



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

УТВЕРЖДАЮ  
*Смирнова*  
Директор ИСАиИ  
О.С. Логунова  
17.02.2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### ГЕНЕРАТОРЫ ТЕПЛА

Направление подготовки (специальность)  
08.03.01 Строительство

Направленность (профиль/специализация) программы  
Теплогазоснабжение и вентиляция

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт строительства, архитектуры и искусства
Кафедра	Управления недвижимостью и инженерных систем
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 481)

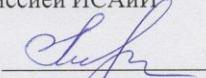
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Управления недвижимостью и инженерных систем

12.02.2020, протокол № 7

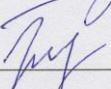
Зав. кафедрой  Ю.А. Морева

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИСАиИ

17.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  О.С. Логунова

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры УНиИС, канд. техн. наук 

Г.Н. Трубицына

Рецензент:

технический директор ООО "МЕТАМ", канд. техн. наук

 Г.А. Павлова

## **Лист актуализации рабочей программы**

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Управления недвижимостью и инженерных систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.А. Морева

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Управления недвижимостью и инженерных систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.А. Морева

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Управления недвижимостью и инженерных систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.А. Морева

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Управления недвижимостью и инженерных систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.А. Морева

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

Целью освоения дисциплины «Генераторы тепла» являются: формирование у студентов знаний в области разработки, монтажа и эксплуатации генераторов тепла с учетом экологической, топливно-энергетической и экономической ситуации в стране, а также формирование общекультурных и профессиональных компетенций.

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

Дисциплина Генераторы тепла входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Механика жидкости и газа с основами гидравлики

Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен)

Математика

Начертательная геометрия и компьютерная графика

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

Энергосбережение в системах теплогазоснабжения и вентиляции

Кондиционирование воздуха и холода снабжение зданий

Основы теории надежности систем теплогазоснабжения и вентиляции

Вторичные энергетические ресурсы

Централизованное теплоснабжение

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Генераторы тепла» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способен выполнить специальные расчеты для проектирования котельных, центральных тепловых пунктов
ПК-4.3	
ПК-4.2	
ПК-4.1	Составляет тепловую схему и выполняет гидравлические расчеты трубопроводов котельных, центральных тепловых пунктов

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

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

- контактная работа – 59,7 акад. часов;
- аудиторная – 56 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,7 акад. часов
- самостоятельная работа – 12,6 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение.								
1.1 1.1. Роль и место энергетики в народном хозяйстве России, опережающее место энергетики – основа развития производства, сведения о системах теплопотребления, теплогенерирующая установка и ее элементы, перспективы и основные тенденции развития ТГУ. Принципиальные схемы получения тепловой энергии.	6	2		1/1И	Самостоятельное изучение учебной литературы Подготовка к практическим занятиям		Устный опрос.	ПК-4.1
Итого по разделу		2		1/1И				
2. Источники тепловой энергии, топливо, тепловые ресурсы								
2.1 Классификация, основные направления их использования, традиционные и нетрадиционные источники тепловой энергии, вторичные источники тепла. Топливно-энергетические ресурсы, классификация, структура; возобновляющиеся и невозобновляющиеся ресурсы, объем и размещение ТЭР в Мире, регионах России, тенденции развития баланса.	6				3	Самостоятельное изучение учебной литературы Подготовка к практическим занятиям	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-4.1

2.2 Органическое топливо, классификация, происхождение. Элементный и технический состав топлива, приведенные характеристики топлива, условное топливо. Твердое топливо, жидкое, газообразное, искусственное, ядерное: классификация, состав и свойства.		2	Самостоятельное изучение учебной литературы Подготовка к практическим занятиям		Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-4.1	
			Самостоятельное изучение учебной литературы Подготовка к практическим занятиям				
2.3 Методики расчетов горения твердого, жидкого и газообразного топлива. Физико-химические основы процесса горения: основные понятия и определения, химические реакции горения. Закон Гесса.		4	8/4И	5	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-4.1	
Итого по разделу		4	8/4И	5			
3. Теплогенерирующие установки: паровые и водогрейные котлы							
3.1 Вводные понятия. Котлы на органическом топливе: классификация, рабочие параметры, котлы с естественной и принудительной циркуляцией, прямоточные, водогрейные котлы. Особенности конструирования котлов. Паро- и теплогенераторы атомных станций. Паро- и теплогенераторы гелио- и геотермальных установок.	6	2	2		Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным работам	Устный опрос	ПК-4.1
3.2 Современные отечественные и зарубежные котлы на российском рынке: особенности конструкции, преимущества и недостатки			2	0,6	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным работам	Устный опрос	ПК-4.1
Итого по разделу		2		4	0,6		
4. Тепловой расчет теплогенератора на органическом топливе							
4.1 Конструкторский и поверочный расчет котла. Цели и задачи расчета. Нормативный метод расчета котельных агрегатов. Тепловая схема котла.	6	2	2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-4.1

4.2 Энталпия продуктов сгорания и рабочих тел. Построение I-t диаграммы уходящих газов и использование ее в тепловых расчетах котла.			2	1	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-4.1
4.3 Эффективность использования топлива в котле. Материалный и тепловой баланс котельного агрегата. Приходные и расходные статьи теплового баланса. Понятия К.П.Д. брутто и нетто.		2	2	1	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-4.1
4.4 Особенности теплового расчета радиационных, конвективно-радиационных и конвективных поверхностей нагрева		4	2/И	1	Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение домашних заданий Подготовка к аудиторным занятиям	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-4.1
Итого по разделу	8		8/И	5			
5. Топочные процессы и топки для сжигания топлив.							
5.1 Классификация топок. Закономерности теплообмена в топке. Показатели работы топочных устройств. Сжигание топлива в плотном фильтрующем слое. Закономерности горения твердого кускового топлива в слое.		2	1/И		Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение курсовой работы	Фронтальный опрос Проверка раздела курсовой работы	ПК-4.1
5.2 Процесс сжигания топлива в кипящем слое. Особенности сжигания пылевидного топлива. Вихревые топки. Особенности конструкции. Факельные топки. Топки и горелки для сжигания пылевидного, жидкого и газообразного топлива. Диффузионное и кинетическое горение.	6	2	1/И		Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение курсовой работы	Фронтальный опрос	ПК-4.1
Итого по разделу	4		2/И				
6. Испарительные поверхности нагрева							

6.1 Экранные трубы. Способы интенсификации теплообмена в топке. Назначение и классификация пароперегревателей. Конструкции и компоновка пароперегревателей. Регулирование температуры пара	6	2		2/1И		Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение курсовой работы	Фронтальный опрос Проверка раздела курсовой работы	ПК-4.1
6.2 Хвостовые поверхности котельного агрегата. Экономайзеры. Классификация. Воздухоподогреватели. Классификация. Расположение экономайзера и воздухоподогревателя в газовом тракте.		1		2		Самостоятельное изучение учебной литературы Выполнение курсовой работы	Фронтальный опрос Проверка раздела курсовой работы	ПК-4.1
Итого по разделу		3		2/1И	2			
7. Гидро- и аэродинамика парового котла								
7.1 Условия надежной работы котла. Системы газовоздушного тракта. Аэродинамические сопротивления. Выбор тягодутьевых устройств. Дымовые трубы	6	2		1/1И		Самостоятельное изучение учебной литературы	Фронтальный опрос Проверка раздела курсовой работы	ПК-4.1
Итого по разделу		2		1/1И				
8. Технико-экономические показатели теплогенерирующих установок								
8.1 Классификация показателей работы теплостанции. Себестоимость производства тепловой энергии и особенности ее расчета. Определение капиталовложений в новую теплостанцию.	6	2		2		Самостоятельное изучение учебной литературы	Фронтальный опрос	ПК-4.1
8.2 Оценка сравнительной экономической эффективности капиталовложений в новую технику и охрану окружающей среды от загрязнений промышленными выбросами		1				Самостоятельное изучение учебной литературы	Фронтальный опрос	ПК-4.1
Итого по разделу		3		2				
Итого за семестр		28		28/10И	12,6		экзамен	
Итого по дисциплине		28		28/10И	12,6		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Генераторы тепла» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

1. Для формирования новых теоретических и фактических знаний используются лекции:

обзорные – для рассмотрения общих вопросов и понятий курса «Генераторы тепла», которые необходимы для систематизации и закрепления знаний;

информационные – для ознакомления с основными принципами проектирования и расчетов котельных агрегатов, а также для изучения процессов, происходящих в элементах котельной установки;

проблемные - для развития исследовательских навыков и изучения способов решения задач.

2. Для приобретения новых фактических знаний и практических умений используются практические занятия:

практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи;

разбор результатов тематических контрольных работ, анализ ошибок, совместный поиск вариантов рационального решения учебной проблемы.

3. Для приобретения новых теоретических и фактических знаний, когнитивных и практических умений используется самостоятельная работа:

самостоятельное изучение учебной литературы, конспектов лекций;

подготовка к аудиторным контрольным работам;

выполнение курсовой работы.

4. Для проведения занятий в интерактивной форме:

ориентация студентов на образовательные интернет-ресурсы.

работа в команде;

семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе

В ходе проведения занятий предусматривается использование средств вычислительной техники при выполнении индивидуальных заданий, контрольных работ, курсовой работы.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **a) Основная литература:**

1. Морозов, А. П. Теплогенерирующие установки. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие / А. П. Морозов, Г. Н. Трубицына ; МГТУ, [каф. ТиЭС]. - Магнитогорск, 2010. - 275 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=342.pdf&show=dcatalogues/1/1074805/342.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

**б) Дополнительная литература:**

1. Антонов, В. Н. Проектирование тепловой схемы и выбор основного оборудования промышленно-отопительной ТЭС : учебное пособие / В. Н. Антонов, Т. П. Семенова ; МГТУ. - Магнитогорск : [МГТУ], 2017. - 82 с. : ил., табл., схемы, граф., эскизы. - URL:<https://magnitogorsk.ru/upload/fileUpload?name=3465.pdf&show=dcatalogues/1/1514266/3465.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Злоказова, Н. Г. Энергетика и охрана окружающей среды. Курс лекций : учебное пособие / Н. Г. Злоказова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magnitogorsk.ru/upload/fileUpload?name=1435.pdf&show=dcatalogues/1/1123955/1435.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

**в) Методические указания:**

Осколков, С. В. Расчет системы теплоснабжения промышленно-жилого региона : учебно-методическое пособие / С. В. Осколков, Е. Б. Агапитов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magnitogorsk.ru/upload/fileUpload?name=1264.pdf&show=dcatalogues/1/1123442/1264.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM

**г) Программное обеспечение****Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно

MS Windows 10 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
--	-------------------------	------------

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная научометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционные аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации (интерактивная доска в комплекте с проектором и компьютером); демонстрационные стенды, плакаты, наглядные пособия.

Помещения для самостоятельной работы: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Аудитории для практических занятий, групповых индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: демонстрационные стенды, плакаты, наглядные пособия.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Шкафы и стеллажи для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий;

инструменты и оборудование для обслуживания

### **Приложение 1 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и выполнения упражнений, которые определяет преподаватель для студента.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала и выполнения курсовой работы с консультациями преподавателя.

**Примеры заданий аудиторных контрольных работ**

**АКР №1, 2 Принципиальные схемы получения тепловой энергии.**

1. Анализ схем получения тепловой энергии
2. Изучить принципиальные схемы получения тепловой энергии из органического топлива
3. Изучить принципиальные схемы получения тепловой энергии из ядерного топлива.
4. Изучить принципиальные схемы получения тепловой энергии за счет солнечной энергии и геотермальных вод

**АКР №3, 4. Состав и характеристики топлива**

**Задача 1**

Определить состав рабочей массы челябинского угля марки Б3, если состав его горючей массы:  $Cr = 71,1\%$ ,  $Hr = 5,3\%$ ,  $S_{Lz} = (S_{Opz} + S_{Kz}) = 1,9\%$ ,  $Nr = 1,7\%$ ,  $Or = 20,0\%$ ; зольность сухой массы  $Ac = 36\%$  и влажность рабочая  $W_p = 18,0\%$ .

**Задача 2**

Определить состав горючей массы кизеловского угля марки Г, если состав его рабочей массы:  $Cp = 48,5\%$ ;  $Hp = 3,6\%$ ;  $S_{Lp} = 6,1\%$ ;  $Np = 0,8\%$ ;  $Op = 4,0\%$ ; зольность сухой массы  $Ac = 33,0\%$  и влажность рабочая  $W_p = 6,0\%$ .

**Задача 3**

Сушка березовского угля с составом рабочей массы  $W_p = 33\%$ ;  $Ap = 4,7\%$ ;  $Sp = 0,2\%$ ;  $Cp = 44,3\%$ ;  $Hp = 3,0\%$ ;  $Np = 0,4\%$ ;  $Op = 14,4\%$ ; производиться при разомкнутой схеме.

Определить состав рабочей массы подсушенного до  $W_p = 10,0\%$  топлива.

**Задача 4**

Определить состав горючей массы нерюнгринского угля, если известен состав рабочей массы:  $W_p = 9,5\%$ ;  $Ap = 12,7\%$ ;  $Sp = 0,2\%$ ;  $Cp = 66,1\%$ ;  $Hp = 3,3\%$ ;  $Np = 0,7\%$ ;  $Op = 7,5\%$ ;

**Задача 5**

Определить рабочий состав эстонских сланцев, если известен элементарный состав горючей массы:  $Sr = 5,25\%$ ;  $Cr = 72,13\%$ ;  $Hr = 10,16\%$ ;  $Nr = 0,33\%$ ;  $Or = 12,13\%$ ; Рабочая масса имеет:  $W_p = 13,0\%$ ;  $(CO_2)_{kp} = 16,5\%$ ;  $Ap = 40,0\%$ .

**АКР №5, 6, 7, 8      Физико-химические основы процесса горения**

**Задача 1**

Определить низшую и высшую теплоту сгорания рабочей массы челябинского угля марки Б3 состава:  $W_p = 18,0\%$ ;  $Ap = 29,5\%$ ;  $S_{Lp} = 1,0\%$ ;  $Cp = 37,3\%$ ;  $Hp = 2,8\%$ ;  $Np = 0,9\%$ ;  $Op = 10,5\%$ .

**Задача 2**

Определить низшую и высшую теплоту сгорания рабочей массы кузнецкого угля марки Д, если состав его горючей массы:  $S_{LZ} = 0,4\%$ ;  $Cr = 78,5\%$ ;  $Hr = 5,6\%$ ;  $Nr = 2,5\%$ ;  $Or = 13,0\%$ . Зольность сухой массы  $Ac = 15,0\%$  и влажность рабочая  $W_p = 12,0\%$ .

#### Задача 3

Определить низшую и высшую теплоту сгорания рабочей и сухой массы донецкого угля марки Г, если известны его низшая теплота сгорания горючей массы  $Q_{nc} = 33170 \text{ кДж/кг}$ , зольность сухой массы  $Ac = 25,0\%$  и влажность рабочая  $W_p = 8,0\%$ .

#### Задача 4

Определить объем продуктов полного сгорания на выходе из топки, а также теоретический и действительный объемы воздуха, необходимые для сгорания 1м<sup>3</sup> природного газа Ставропольского месторождения состава: CO<sub>2</sub> = 0,2%, CH<sub>4</sub> = 98,2%, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> = 0,4%, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> = 0,1%, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> = 0,1%, N<sub>2</sub> = 1,0%. Коэффициент избытка воздуха в топке  $\alpha_t = 1,2$ .

#### Задача 5

Определить, насколько объем газов за пароперегревателем превосходит объем воздуха, поступающего через горелки в паровом котле с избытком воздуха за топочной камерой 1,20, присосами воздуха в ней 0,05, в пылесистеме 0,04 и присосами воздуха в пароперегревателе 0,03. Топливо – промпродукт каменных углей марки Г (Приложение 1, топливо №7).

#### Задача 6

Определить состав продуктов сгорания в ходящих газах ( $VR02, VN20, VH200, Vz0, Vz$ ) при сжигании донецкого угля марки Д (приложение 1, топливо №1) при  $\alpha = 1$  и избытке воздуха в уходящих газах  $\alpha_{ux} = 1,35$ .

#### Задача 7

Как изменяются объем и объемные доли трехатомных газов и водяных паров, если при сжигании челябинского бурого угля (приложение 1, топливо №12) избыток воздуха увеличить с 1,2 до 1,3?

#### Задача 8

Выполнить расчеты горения топлива. Вид топлива выбрать согласно вариантам задания для курсовой работы

### **АКР №9. Особенности конструирования котлов.**

- 1 Изучить принципиальные схемы получения тепловой энергии
- 2 Проверка выполненных заданий

### **АКР №10. Современные отечественные и зарубежные котлы на российском рынке: особенности конструкции, преимущества и недостатки**

По каталогам отечественных и зарубежных производителей изучить устройство котлов, охарактеризовать особенности конструкций.

### **АКР №11 Конструкторский и поверочный расчет котла. Цели и задачи расчета.**

#### **Нормативный метод расчета котельных агрегатов. Тепловая схема котла.**

Изучение нормативного метода расчета котельных агрегатов. Построение тепловой схемы котла согласно заданию.

## **АКР №12, 13, 14 Энталпия продуктов сгорания и рабочих тел. Построение I-t диаграммы уходящих газов**

### **Задача 1**

Определить энталпию продуктов сгорания на выходе из топки, получаемых при полном сгорании 1кг карагандинского угля марки К состава:  $W_p = 8,0\%$ ;  $A_p = 27,6\%$ ;  $S_{lp} = 0,8\%$ ;  $C_p = 54,7\%$ ;  $H_p = 3,3\%$ ;  $N_p = 0,9\%$ ;  $O_p = 4,8\%$ , если известно, что температура газов на выходе из топки равна  $\theta_z = 1000^\circ\text{C}$ , доля золы топлива, уносимой продуктами сгорания, аун = 0,85 и приведенная величина уноса золы сжигаемого топлива Апр.ун = 4,6%. Коэффициент избытка воздуха в топке 1,3.

### **Задача 2**

Как изменится энталпия продуктов сгорания уходящих газов при сжигании ангренского угля (см. приложение 1, топливо №13), если его влажность увеличить с 34,5 до 45%?

Температуру уходящих газов принять  $160^\circ\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха 1,4.

### **Задача 3**

Как изменится энталпия продуктов сгорания на выходе из топки при сжигании Назаровского бурого угля (см. приложение 1, топливо №15), если замкнутую схему сушки заменить на разомкнутую с влажностью  $W_{pl} = 13,0\%$ ? Принять  $\vartheta_m = 1100^\circ\text{C}$ , Коэффициент избытка воздуха 1,20.

### **Задача 4**

По результатам расчетов горения топлива ( для заданного варианта) определить энталпию продуктов сгорания для топки, пароперегревателя, водяного экономайзера с учетом подсоса воздуха в газовых трактах котла в диапазоне температур от  $2000^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ .

### **Задача 5**

По результатам расчетов построить I – T диаграмму продуктов сгорания для топки, пароперегревателя и водяного экономайзера.

**АКР №15, 16.** Эффективность использования топлива в котле. Материальный и тепловой баланс котельного агрегата. Приходные и расходные статьи теплового баланса.

К.П.Д. брутто

### **Задача 1**

В топке котельного агрегата паропроизводительностью  $D = 13,4 \text{ кг/с}$  сжигается подмосковный уголь марки Б2 состава: :  $W_p = 32,0\%$ ;  $A_p = 25,2\%$ ;  $S_{lp} = 2,7\%$ ;  $C_p = 28,7\%$ ;  $H_p = 2,2\%$ ;  $N_p = 0,6\%$ ;  $O_p = 8,6\%$ . Составить тепловой баланс котельного агрегата, если известны температура топлива при входе в топку  $t = 20^\circ\text{C}$ , натуральный расход топлива  $B = 4 \text{ кг/с}$ , давление перегретого пара  $P_{pl.p} = 4 \text{ МПа}$ , температура перегретого пара  $t_{pl.p} = 450^\circ\text{C}$ , температура питательной воды  $t_{pl.b} = 150^\circ\text{C}$ , величина непрерывной продувки  $D = 4\%$ ; теоретический объем воздуха, необходимый для сгорания 1кг топлива,  $V_o = 2,94 \text{ м}^3/\text{кг}$ , объем уходящих газов на выходе из последнего газохода  $V_{uh} = 4,86 \text{ м}^3/\text{кг}$ , температура уходящих газов на выходе из последнего  $\theta_{uh} = 160^\circ\text{C}$ , средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении  $c = 1,415 \text{ кДж/(м}^3\text{К)}$ , коэффициент избытка воздуха за последним газоходом аух = 1,48, температура воздуха в котельной  $t_b = 30^\circ\text{C}$ , средняя объемная теплоемкость воздуха при постоянном давлении  $c = 1,297 \text{ кДж/(м}^3\text{К)}$ ; содержание в уходящих газах оксида углерода CO = 0,2% и трехатомных газов RO2 = 16,6% и потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива  $q_4 = 4\%$ . Потерями теплоты с физической теплотой шлака пренебречь.

### **Задача 2**

Насколько меняется  $Q_{pp}$  бурого угля Челябинского месторождения (см. приложение 1) при изменении температуры предварительного подогрева воздуха с 40 до 80°C? При решении задачи принять  $\alpha = 1,22$ .

### Задача 3

Определить располагаемую теплоту фрезерного торфа (см. приложение 1), а также энталпию уходящих газов при изменении влажности  $W_p$  с 50 до 40%. Принять: температуру холодного воздуха 30°C, предварительно подогрева воздуха на входе в воздухоподогреватель +50°C; отношение расхода воздуха на входе в воздухоподогреватель к теоретически необходимому  $\alpha = 1,25$ ; избыток воздуха за котлом  $\alpha_{ux} = 1,40$ ; температуру уходящих газов  $\vartheta_{ux} = +150°C$ ; температуру топлива принять +20°C.

**АКР №17, 18 Проверка выполненных работ. Зачетное занятие.**

### Примерные тесты

#### Тесты по разделу «Общие характеристики котельных установок»

1. Чем задается движение рабочей среды в парообразующих трубах котлов с естественной циркуляцией?
  - 1) питательным насосом; 2). циркуляционным насосом;
  - 3) подпиточным насосом; 4) движущим напором циркуляции.
2. Чему равна кратность циркуляции для прямоточного котла?
  - 1). 25; 2). 10; 3) 5; 4) 1.
3. Какой элемент отсутствует в прямоточных котлах?
  - 1). экономайзер; 2). воздухоподогреватель; 3) барабан; 4) горелки.
4. Укажите обозначение типоразмера котла с многократной принудительной циркуляцией и промежуточным пароперегревателем?
  - 1). Е-220-10; 2). П-500-25; 3) ДКВр-10-13; 4) ПрП-670-18,8.
5. При каком давлении котлы с естественной циркуляцией не могут работать (в МПа)?
  - 1). 1; 2). 3,9; 3) 12; 4) 17,5.
6. Чему равны средние потери с уходящими газами для современных экономичных котлов (в %)?
  - 1) 0,5; 2). 1,0; 3) 5-8; 4) 50.

#### Тесты по разделу «Основные элементы котельных установок»

1. Исключите из теплового баланса парового котла, работающего на природном газе, соответствующую статью тепловых потерь.
  - 1) через ограждения; 2) с уходящими газами;
  - 3) с физической теплотой шлака; 4) с механической неполнотой сгорания.
2. Исключите из перечня поверхностей нагрева котла поверхность, не относящуюся к испарительным.
  - 1) подъемные экранные трубы; 2) фестоны;
  - 3) конвективные кипятильные пучки; 4) пароперегреватель.
3. Наибольший возможный температурный напор достигается при:
  - 1) прямотоке; 2) перекрестном токе; 3) противотоке; 4) смешанном токе.

### АКР №19, 20, 21

1. Изучение конструкций топок для сжигания твердого (пылевидного и кускового) топлива, жидкого и газообразного топлив.

2. Выполнение теплового поверочного расчета топки согласно заданию.
3. Анализ результатов расчетов.

**АКР №22 Горелки для сжигания пылевидного, жидкого и газообразного топлива. Диффузионное и кинетическое горение.**

Изучение особенностей конструкции горелочных устройств для сжигания различных видов топлив и методик их расчета.

**АКР №23, 24, 25 Назначение и классификация пароперегревателей. Конструкции и компоновка пароперегревателей.**

1. Изучение типов экранных труб, труб пароперегревателей и водяных экономайзеров.
2. Назначение и классификация пароперегревателей. Конструкции и компоновка пароперегревателей.
3. Выполнение теплового поверочного расчета конвективных пучков согласно заданию.
4. Анализ результатов расчетов

**АКР №26,27 Хвостовые поверхности котельного агрегата. Экономайзеры**

- 1.Выполнение теплового конструктивного расчета экономайзера согласно заданию.
2. Анализ результатов расчетов

**АКР №28. Тепловой баланс котельного агрегата**

1. Составление теплового баланса котельного агрегата по результатам тепловых расчетов топки, конвективных пучков и водяного экономайзера (АКР №21, 25, 27)

**АКР №29 Схема расчета циркуляции**

1. Построение схемы циркуляции пароводяной смеси в котле.
2. Проверка выполненных работ

**АКР №30 Системы газовоздушного тракта. Аэродинамические сопротивления.**

**Дымовые трубы.**

**Задача 1**

Определить концентрацию диоксида серы у поверхности земли для котельной, в которой установлены два одинаковых котлоагрегата, работающих на высокосернистом мазуте состава:  $W_p = 3,0\%$ ;  $A_p = 0,1\%$ ;  $S_{lr} = 2,8\%$ ;  $C_p = 83\%$ ;  $H_p = 10,4\%$ ;  $O_p = 0,7\%$ , если известны высота дымовой трубы  $H = 31\text{м}$ , расчетный расход топлива  $B_p = 0,525\text{кг/с}$ , температура газов на входе в дымовую трубу  $\theta_{д.т} = 180^\circ\text{C}$ , температура газов на выходе из дымовой трубы  $\theta_{д.т} = 186^\circ\text{C}$ , коэффициент избытка воздуха перед трубой  $\alpha_{д.т} = 1,5$ , температура окружающего воздуха  $t_b = 20^\circ\text{C}$ , барометрическое давление воздуха  $h_6 = 97 \cdot 10^3 \text{ Па}$ , коэффициент, учитывающий скорость осаждения диоксида серы в атмосфере,  $F = 1,0$ ; коэффициент, учитывающий условия выхода продуктов сгорания газов из устья дымовой трубы  $m = 0,9$ ; коэффициент стратификации атмосферы  $A = 120 \text{ C}2/3 \cdot \text{град}^{1/3}$  и фоновая концентрация загрязнения атмосферы диоксидом серы равна  $0,03 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ .

**АКР №32 Системы подготовки питательной воды.**

- 1.Изучение физико-химических характеристик воды.

## 2. Современные способы очистки воды (презентация докладов)

### Курсовая работа:

В состав курсовой работы входят : пояснительная записка - 30-40 с., графическая часть - 1л.формата А-3 (план, разрез котла с компоновкой оборудования, тепловая схема, узлы оборудования).

В расчетной части проекта разрабатываются следующие вопросы :

Выбор типа и количества котлов, расчет горения топлива, расчет энтальпий и построение I-t диаграммы продуктов сгорания; расчет основных элементов (топки, испарительных поверхностей), расчет экономайзера, определение КПД котла, оценка количества дымовых газов и высоты трубы для удаления продуктов сгорания из условия не загрязнения окружающей среды, прорабатываются вопросы топливоснабжения, шлако- и золоудаления.

### Приложение 2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-4: Способен выполнить специальные расчеты для проектирования котельных, центральных тепловых пунктов		
ПК-4.1:	Составляет тепловую схему и выполняет гидравлические расчеты трубопроводов котельных, центральных тепловых пунктов	<p><b>Теоретические вопросы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Роль и место энергетики в народном хозяйстве России.</li><li>2. Сведения о системах теплопотребления.</li><li>3. Теплогенерирующая установка и ее элементы.</li><li>4. Перспективы и основные тенденции развития ТГУ.</li><li>5. Классификация, основные направления использования источников тепловой энергии.</li><li>6. Традиционные и нетрадиционные источники тепловой энергии.</li><li>7. Вторичные источники тепла.</li><li>8. Топливно-энергетические ресурсы, классификация, структура.</li><li>9. Возобновляющиеся и невозобновляющиеся ресурсы.</li><li>10. Объем и размещение ТЭР в Мире, регионах России, тенденции развития баланса.</li><li>11. Органическое топливо, классификация, происхождение.</li><li>12. Элементный и технический состав топлива.</li><li>13. Приведенные характеристики топлива.</li><li>14. Условное топливо.</li><li>15. Местное топливо.</li><li>16. Твердое топливо, состав и свойства.</li><li>17. Жидкое топливо, состав и свойства.</li><li>18. Газообразное, состав и свойства.</li><li>19. Ядерное топливо, состав и свойства.</li><li>20. Нетрадиционные источники тепловой энергии: гелио- и геотермальные установки –</li></ol>

	<p>классификация, перспективы использования.</p> <p>21. Вторичные ТЭР теплоиспользующих установок различных производств.</p> <p>22. Методы и способы получения тепловой энергии: классификация методов.</p> <p>23. Основные понятия и определения процесса горения.</p> <p>24. Химические реакции процесса горения.</p> <p>25. Цепные реакции горения топлива.</p> <p>26. Гомогенное горение.</p> <p>27. Гетерогенное горение.</p> <p>28. Диффузионное горение.</p> <p>29. Турбулентное горение.</p> <p>30. Горение капли жидкого топлива.</p> <p>31. Горение частиц углерода.</p> <p>32. Конструкторский и поверочный расчет котла</p> <p>33. Материальный и тепловой балансы котла.</p> <p>34. Теплообмен в топочном устройстве.</p> <p>35. Конвективные поверхности нагрева.</p> <p>36. Схема газовоздушного тракта теплогенератора.</p> <p>37. Расчет газового тракта.</p> <p>38. Расчет воздушного тракта ТГУ.</p> <p>39. Котлы на органическом топливе : классификация, рабочие параметры,</p> <p>40. Котлы с естественной и принудительной циркуляцией</p> <p>41. Прямоточные и водогрейные котлы.</p> <p>42. Схемы котлов: чугунные, горизонтально и вертикальноводотрубные и др.</p> <p>43. Современные отечественные и зарубежные котлы на российском рынке.</p> <p>44. Схемы движения воды и пароводяной смеси в системах с естественной и принудительной циркуляцией.</p> <p>45. Физико-химические характеристики воды.</p> <p>46. Методы обработки воды</p> <p>47. Схемы и конструкции деаэраторов.</p> <p><b>Требования, предъявляемые</b></p> <p><b>Тесты:</b></p> <p>1. Чем задается движение рабочей среды в парообразующих трубах котлов с естественной циркуляцией?</p> <p>1) питательным насосом; 2). циркуляционным насосом;</p> <p>3) подпиточным насосом; 4) движущим напором циркуляции.</p> <p>2. Чему равна кратность циркуляции для прямоточного котла?</p> <p>1). 25; 2). 10; 3) 5; 4) 1.</p> <p>3. Какой элемент отсутствует в прямоточных котлах?</p>
--	---

	<p>1). экономайзер; 2). воздухоподогреватель; 3) барабан; 4) горелки.</p> <p>4. Укажите обозначение типоразмера котла с многократной принудительной циркуляцией и промежуточным пароперегревателем?</p> <p>1). Е-220-10; 2). П-500-25; 3) ДКВр-10-13; 4) ПрП-670-18,8.</p> <p>5. При каком давлении котлы с естественной циркуляцией не могут работать (в МПа)?</p> <p>1). 1; 2). 3,9; 3) 12; 4) 17,5.</p> <p>6. Чему равны средние потери уходящими газами для современных экономичных котлов (в %)?</p> <p>1) 0,5; 2). 1,0; 3) 5-8; 4) 50.</p> <p>7. Исключите из теплового баланса парового котла, работающего на природном газе, соответствующую статью тепловых потерь.</p> <p>1) через ограждения; 2) с уходящими газами; 3) с физической теплотой шлака; 4) с механической неполнотой сгорания.</p> <p>8. Исключите из перечня поверхностей нагрева котла поверхность, не относящуюся к испарительным.</p> <p>1) подъемные экранные трубы; 2) фестоны; 3) конвективные кипятильные пучки; 4) пароперегреватель.</p> <p>9. Наибольший возможный температурный напор достигается при:</p> <p>1) прямотоке; 2) перекрестном токе; 3) противотоке; 4) смешанном токе.</p> <p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <p>1. В топке котельного агрегата паропроизводительностью <math>D = 13,4 \text{ кг/с}</math> сжигается подмосковный уголь марки Б2 состава: : <math>W_p = 32,0\%</math>; <math>A_p = 25,2\%</math>; <math>S_{lr} = 2,7\%</math>; <math>C_p = 28,7\%</math>; <math>H_p = 2,2\%</math>; <math>N_p = 0,6\%</math>; <math>O_p = 8,6\%</math>. Составить тепловой баланс котельного агрегата, если известны температура топлива при входе в топку <math>t = 20^\circ\text{C}</math>, натуральный расход топлива <math>B = 4 \text{ кг/с}</math>, давление перегретого пара <math>P_{п.п} = 4 \text{ МПа}</math>, температура перегретого пара <math>t_{п.п} = 450^\circ\text{C}</math>, температура питательной воды <math>t_{п.в} = 150^\circ\text{C}</math>, величина непрерывной продувки <math>\Delta = 4\%</math>; теоретический объем воздуха, необходимый для сгорания 1кг топлива, <math>V_o = 2,94 \text{ м}^3/\text{кг}</math>, объем уходящих газов на выходе из последнего газохода <math>V_{ух} = 4,86 \text{ м}^3/\text{кг}</math>, температура уходящих газов на выходе из последнего <math>\theta_{ух} = 160^\circ\text{C}</math>, средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении <math>c =</math></p>
--	--

		1,415 кДж/(м3К), коэффициент избытка воздуха за последним газоходом $a_{\text{ух}} = 1,48$ , температура воздуха в котельной $t_{\text{в}} = 30^\circ\text{C}$ , средняя объемная теплоемкость воздуха при постоянном давлении $c = 1,297 \text{ кДж}/(\text{м}^3\text{К})$ ; содержание в уходящих газах оксида углерода CO = 0,2% и трехатомных газов $R_{\text{O}_2} = 16,6\%$ и потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива $q_4 = 4\%$ . Потерями теплоты с физической теплотой шлака пренебречь.
--	--	--