуха для сжигания единицы топлива, состава и количества продуктов горения. Температура горения.

Раздел.2. Основы теории горения. Схема формирования факела. Устойчивое и неустойчивое горение. Проскок и отрыв факела от носика горелочного сопла. Определение длины факела.

Раздел 3**.** Газо-горелочные устройства, их конструкции. Расчеты горения топлива, особенности сжигания жидкого топлива. Коэффициент расхода воздуха. Полное и неполное сжигание топлива. Вредные вещества, образующиеся в продуктах горения.

Раздел 4. Теплофизические основы преобразования электрической энергии в тепловую. Алгоритм расчета электрических нагревательных элементов. Особенности конструкций электрических печей. Теплогенерация за счет выгорания примесей металла и шихты.

Тема 3. Строительные элементы и механического оборудование печей.

Раздел 1. Огнеупорные материалы для футеровки промышленных печей**.** Классификация огнеупорных изделий. Производство огнеупоров. Их рабочие и физические свойства. Теплоизоляционные материалы. Строительные элементы печей: каркасы, конструкции сводов.

Раздел 2. Теплотехнические основы утилизации тепла уходящих дымовых газов. Конструкции теплообменных устройств. Регенеративные и рекуперативные теплообменники. Схемы движения теплоносителей. Эффективность использования подогрева компонентов горения.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1.Семинарские/практические занятия

Практическое занятие по теме 1. Основы механики жидкости и газов. Гидродинамические расчеты систем.

Практическое занятие по теме 2. Расчеты горения топлива. Расчет параметров газовых горелок.

Практическое занятие по теме 3. Расчеты теплоутилизационных устройств.

3.4.2.Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Учебным планом не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

При изучении дисциплины не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Металлургическая теплотехника [электронный ресурс]: электрон. учебн.-метод. комплекс дисциплины / Тинькова С.М. и др. Сиб. федерал. ун-т. – Красноярск: ИПК

СФУ, 2007. – on-line. URL: http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/62/ (дата обращения 09.2017) – Режим доступа: свободный.

2. Вагин, А.А. Топливо, огнеупоры и металлургические печи / А.А. Вагин, В.А. Кривандин, И.А. Прибытков, Н.И. Перлов. Москва: Металлургия, 1978. − 431 с.

3. Кривандин, В.А. Теплотехника металлургического производства. Т1. / В.А. Кривандин, В.А. Арутюнов, В.В. Белоусов [и др.]. Москва: изд. дом МИСиС, 2002. − 607 с.

4. Филимонов, Ю.П. Топливо и печи /Ю.П. Филимонов, Н.С. Громова. Москва: Металлургия, 1987. – 320 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Цветков, Ф.Ф. Задачник по тепломассообмену/Ф.Ф. Цветков, Р.В. Керимов В.И. Величко. Москва: Изд. дом МЭИ, 2008. − 196 с.

2. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С. Теплотехника: уч. пособие [Электронный ресурс]− Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2012. − 208 с. – Режим доступа: http://e.lanbook./com/book/3900

3. Круглов Г.А. и др. Теплотехника. [Электронный ресурс]− Электрон. дан. – СПб: Лань, 2017 –384 с. – Режим доступа: http://e.lanbook./com/book/93750

4. Интерактивный учебник: Основы металлургии | Металлургический портал MetalSpace.ru. http://www.metalspace.ru/education-career/osnovy-metallurgii.html

5. Металлургические процессы http://starkproject.com/metal/nonferrous-metallurgy/1893-metallurgical-processes.html

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. Теплопередача и Металлургическая теплотехника https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=283

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование	Разработчик ПО (правообладатель)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)

1.	Мой Офис	ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"	Лицензионное	https:// reestr.digital.gov.ru/ reestr/301558/? sphrase_id=943375

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
1.	Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http:// www.consultant.ru	Доступно
Электронно-библиотечные системы			
1.	Лань	https://e.lanbook.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
2.	IPR Books	https://www.iprbookshop.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений
Профессиональные базы данных			
1.	База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	http://www.elibrary.ru	Доступно
2.	WebofScienceCoreCollection – политематическая реферативно-библиографическая инаукометрическая (библиометрическая) база данных	http://webofscience.com	Доступно

5. Материально-техническое обеспечение

Аудитории кафедры «Металлургия» ав1204, ав1205, ав1206, ав1206а оснащены ноутбуками, проектором, экраном, учебным материалом.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При организации учебных занятий (лекций, семинаров, практических занятий, лабораторных, самостоятельных и выпускных работ, а также курсового проектирования) следует использовать элементы интерактивного обучения на всех этапах для вовлечения студентов в процесс познания. Для этого целесообразно использовать следующие формы:

– диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и студента;

– моделирование, то есть воспроизведение в условиях обучения по данной дисциплине процессов, происходящих в реальности;

– компьютеризация обучения для интенсификации и расширения возможностей образовательного процесса;

– использование средств наглядности: стенды с комплектом учебно-методической литературы, плакаты по темам, натурные образцы, мультимедийные системы, картотеку учебных видеослайдов и видеофильмов и др.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для максимальной индивидуализации деятельности студента, Учебным планом предусматривается время для самостоятельной работы.

Среди основных видов самостоятельной работы традиционно выделяют: творческую деятельность студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке к лекциям, семинарским и практическим занятиям, зачетам и экзаменам, презентациям и докладам; написание рефератов, выполнение лабораторных и контрольных работ; участие в научной работе и пр.

Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация (экзамен).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех предусмотренных форм текущего контроля.

Шкала оценивания	Описание
«Отлично»	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
«Хорошо»	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: Основ механики жидкостей и газов, Теплогенерации в металлургических печах, Элементов и оборудования печей.

«Удовлетвори-тельно»	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: Основ механики жидкостей и газов, Теплогенерации в металлургических печах, Элементов и оборудования печей. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
«Неудовлетво-рительно»	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, ИЛИ Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, предусмотренных при изучении дисциплины, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости и промежуточных аттестаций и следующие виды самостоятельной работы:

– чтение рекомендованной литературы при подготовке к лекционным, практическим и самостоятельным (контрольным) заданиям;

– бланковое и компьютерное тестирование;

– рефераты, доклады на СНК.

Планирование времени на самостоятельную работу студентам лучше осуществлять на весь семестр и предусматривать регулярное повторение пройденного учебного материала.

Для углубленного изучения рекомендуется использовать издания, указанные в списке дополнительной литературы.

Для расширения знаний следует использовать сведения, полученные из Интернет-источников на соответствующих сайтах, а также проводить поиск в различных системах, таких как Yandex, Rambler, и пользоваться специализированными сайтами, такими как www.anticor.ru, http://www.naukaran.ru, http://www.maik.ru и другими, рекомендованными преподавателем на лекционных занятиях.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-1	Способностью решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания.

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации

1. Свойства газов и жидкостей: текучесть, вязкость, теплофизические свойства, понятие «идеальной» и «реальной» жидкости,
2. Уравнение неразрывности (сплошности) и его физический смысл.
3. Формирование гидродинамического пограничного слоя на твердой поверхности, обтекаемой потоком жидкости.
4. Принципы вывода уравнения Эйлера.
5. Трубка тока и линии тока. Уравнение Бернулли для трубки тока идеальной жидкости.
6. Перечислить члены уравнения Бернулли, их размерность.
7. Потери давления при движении потока реальной жидкости.
8. Статика газов. Как изменяется давление газов по высоте? По глубине?
9. Принципы расчета высоты дымовой трубы.
10. Расчеты горения топлива. Показать на примере расчета горения $1м^3$ гомолога метана.
11. Высшая и низшая теплота сгорания топлива.
12. Полное и неполное горение топлива. Коэффициент расхода воздуха.
13. Схема расчета состава и количества продуктов горения топлива. Показать на примере
14. Как рассчитать необходимое количество воздуха для полного сгорания единицы топлива?
15. Калориметрическая, теоретическая и действительная температуры горения топлива.

16. Для чего составляют материальный баланс горения?
17. Пирометрический коэффициент. Его значение для разных конструкций печей.
18. Огнеупорные материалы, рабочие и физические свойства и производство.
19. Классификация огнеупорных материалов по химико-минералогическому составу.
20. Теплоизоляционные материалы и их роль в тепловой работе печей.
21.Теплотехнические основы утилизации тепла дымовых газов.
22. Теплоутилизационные устройства, их конструктивные разновидности.
23.Схемы движения теплоносителей в теплоутилизационных установках.
24. Регенеративные устройства, их особенности, применение.