МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ

УТВЕРЖДАЮ
Бутенко Александр Федорович
Подписано цифровой подписью: Бутенко Александр Федорович
Дата: 2025.04.24 08:56:31 +03'00'
Директор
_____**А.Ф. Бутенко**

«__24__» ____апреля_____2025___ **г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины ФТД.04 «Утилизация высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий»

Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»

Факультет «Энергетический»

Кафедра «Электроэнергетика и теплоэнергетика»

Форма обучения очная, заочная

Квалификация выпускника – бакалавр

Зерноград-2025

При разработке рабочей программы учебной дисциплины в основу положены:

1. ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённый приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «28» февраля 2018 г. Приказ № 143.

2. Учебный план по профилю подготовки «Энергообеспечение предприятий» (год начала подготовки 2023), одобрен Учёным советом Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Протокол № 6 от « 19 » февраля 2025 г.

Рабочая программа учебной дисциплины «Утилизация высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий» одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетика и теплоэнергетика»

Протокол № 7 от « 24 » марта 2025 г.

И.о. заведующего кафедрой
к.т.н., доцент М.М. Украинцев

Рабочая программа учебной дисциплины «Утилизация высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий» рекомендована к использованию в учебном процессе на заседании Методической комиссии по направлению подготовки 13.03.01 и 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Протокол № 5 от « 27 » марта 2025 г.

Председатель методической комиссии
к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика и теплоэнергетика» М.С. Демченко

Разработчики:
к.т.н., кафедры «Электроэнергетика и теплоэнергетика» С.В. Панченко

СОДЕРЖАНИЕ

с.

1. Вводная часть…….....4
1.1 Цели и задачи освоения дисциплины…….....4
1.2 Место дисциплины в структуре ОПОП …….....4
1.3 Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с индикаторами достижения компетенций ……...5
2. Основная часть……..….. 6
2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы……. 6
2.2. Содержание учебной дисциплины…… 7
2.2.1. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля…….. 7
2.2.2. Практические занятия…..……...…… 9
2.2.3 Лабораторный практикум…… 9
2.3. Самостоятельная работа студентов…….….. 10
3. Образовательные технологии……..…… 11
4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и результатов освоения учебной дисциплины (модуля)……. 12
4.1.Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств…… 12
4.2. Примерные темы рефератов……..……. 12
4.3. Тесты текущего контроля ……..……..…….. 14
4.4 Варианты контрольных работ…….. 16
4.5 Вопросы к зачету……..…… 16
5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)…….…..…… 17
5. 1. Основная литература…….……. 17
5.2. Дополнительная литература…….….. 17
5.3 Профессиональные базы данных, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы …… 18
5.4 Требования к программному обеспечению учебного процесса…….. 18
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины …….…….. 19
7 Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины 20
Приложение 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации
Приложение 2 Лист переутверждения рабочей программы дисциплины

1 Вводная часть

1.1 Цели освоения учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Утилизация высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий» является: формирование у обучающихся знаний по самостоятельному решению задач эффективного использования энергии на промышленных предприятиях

1.2 Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Утилизация высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий относится к дисциплинам блока «Факультативные дисциплины».

Изучение данной дисциплины базируется на освоении студентами дисциплин: «Физика»; «Техническая термодинамика».

Освоение данной дисциплины необходимо для качественного выполнении выпускной квалификационной работы.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с индикаторами достижения компетенций

Изучение дисциплины направлено на формирование профессиональных компетенций (установленных самостоятельно), необходимых для решения задач профессиональной деятельности и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Код компетенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения	
		Код и наименование индикатора достижения компетенции	Формируемые знания, умения и навыки
1	2	3	4
ПК-4	Способен к обеспечению экологической безопасности объектов профессиональной деятельности и разработке экозащитных мероприятий	ПК–4.1 Демонстрирует знание нормативов по обеспечению эколоческой безопасности объектов профессиональной деятельности ПК–4.2 Разрабатывает экозащитные мероприятия для объектов профессиональной деятельности	Знать: нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ; возможные варианты схем систем очистки газа и воды для новых производств или реконструкции существующих систем очистки в условиях действующих производств. Уметь: Производить сбор и анализ исходных данных при проектировании утилизационных установок; выбирать оборудование для утилизации вторичных энергоресурсов на промышленных предприятиях. Владеть: навыками и методами работы с нормативными и правовыми документами; методами проектирования и выбора стандартного теплоэнергетического оборудования на основе энергетической эффективности..

2. Основная часть

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Очная форма обучения

Вид работы		**Всего часов**	**Семестры**
			№
			5
1		2	3
Аудиторные занятия (всего)		32	32
В том числе:			
Лекции (Л)		16	16
Практические занятия (ПЗ)		16	16
Семинары (С)		–	–
Лабораторные работы		–	–
Самостоятельная работа студента(СРС) (всего)		40	40
В том числе:			
Изучение материала по литературным источникам Проработка конспектов лекций Подготовка рефератов или докладов по данной теме Подготовка к лабораторным работам		16 12 12 –	16 12 12 –
Вид промежуточной аттестации	Зачет (З) Зачет с оценкой (ЗО)	З	З
	Экзамен (Э)		
ИТОГО: **Общая трудоемкость**	часов	72	72
	зач. единиц	2	2

Заочная форма обучения

Вид работы		**Всего часов**	**Семестры**
			№
			9
1		2	3
Аудиторные занятия (всего)		8	8
В том числе:			
Лекции (Л)		4	4
Практические занятия (ПЗ)		4	4
Семинары (С)		–	–
Лабораторные работы		–	–
Самостоятельная работа студента(СРС) (всего)		60	60
В том числе:			
Изучение материала по литературным источникам Проработка конспектов лекций Подготовка рефератов или докладов по данной теме Подготовка к лабораторным работам		24 24 12 –	24 24 12 –
Самостоятельная работа в период промежуточной аттестации		4	4
Вид промежуточной аттестации	Зачет (З) Зачет с оценкой (ЗО)	З	З
	Экзамен (Э)		
ИТОГО: **Общая трудоемкость**	часов	72	72
	зач. единиц	2	2

2.2. Содержание учебной дисциплины (модуля)

Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)

№ семестра	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Содержание раздела в дидактических единицах	Коды индикаторов достижения компетенций
1	2	3	4
9	**Модуль №1.** Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	1.1 Классификация топлив, их состав. Характеристика твердых топлив (зольность, влажность, летучие вещества) Характеристика жидких топлив (вязкость, плотность, зольность, температура застывания. Основные характеристики природного газа (плотность, взрываемость. токсичность)	ПК–4.2
		1.2 Основные закономерности горения. Экзо-. эндотермические реакции, скорость горения, закон действующих масс. Горение твердого топлива. Температурный режим при горении. Кинетические и диффузионные области горения. Горение газообразного и жидкого топлива. Механизм горения. Механизм и характеристики горения капли жидкого топлива.	ПК–4.2
		1.3 Классификация вторичных энергоресурсов. Виды ВЭР и способы их использования. Экономия топлива при использовании теплоты отходящих газов. Вторичные энергетические ресурсы топливно-энергетического комплекса	ПК–4.2
		1.4 Использование теплоты отходящих дымовых газов. Конструкция и принцип действия котлов-утилизаторов теплоты вторичных энергоресурсов.	ПК–4.2
		1.5 Утилизационные устройства, назначение, виды. Использование теплоэнергетических устройств при производстве пара.	ПК–4.2
		1.6 Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в РФ. Порядок определения удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для действующих котельных установок. Действующие и перспективные нормативы удельных выбросов в РФ и за рубежом	ПК–4.1
9	**Модуль №2.** Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	2.1 Уравнение теплового баланса. Анализ тепловых потерь.	ПК–4.2
		2.2 Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов при производстве и распределении энергии и энергоносителей.	ПК–4.2

		2.3 Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов в промышленности.	ПК–4.2
		2.4 Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.	ПК–4.2

2.2.1. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

Очная форма обучения

№ семестра	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (*по неделям семестра)*
		Л	**ЛР**	**ПЗ**	**СРС**	**Кон-троль**	**всего**	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	**Модуль №1.** Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	8	–	8	20	–	36	Контрольная работа (10)
	Модуль №2. Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	8	–	8	20	–	36	Контрольная работа (18)
	Промежуточная аттестация: зачет	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	
	ИТОГО:	**16**	**–**	**16**	**40**	**–**	**72**	

Заочная форма обучения

№ семестра	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (*по неделям семестра)*
		Л	**ЛР**	**ПЗ**	**СРС**	**Кон-троль**	**всего**	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	**Модуль №1.** Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	2	–	2	30	–	34	устный опрос (собеседование)
	Модуль №2. Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	2	–	2	30	–	34	устный опрос (собеседование)
	Промежуточная аттестация: зачет	**–**	**–**	**–**	**–**	**4**	**4**	зачет
	ИТОГО:	**4**	**–**	**4**	**60**	**4**	**72**	

2.2.2 Практические занятия

Очная форма обучения

№ семестра	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование практических занятий	Всего часов
5	**Модуль №1.** Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	П.З.№ 1 Расчет различных составов топлив. Пересчет элементного состава топлив Расчет низшей, высшей теплоты сгорания для различных составов топлив	2
		П.З.№ 2 Расчет теоретического объема воздуха и объемов продуктов сгорания для различных составов твердых и жидких топлив	2
		П.З.№ 3 Расчет объемов продуктов сгорания теоретического объема воздуха при горении газообразных топлив	2
		П.З.№ 4 Определение энтальпий продуктов сгорания с помощью таблиц. Расчет энтальпия продуктов сгорания при наличии рециркуляции.	2
	Модуль №2. Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	П.З.№ 5 Расчет теплового баланса для теплогенерирующего устройства промышленного предприятия	2
		П.З.№ 6 Расчет тепловых потерь	2
		П.З.№ 7 Расчет коэффициента полезного действия ТГУ	4
	ИТОГО		**16**

Заочная форма обучения

№ семестра	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование практических занятий	Всего часов
9	**Модуль №1.** Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	П.З.№ 1 Расчет теоретического объема воздуха и объемов продуктов сгорания для различных составов твердых и жидких топлив	2
	Модуль №2. Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	П.З.№ 2 Расчет теплового баланса для теплогенерирующего устройства промышленного предприятия	2
	ИТОГО		**4**

2.2.3. Лабораторный практикум
(нет)

2.3. Самостоятельная работа студента

Виды СРС:

Очная форма обучения

№ семестра	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4
5	**Модуль №1.** Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	Изучение материала по литературным источникам. – 6 ч. Проработка конспектов лекций. – 6 ч. Подготовка рефератов или докладов по данной теме. – 6 ч.	20
	Модуль №2. Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	Изучение материала по литературным источникам. – 6 ч. Проработка конспектов лекций. – 6 ч. Подготовка рефератов или докладов по данной теме. – 6 ч.	20
ИТОГО часов в семестре:			**40**

Заочная форма обучения

№ семестра	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4
9	**Модуль №1.** Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	Изучение материала по литературным источникам. Проработка конспектов лекций. Подготовка рефератов или докладов по данной теме.	30
	Модуль №2. Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	Изучение материала по литературным источникам. Проработка конспектов лекций. Подготовка рефератов или докладов по данной теме.	30
ИТОГО часов в семестре:			**60**

3. Образовательные технологии

Очная форма обучения

№ семестра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Особенности проведения занятий (индивидуальные/ групповые)
1	2	3	4
5	**Лекции**		
	Лекции № 1, 2, 4, 5	Лекция (визуализация)	Групповые
	Практические занятия		
	Практические занятия №1, 3, 4, 5	Решение задач	Групповые

Интерактивные занятия представлены:
–8 ч – лекции
– 10 ч – практические занятия

Заочная форма обучения

№ семестра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Особенности проведения занятий (индивидуальные/ групповые)
1	2	3	4
9	**Лекции**		
	Лекции № 1	Лекция (визуализация)	Групповые
	Практические занятия		
	Практические занятия №1, 3.	Решение задач	Групповые

Интерактивные занятия представлены:
– 2 ч – лекции
– 4 ч – практические занятия

В исключительных случаях применяется электронное обучение и дистанционные образовательные технологии (ЭО и ДОТ), включая проведение текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Реализация программы дисциплины с использованием ЭО и ДОТ осуществляется по усмотрению ведущего преподавателя с учетом технических возможностей обучающихся с использованием программных средств, обеспечивающих применение элементов ЭО и ДОТ в Институте, путем синхронного и асинхронного взаимодействия, к которым могут относиться:

- электронная информационно-образовательная среда Института;
- групповая голосовая конференция в мессенджерах (Яндекс.Мессенджер, VK Teams);
- групповой чат в мессенджерах Яндекс.Мессенджер, социальной сети ВКонтакте;

- онлайн видеоконференция в Яндекс.Телемост;
- видеозаписи лекций педагогических работников Института, размещённые на различных видеохостингах (например, на каналах преподавателей) и/или облачных хранилищах (например, Яндекс.Диск).

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и результатов освоения учебной дисциплины (модуля)

4.1.Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

Очная форма обучения

№ семестра	Виды контроля и аттестации (ВК, Тат, ПрАт*)	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства		
			Форма	Количество вопросов и заданий	Кол-во независимых вариантов
1	2	3	4	5	6
5	ВК	Модуль №1. Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	групповой устный опрос		
5	ВК	Модуль №2. Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	групповой устный опрос		
5	Тат	Модуль №1. Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	Контрольная работа	3	4
5	Тат	Модуль №2. Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов	Контрольная работа	3	4

Заочная форма обучения

№ семестра	Виды контроля и аттестации (ВК, Тат, ПрАт*)	Коды индикаторов достижения компетенций	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства		
				Форма	Количество вопросов и заданий	Кол-во независимых вариантов
1	2	3	4	5	6	7
9	ТАт-1	ПК–4.1 ПК–4.2	Модуль №1. Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике	устный опрос (собеседование)		
9	ТАт-2	ПК–4.1	Модуль №2. Эффективность исполь-	устный опрос (собеседование)		

			зования тепло-ты вторичных энергоресурсов			
	ПрАт	Зачет		зачет	38	19

4.2 Примерные темы рефератов

1 Классификация высокотемпературных вторичных энергоресурсов.
2 Методы утилизации доменных газов.
3 Методы утилизации коксовых газов.
4 Особенности утилизации вторичных энергоресурсов на ТЭЦ.
5 Методы утилизации конвертерного газа в систему газопроводов.
6 Буферный сброс конвертерного газа в котлы.
7 Схема использования газов сталеплавильных конвертеров с аккумуляцией теплоты сгорания в газотурбинной установке
8 Применение утилизационных установок в энергосистеме промышленного предприятия.
9 Общая характеристика утилизационных у становок.
10 Выбор параметров пара утилизационных установок.
11 Схемы установки утилизации теплоты в газовом тракте технологического агрегата

4.3. Тесты текущего (промежуточного) контроля

(нет)

4.4. Варианты контрольных заданий (работ)

Контрольная работа №1

(по теме «Утилизационные устройства в промышленной теплоэнергетике»)

Вариант 1

1. Чему равна теплота сгорания газа составом: CH_4 = 95,58%, C_2H_6 = 1,99%, C_3H_8 = 0,03%, C_4H_{10} = 0,1%, C_5H_{12} = 0,05%, N_2 = 0,78%, CO_2 = 1,15%.

2. Произвести расчет теоретического и действительного расхода воздуха на горение угля составом С= 75%, Н=5%, О =1,7% S=0.9%. N=2.3%, W=10% A=5,1% Коэффициент избытка воздуха равен 1,4.
3. Определить объем воздуха для горения и состав продуктов сгорания при сжигании каменного угля Сангарского месторождения (Якутия)

Вариант 2

1. Произвести расчет теоретического и действительного расхода воздуха на горение газа составом: CH_4 = 74,8%, C_2H_6 = 7,7%, C_3H_8 = 3,9%, C_4H_{10} = 1,8%, C_5H_{12} = 6,4%, N_2 = 4,3%, CO_2 = 0,1%. Коэффициент избытка воздуха равен 1,2.
2. Определить объем сухих трехатомных газов, образующихся при горении угля составом С= 75%, Н=5%, О =1,7% S=0.9%. N=2.3%, W=10%.
3. Определить объем воздуха для горения и состав продуктов сгорания при сжигании сернистого мазута.

Вариант 3

1. Определить объем сухих трехатомных газов, образующихся при горении газа составом: : CH_4 = 74,8%, C_2H_6 = 7,7%, C_3H_8 = 3,9%, C_4H_{10} = 1,8%, C_5H_{12} = 6,4%, N_2 = 4,3%, CO_2 = 0,1%

2. Определить объем водяных паров, образующихся при сгорании угля составом С= 75%, Н=5%, О =1,7% S=0.9%. N=2.3%, W=10%.
3. Определить объем воздуха для горения и состав продуктов сгорания при сжигании природного газа газопровода Брянск–Москва

Вариант 4

1. Определить количество водяных паров, образующихся при сгорании газа составом: CH_4 = 74,8%, C_2H_6 = 7,7%, C_3H_8 = 3,9%, C_4H_{10} = 1,8%, C_5H_{12} = 6,4%, N_2 = 4,3%, CO_2 = 0,1%
2. Определить действительный объем азота в продуктах сгорания угля составом С= 75%, Н=5%, О =1,7% S=0.9%. N=2.3%, W=10%.
3. Определить теплосодержание продуктов сгорания при сжигании ка- менного угля Сангарского месторождения (Якутия).

Контрольная работа №2

(по теме Эффективность использования теплоты вторичных энергоресурсов)

Вариант 1

1. Расход дымовых газов через воздухоподогреватель составляет 8000 м^3/ч, температура на входе 300 °С и на выходе 150 °С. Расход воздуха 6000 м^3/ч, начальная и конечная температуры 20 °С и 250 °С. Предложить компоновку трубного пучка воздухоподогревателя и определить длину, шаги и количество труб при скорости дымовых газов 5…15 м/с и воздуха в межтрубном пространстве 5…10 м/с, диаметре труб 58/54 мм и коэффициенте теплопередачи 30 Вт/(м^{2}К). Определить экономию топлива при оснащении парового котла воздухоподогревателем. Теплотворная способность топлива (природный газ) 35000 кДж/м^3. Расход воздуха на горение 10 м^3/ м^3. Выход дымовых газов 11,5 м^3/ м^3. Температура продуктов сгорания перед котельным пучком 1400°С. Среднюю теплоемкость дымовых газов в диапазоне температур 150…300°С принять равной 1,35 кДж/(м^3 К), в диапазоне 0…1400°С – 1,6 кДж/(м^3 К), воздуха – 1,3 кДж/(м^3 К).
2. Определить расход греющего пара и количество труб в греющей камере аппарата для выпаривания 36 т/ч раствора, поступившего на регенерацию из травильного отделения цеха. Начальная концентрация раствора 5 %, конечная 15 %. Камера кожухотрубчатого типа. Диаметр греющих труб 38х2 мм. Длина труб 4 м. Температура раствора перед камерой 100 °С, его температура кипения 105 °С. Температура насыщения вторичного пара 100 °С. Параметры греющего пара 0,6 МПа и 165 °С. Плотность раствора 1,2 т/м^3, теплоемкость 4 кДж/(кг К), коэффициенты теплоотдачи пара и раствора принять равными 5000 и 800 Вт/(м^2 К). Толщина слоя накипи 1 мм, ее теплопроводность 1 Вт/(м К). Материал труб – сталь с теплопроводностью 40 Вт/(м К). Оценить возможную экономию греющего пара при выпаривании того же раствора в прямоточной трехкорпусной выпарной установке.
3. Рассчитать площади поверхностей теплообмена калориферов, используемых для нагрева 10 кг/с наружного воздуха от – 26 °С до + 10 °С воздухом, удаляемым из помещения, в системе утилизации теплоты последнего с жидкостно-воздушными теплообменниками утилизаторами (калориферами) и циркулирующим между ними промежуточным теплоносителем. В качестве промежуточного теплоносителя используется вода. Ее минимальная температура в системе +5°С, конечная + 8 °С. Температур вытяжного воздуха + 25 °С, относительная влажность 50 %. Подобрать стандартные калориферы.

Вариант 2

1. Рассчитать площадь поверхности теплообмена воздухоподогревателя из труб со спиральным наружным оребрением. Материал труб – алюминий (λ = 100 вт/(м К)); диаметр

*d*н/*d*в = 27/25 мм, диаметр оребрения *D* = 75 мм, шаг ребер 3 мм, средняя толщина ребра 0,3 мм. Подогреватель выполнен в виде шахматного пучка труб с продольным (в направлении потока воздуха) шагом S_1 = 1, 2*D* поперечным S_2 = 1*D*. Расход воздуха 10 кг/с, начальная температура 20 °С, конечная 70 °С. Греющий теплоноситель – конденсат водяного пара из системы отопления. Начальная и конечная температура конденсата 110 и 80 °С. Коэффициенты теплоотдачи конденсата и воздуха(для воздуха коэффициент теплоотдачи отнесен к полной поверхности с учетом оребрения) принять равными 5000 и 50 Вт/(м^2 К).

2. Рассчитать теплообменник для нагрева воздуха водой из водогрейного котла-утилизатора, установленного за циклонной печью. Начальные и конечные температуры воздуха – 10 °С и + 15 °С, воды 130 °С и 70 °С. Поверхность теплообмена выполнена в виде шахматного пучка оребренных снаружи труб. Диаметр труб *d*н/*d*в = 20/18 мм, поперечно-спиральных ребер *D* = 40 мм. Толщина ребра 0,3 мм. Материал труб и ребер – сталь. Теплопро-водность стали λст = 40 Вт/(м К). Шаги труб в пучке S_1 =S_2 = 1,5*D*. Живое сечение каналов для прохода воздуха в межтрубном пространстве принять равным 2 м^2. Скорость воды в трубах 1 м/с.

3. При расчете воздухоподогревателя в системе утилизации теплоты вентиляционных выбросов получены следующие данные: площадь поверхности теплообмена 450 м^2, проходные сечения по воздуху 2 м^2 и по воде 0,006 м^2. Каким образом необходимо скомпоновать воздухоподогреватель из калориферов с поверхностью теплообмена 122,4 м^2, проходными сечениями 1,045 м^2 и 0,003 м^2?

Вариант 3

1.В топке котельного агрегата паропроизводительностью D= 5,6 кг/с сжигается уголь с низшей теплотой сгорания $Q^p_н$= 13997 кДж/кг. Определить экономию топлива в процентах, получаемую за счет предварительного подогрева конденсата в регенеративных подогревателях, если известны температура топлива на входе в топку $t_т$=20°С, удельная теплоемкость топлива $c_т$=2,1 кДж/(кг*К) , КПД котлоагрегата $\eta^{бр}_{ка}$ = 91,5 %, давление перегретого пара $p_{пп}$=4,0 МПа, температура перегретого пара $t_{пп}$= 430 °С, температура конденсата $t_к$ = 32 °С, температура питательной воды после регенеративных подогревателей$t_{пв}$= 130 °С и величина непрерывной продувки р=3%

2. Расход воды по трубам, из которых выполнена поверхность теплообмена размером 60 м2, 45 т/ч, скорость воды 1 м/с. Предложите компоновку трубного пучка конденсатора флегмы, т.е. смеси паров на выходе из ректификационной колонны. Диаметр труб 22/18 мм, длину труб выбрать в пределах 3…6 м. Плотность греющего пара 2 кг/м^3, скорость не более 10 м/с. Доля образующегося конденсата от начального расхода паров – 0,8. Вода после конденсатора используется в моечных машинах. Определить количество утилизируемой теплоты в конденсаторе, если температура воды на входе в моечные машины 65°С, на выходе из них 45°С, потери теплоты в трубопроводах меду конденсатором флегмы и моечной машиной 5 % полезно использованной теплоты.

3. Рассчитать экономию тепловой энергии в течение отопительного сезона административного здания при понижении с помощью системы автоматического регулирования теплопотребления здания, его внутренней температуры с 18°С до 12°С в ночное время и выходные дни. Расчётная тепловая нагрузка здания Q_0=0,7 МВт. Расчётная температура наружного воздуха -27 °С. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период -2,3 °С. Продолжительность отопительного периода 221 день. Длительность снижения теплопотребления в ночное время – 8 часов.

Вариант 4

1. Определить количество теплоты, отдаваемое уходящими газами котельной завода водяному экономайзеру (утилизатору), для получения горячей воды, если температура газов на выходе из экономайзера $t^{г}_{вых}$=200 °С, температура газов на входе в экономайзер $t^{г}_{вх}$= 320 °С, коэффициент избытка воздуха за экономайзером $\alpha_{эк}$= 1,4, средняя объемная теплоемкость газов $C^{1}_{рг}$= 1,415 кДж/(м^{3}К) и расчетный расход топлива одного котла $B_р$= 0,25 кг/с. В котельной установлены два одинаковых котла (п=2), работающих на донецком каменном угле марки D состава: $C^{р}$=49,3%; $H^{р}$=3,6%;$S^{Р}$=3%;$N^{р}$=1%; $O^{р}$=8,3%; $A^{Р}$=21,8%;$W^{Р}$=13%.

2. Рассчитать размеры греющей поверхности и расход насыщенного водяного пара, образующегося при вскипании конденсата и используемого для нагрева 7,2 т воды в аппарате периодического действия с рубашкой. Начальная температура воды 20 °С, конечная 80 °С. Давление пара 0,2 МПа. Соотношение внутреннего диаметра корпуса аппарата и его рабочей высоты 1:2. Коэффициент теплоотдачи пара принять равным 5000 Вт/(м^2 К), воды – 800 Вт/(м^{2}К). Выбрать формулы для расчета коэффициентов теплоотдачи при заданных условиях и проверить ранее принятые их значения. Рассчитать водоподогреватель, если паровую рубашку заменить на погружной змеевик.

3. Определить экономию условного топлива при использовании теплоты вторичных энергоресурсов в котле - утилизаторе за счет теплоты уходящих газов двух промышленных печей, если температура газов на выходе из печей θ = 700°С, температура на выходе из котла - утилизатора θ^{1}= 200°С, коэффициент избытка воздуха за котлом - утилизатором $\alpha_{у}$= 1,35, расчетный расход топлива двух печей $B_р$=0,036 м^3/с, коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы котла - утилизатора и печей, β = 1,0, коэффициент потерь теплоты котла - утилизатора в окружающую средуξ = 0,12, КПД замещаемой котельной $\eta_{ку}$ = 0,86 и коэффициент утилизации ВЭР δ = 0,76. Печь работает на природном газе Шебелинского месторождения состава: CH_4=94,1%; C_2H_6=3,1%;C_3H_8=0,6%;C_4H_{10}=0,2%; C_5H_{12}=0,8%; N_2=1,2%.

4.5 Вопросы к зачету

№ вопроса	Содержание раздела в дидактических единицах	Коды индикаторов достижения компетенций
1	2	3
1	Классификация топлив.	ПК–4.2
2	Основные характеристики природного газа (плотность, взрываемость, токсичность).	ПК–4.2
3	Компоненты газового топлива и его характеристики (плотность, концентрационные пределы, токсичность).	ПК–4.2
4	Состав природных горючих газов. Виды месторождений.	ПК–4.2
5	Искусственное газовое топливо.	ПК–4.2
6	Основные законы горения топлива при утилизации высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий.	ПК–4.2
7	Горение газового топлива.	ПК–4.2
8	Цепной механизм горения водорода.	ПК–4.2
9	Развитие и воспламенение топливно-воздушной струн.	ПК–4.2
10	Общее уравнение теплового баланса для утилизационной установки.	ПК–4.1
11	Анализ потерь теплоты с уходящими газами.	ПК–4.1

12	Классификация высокотемпературных вторичных энергоресурсов.	ПК–4.1
13	Выбор теплоэнергетического оборудования для утилизации доменных газов.	ПК–4.1
14	Выбор теплоэнергетического оборудования для утилизации коксовых газов.	ПК–4.1
15	Проблемы при утилизации высокотемпературных вторичных энергоресурсов на ТЭЦ.	ПК–4.1
16	Проблемы при утилизации конвертерного газа в систему газопроводов.	ПК–4.1
17	Действующие и перспективные нормативы удельных выбросов в РФ и за рубежом	ПК–4.1
18	Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в РФ.	ПК–4.1
19	Порядок определения удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для действующих котельных установок	ПК–4.1
20	Схема использования газов сталеплавильных конвертеров с аккумуляцией теплоты сгорания в газотурбинной установке.	ПК–4.2
21	Проблемы при утилизации высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий.	ПК–4.2
22	Экологическая безопасность на производстве при утилизации высокотемпературных вторичных энергоресурсов промышленных предприятий	ПК–4.2
23	Экозащитные мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве.	ПК–4.2
24	Общая характеристика утилизационных установок.	ПК–4.2
25	Выбор параметров пара утилизационных установок.	ПК–4.2
26	Схемы установки в газовом тракте системы очистки газа для новых производств или реконструкции существующих систем очистки технологического агрегата.	ПК–4.2
27	Классификация топлив.	ПК–4.2
28	Основные характеристики природного газа (плотность, взрываемость. токсичность).	ПК–4.2
29	Компоненты газового топлива и его характеристики (плотность, концентрационные пределы, токсичность).	ПК–4.2
30	Состав природных горючих газов. Виды месторождений.	ПК–4.2
31	Искусственное газовое топливо.	ПК–4.2
32	Основные законы горения топлива.	ПК–4.2
33	Методы математического анализа и моделирования горения газового топлива.	ПК–4.2
34	Цепной механизм горения водорода.	ПК–4.2
35	Развитие и воспламенение топливно-воздушной струи.	ПК–4.2
36	Общее уравнение теплового баланса для утилизационной установки.	ПК–4.2
37	Анализ потерь теплоты с уходящими газами.	ПК–4.2
38	Коэффициент полезного действия утилизационной установки	ПК–4.2

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины (модуля)

5. 1. Основная литература

№ п\п	№ семестра	Авторы	Год и место издания	Используется при изучении разделов	Количество экземпляров	
					В библиотеке	На кафедре
1	2	3	4	5	7	8
1	9	А. В. Баранов, Ж. А. Зарандия.	Энергосбережение и энергоэффективность : учебное пособие URL: https://e.lanbook.com/book/319487 — Тамбов : ТГТУ, 2017. — 97 с.	1–2	+	+
2	9	Д. В. Крылов, С. И. Степанов.	Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. Методика энергетического обследования предприятий и организаций, потребляющих энергоресурсы : учебное пособие / URL: https://e.lanbook.com/book/279086 — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022. — 39 с.	1–2	+	+

5.2. Дополнительная литература

№ п\п	**Наименование**	**Авторы**	**Год и место издания**	**Используется при изучении разделов**	**Семестр**	**Количество экземпляров**	
						В библиотеке	**На кафедре**
1	2	3	4	5	6	7	8
4	Энергосбережение в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях : учебное пособие URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=498923	Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова	Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2017. – 244 с	1–2	9	+	+
5	Тепломассообменное оборудование предприятий и производств : учебное посо-	И. А. Январев	Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ),	1–2	9	+	+

	бие URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682143		2019. – 128 с.				
6	Потенциал энергосбережения и его реализация в секторах конечного потребления энергии : учебное пособие URL: https://e.lanbook.com/book/82837	В. Я. Ушаков, Н. Н. Харлов, П. С. Чубик.	Томск : ТПУ, 2015. — 388 с.	1–2	9	+	+
	Измерение физических величин : учебное пособие URL: https://e.lanbook.com/book/158602	П. Н. Покоев, Г. М. Белова	Ижевск : Ижевская ГСХА, 2020. — 42 с	1–2	9	+	+

5.3. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы

Интернет ресурсы

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Интернет-ресурс. Условия доступа: http:// elibrary.ru;
2. Техническая библиотека. Интернет-ресурс. Условия доступа: http://techlibrary.ru
3. Университетская библиотека online. Интернет-ресурс. Условия доступа: www.biblioclub.ru
4. Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система. Условия доступа: http://e.lanbook.com
5. Сайт НИИ «Росинформагротех». Интернет-ресурс. Условия доступа http://www.rosinformagrotech.ru/
6. Информационная система по теплоснабжению РосТепло.RU - https://www.rosteplo.ru
7. Журналы:

Журнал «Теплоэнергетика» http://tepen.ru.
Журнал «Энергетик» http://www.energetik.energy-journals.ru/index.php/EN
Журнал «Энергосбережение» https://www.abok.ru/pages.php?block=en_mag

Информационные справочные системы и базы данных

База данных «ProQuest Agricultural and Environmental Science Collection» – http://www.gpntb.ru

Информационные технологии

Электронная информационная образовательная среда института обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик; формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы. Предусмотрена возможность взаимодействия студентов и преподавателей посредством технологий по пересылке и получению электронных сообщений.

5.4 Программное обеспечение учебного процесса

LibreOffice.

5.5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

№ п\п	Вид самостоятельной работы	Авторы	Наименование	Год и место издания
1	Подготовка к лекционным и практическим занятиям	Д. К. Евтушенко	Использование вторичных энергоресурсов на КС МГ : выпускная квалификационная работа URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=462841	Тюменский индустриальный университет, Инженерно-экономический институт, Кафедра промышленная

				теплоэнергетика. – Тюмень : , 2017. – 52 с
2	Подготовка к лекционным и практическим занятиям	Т. Ю. Салова	Аудит энергетических установок по составу уходящих газов : методические указания URL: https://e.lanbook.com/book/162781	Санкт-Петербург :СПбГАУ, 2016. — 28 с
3	Подготовка к лекционным и практическим занятиям	В. С. Степанов, Н. В. Старикова.	Научные основы энергосбережения : учебное пособие URL: https://e.lanbook.com/book/325115	Иркутск : ИРНИТУ, 2020. — 132 с.

6. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины (модуля)

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
5-205 Аудитория для лекционных, семинарских, практических занятий и консультаций. Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации. Лаборатория теоретических основ теплотехники. Лаборатория источников и систем теплоснабжения предприятий. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Комплект учебной мебели Приборы для измерения температур. Приборы для измерения давлений. Приборы для измерения расхода газообразных и жидких сред. Нагревательные приборы. Установка для тарировки ротаметра. Установка для измерения тепловых процессов в системе постоянного объема. Hs и hd- диаграммы водяного пара и влажного воздуха. Установка для исследования влияния абсолютного давления на температуру кипения воды. Оборудование для определения характеристик влажного воздуха. Сушильная установка. Установка для определения коэффициента молекулярной диффузии при сложном массообмене. Демонстрационная установка работы турбокомпрессора. Экран для проектора, доска меловая. Посадочных мест 24.
2-252 Читальный зал для самостоятельной работы 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	15 рабочих мест для самостоятельной работы , объединенные в локальную сеть с выходом в сеть Internet. Системный блок Core i3 3,06 Ггц , 2Gb, 250Gb HDD – 5 шт. Системный блок Celeron J3060 1,6 Ггц, 4 Gb, 128 Gb SSD - 10 шт. монитор Phillips 2205– 5 шт, монитор Samsung SyncMaster 923m - 10шт принтер Epson LX-1170 Посадочных мест 114
2-170а Отдел научно-технической и социально-гуманитарной литературы, МБА для самостоятельной работы. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	Имеется удаленный доступ к электронно-библиотечной системе «Лань» и ЭБС «Университетская библиотека онлайн». Ведётся медиатека – имеется 68 электронных изданий. Системный блок Core i3 540 3,06 Ггц , 2Gb, 250Gb HDD – 1шт. Системный блок С2,8Ггц , 512 Mb, 160Gb HDD – 1 шт., монитор Samsung 920NW– 1 шт, монитор Phillips 2205– 1 шт, принтер HP LJ 1150 МФУ Kyocera Taskalfa 180 Посадочных мест 2 для самостоятельной работы , объединенных в локальную сеть с

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
	выходом в сеть Internet
2-170б Электронный читальный зал для самостоятельной работы 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	Системный блок С2,8Ггц, 1 GB, 80 GB HDD – 1 шт. Системный блок С2,8Ггц, 512 МБ, 80 GB HDD – 9 шт. Монитор Samsung 920NW – 10 шт. Коммутатор Dlink – 1 шт. Сканер EPSON – 1 шт. Посадочных мест 10 для самостоятельной работы , объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Internet.
5-217 помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Специализированная мебель и оборудование для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
1	2
Лекции	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, справочников. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и др. Решение задач по алгоритму.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу